М.ТЫНЫШБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ КӨЛІК ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛАР АКАДЕМИЯСЫНЫҢ ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК КАЗАХСКОЙ АКАДЕМИИ ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ ИМЕНИ М.ТЫНЫШПАЕВА

THE BULLETIN OF KAZAKH ACADEMY OF TRANSPORT AND COMMUNICATIONS NAMED AFTER M.TYNYSHPAYEV

№ 4 (123) - 2022

ALT FOUNDED 1931 ACADEMY of LOGISTICS & TRANSPORT

РЕДАКЦИЯЛЫҚ КЕҢЕС ЖӘНЕ АЛҚА
Амиргалиева Салтанат Нурадиловна, Логистика және көлік академиясының президенті-ректоры, h-индекс - 6
Сладковский Александр, т.ғ.д., проф., Силезия техникалық университеті, Польша, h-индекс - 10
Жунцзи Цао, PhD, Автомобиль және темір жол инженері, JSTI Group, Нанкин, Қытай, h-индекс - 6
Грачев Владимир Васильевич, т.ғ.д., Ресей Федерациясы, Санкт-Петербург, h-индекс - 2
Джузеппе Лопренчипе, инфрақұрылым және көлік PhD, Сапиенца, Рим Университеті - азаматтық факультет, Италия, Рим, h-индекс - 19
Войцик Вальдемар, т.ғ.д., Люблин политехникалық университетінің профессоры, Польша, h-индекс - 25
Шейх-Әли Асқар Д., ф.-м.ғ.к., PhD, Corporate metallurgist LECO Corporation, h-индекс – 12
Илиев Ілия Крыстев, т.ғ.д., "Ангела Кънчева" Русен университетінің профессоры, Русе, Болгария, h-индекс - 5
Николаев Виктор Александрович, т.ғ.д., профессор ОМҚЖУ, Омбы, Ресей, h-индекс - 2
Давыдов Анатолий Вячеславович, э.ғ.д., проф., Сібір Мемлекеттік қатынас жолдары университеті, h-индекс - 7
Нечта Иван Васильевич, т.ғ.к., "СібірМТИУ", "Информатика және есептеу техникасы" институтының доценті, h-индекс - 2
Абдуллаев Сейдулла Сейдемотович, т.ғ.к., профессор, Satbayev University, h-индекс - 2
Махметова Нарзанкул Мусаевна, т.ғ.д., профессор, Логистика және көлік академиясы, h-индекс - 3
Мусаев Жанат Султанбекович, т.ғ.д., профессор, Логистика және көлік академиясы, h-индекс - 4
Жауыт Алғазы, PhD, қауым. профессор, Ғ.Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, h-индекс - 5
Таран Игорь Александрович, т.ғ.д., профессор, Силезия техникалық университеті, Польша h-индекс - 9
Бекжанова Сауле Ертаевна, т.ғ.д., профессор, Логистика және көлік академиясы, h-индекс - 3
Солоненко Владимир Гельевич, т.ғ.д., профессор, Логистика және көлік академиясы, h-индекс - 4
Жанбиров Жумажан Гинаятович, т.ғ.д., профессор, Логистика және көлік академиясы, h-индекс - 3
Юсупова Салтанат Абеновна, т.ғ.к., доцент, Логистика және көлік академиясы, h-индекс - 2
Плоткин Юрий, PhD, профессор HAW Гамбург, жаратылыстану ғылымдары факультеті, жаңартылатын энергетика жүйесі, h-индекс - 6
Кашаганова Гульжан Бахытовна, PhD, қауым. профессор, Тұран университеті, h-индекс - 4
Алимсеитова Жулдыз Кенесхановна, PhD, қауым. профессор, Satbayev University, h-индекс - 3
Бахтияр Балжан, т.ғ.к., қауым. профессор, Логистика және көлік академиясы, h-индекс - 2
Оңғар Бұлбұл, PhD, қауым. профессор, Satbayev University, h-индекс - 3
Умышев Диас Райбекович, PhD, қауым. профессор, Satbayev University, h-индекс - 4
Тусупбаев Несипбай Куандыкович, т.ғ.д., профессор, Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, h-индекс - 3
Жусупов Кенес Амирлович, т.ғ.к., профессор, Логистика және көлік академиясы, h-индекс - 2
Наумов Виталий, т.ғ.д., профессор, Краков политехникасы, Краков, Польша, h-индекс - 7
Бақыт Ғабит Бақытұлы, PhD, қауым. профессор, Логистика және көлік академиясы, h-индекс - 2
Рысбаева Гульшат Полатовна, ф.-м.ғ.д., доцент, ХАА академигі, ҚР ҰҚК Шекара академиясы, h-индекс - 4
Липская Марина Анатольевна, к.т.н., доцент, Логистика және көлік академиясы, h-индекс - 2

****

ISSN 1609-1817; ISSN Online 2790-5802; DOI 10.52167/1609-1817
Меншіктеуші: «Логистика және көлік академиясы» АҚ
Журнал Қазақстан Республикасы Мәдениет, ақпарат және спорт министрлігінде қайта тіркеуден өткен. Куәлік № 6233-ж 17.08.2005 ж. Индекс 75605.
Тақырыптық бөлімдері: *Көлік, көліктік инженерия; Көліктегі логистика, тасымалдауды ұйымдастыру; Автоматика, телемеханика, байланыс, энергетика, ақпараттық жүйелер; Экономика, Экология және өміртіршілік қауіпсіздігі; Әскери іс.*
Кезеңдері: жылына 4 рет.
Редакция мекен-жайы: Қазақстан Республикасы, 050012, Алматы қ., Шевченко көшесі, 97
Сайт: vestnik.alt.edu.kz. E-mail: vestnik@alt.edu.kz
АЛТ-ның Баспа орталығы. Заңды мекен-жайы: Алматы қаласы Алатау ықшам ауданы, Мирас көшесі, 86 үй.
Нақты мекен-жайы: Алматы қаласы Мәуленов к-сі, 110

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ И КОЛЛЕГИЯ
Амиргалиева Салтанат Нурадиловна, Президент-ректор Академии логистики и транспорта, h-индекс - 6
Сладковский Александр, д.т.н., проф., Силезский технический университет, Польша, h-индекс - 10
Жунцзи Цао, PhD, Инженер автомобильных и железных дорог, JSTI Group, Нанкин, Китай, h-индекс - 6
Грачев Владимир Васильевич, д.т.н., ФГБОУ ВО ПГУПС, Россия федерация, Санкт-Петербург, h-индекс - 2
Джузеппе Лопренчипе, PhD по инфраструктуре и транспорту, Сапиенца, Римский университет - Гражданский факультет, Италия, Рим, h-индекс - 19
Войцик Вальдемар, д.т.н., профессор Люблинского политехнического университета, Польша, h-индекс - 25
Шейх-Али Аскар Д., к.ф.-м.н., PhD, Corporate metallurgist Leco Corporation, h-индекс - 12
Илиев Илия Крыстев, д.т.н., профессор Русенского университета "Ангела Кънчева", Русе, Болгария, h-индекс - 5
Николаев Виктор Александрович, д.т.н., профессор ОмГУПС, Омск, Россия, h-индекс - 2
Давыдов Анатолий Вячеславович, д.э.н., проф., Сибирский государственный университет путей и сообщения, h-индекс - 7
Нечта Иван Васильевич, к.т.н., "СибГУТИ", доцент института "Информатики и вычислительной техники", h-индекс - 2
Абдуллаев Сейдулла Сейдемотович, д.т.н., профессор, Satbayev University, h-индекс - 2
Махметова Нарзанкул Мусаевна, д.т.н., профессор, Академии логистики и транспорта, h-индекс - 3
Мусаев Жанат Султанбекович, д.т.н., профессор, Академии логистики и транспорта, h-индекс – 4
Жауыт Алғазы, PhD, ассоцированный профессор, Алматинский университет энергетики и связи им.Г. Даукеева, h-индекс - 5
Таран Игорь Александрович, д.т.н., профессор, Силезский технический университет, Польша, h-индекс - 9
Бекжанова Сауле Ертаевна, д.т.н., профессор, Академии логистики и транспорта, h-индекс – 3
Солоненко Владимир Гельевич, д.т.н., профессор, Академии логистики и транспорта, h-индекс – 4
Жанбиров Жумажан Гинаятович, д.т.н., профессор, Академии логистики и транспорта, h-индекс – 3
Юсупова Салтанат Абеновна, к.т.н., доцент, Академии логистики и связи, h-индекс – 2
Плоткин Юрий, PhD, professor at HAW Hamburg, Faculty Life Sciences, Renewable Energy Systems, h-индекс – 6
Кашаганова Гульжан Бахытовна, PhD, ассоц. профессор, Университет Туран, h-индекс – 4
Алимсеитова Жулдыз Кенесхановна, PhD, ассоц. профессор, Satbayev University, h-индекс – 3
Бахтияр Балжан Торепашовна, к. т. н., ассоц. профессор, Академии логистики и транспорта, h- 2
Онгар Булбул, PhD, ассоц. профессор, Satbayev University, h-индекс - 3
Умышев Диас Райбекович, PhD, ассоц. профессор, Satbayev University, h-индекс - 4
Тусупбаев Несипбай Куандыкович, д.т.н., профессор, член-корр. КазНАЕН, зав.лаб. флотореагентов и обогащения, АО "Институт металлургии и обогащения", h-индекс - 3
Жусупов Кенес Амирлович, к.т.н., профессор Академии логистики и транспорта, h-индекс – 2
Наумов Виталий, т.ғ.д., профессор, Краков политехникасы, Краков, Польша, h-индекс – 7
Бақыт Ғабит Бақытұлы, PhD, ассоц. профессор, Академии логистики и транспорта, h-индекс – 2
Рысбаева Гульшат Полатовна, к.ф-м.н., академик МАИН, доцент Пограничной академии КНБ РК, h-индекс - 4
Липская Марина Анатольевна, к.т.н., доцент, Академии логистики и транспорта, h-индекс – 2

****

ISSN 1609-1817; ISSN Online 2790-5802; DOI 10.52167/1609-1817
Собственник –АО «Академия логистики и транспорта»
Журнал перерегистрирован в Министерстве культуры, информации и спорта Республики Казахстан
Свидетельство № 6233-жот 17.08.2005 г. Индекс 75605
Тематическая направленность: *Транспорт, транспортная инженерия; Логистика на транспорте, организация перевозок; Автоматика, телемеханика, связь, энергетика, информационные системы; Экономика, Экология и безопасность жизнедеятельности; Военное дело.*
Периодичность: 4 номера в год
Адрес редакции: Республика Казахстан, 050012, г. Алматы, ул. Шевченко, 97.
Сайт: vestnik.alt.edu.kz, E-mail: vestnik@alt.edu.kz
Издательский центр АЛТ. Юр.адрес: г.Алматы, мкр. Алатау, ул. Мираса, д.86.
Факт. адрес: г.Алматы, ул. Мауленова, 110

EDITORIAL BOARD AND COLLEGIUM
Amirgalieva Saltanat Nuradilovna, President-Rector of the Academy of Logistics and Transport, h-index - 6
Sladkovsky Alexander, D.T.S., professor, Silesian Technical University, Poland, h-index - 10
Rongji Cao, PhD, Road and railway Engineer, JSTI Group, Nanjing, China, h-index - 6
Grachev Vladimir Vasilyevich, D.T.S.,, FSUE IN PGUPS, Russian Federation, St. Petersburg, h-index - 2
Giuseppe Loprencipe, PhD Infrastructure and Transportation, Sapienza, University of Rome - Department of Civil,Italy, Rome, h-index - 19
Wojcik Waldemar, D.T.S., professor Lublin Polytechnic, Poland, h-index - 25
Sheikh-Ali Askar D., PhD, Corporate metallurgist Leco Corporation, h-index - 12
Iliev Ilia Krystev, D.T.S., professor of the Rusen University "Angel Kncheva", Ruse, Bulgaria, h-index - 5
Nikolayev Viktor Aleksandrovich, doctor of technical sciences, professor of OmSUPS, Omsk, Russia, h-index - 2
Davydov Anatoly Vyacheslavovich, D.E.S., professor, Siberian State University of Railways, h-index - 7
Nechta Ivan Vasilyevich, C.T.S.,, SibGUTI, Associate Professor of the Institute of Informatics and Computer Engineering, h-index – 2
Abdullaev Saidulla Seidemotovich, D.T.S., professor, Academy of Logistics and Transport, h- index - 2
Makhmetova Narzankul Musaevna, D.T.S., professor, Academy of Logistics and Transport, h- index– 3
Musaev Zhanat Sultanbekovich, D.T.S., professor, Academy of Logistics and Transport, h- index - 4
Zhauyt Algazy, PhD, associate professor, Almaty University of Energy and Communications named after G. Daukeev, h- index – 5
Taran Igor Alexandrovich, D.T.S., professor, Silesian Technical University, Poland, h- index – 9
Bekzhanova Saule Yertayevna, D.T.S., professor, Academy of Logistics and Transport, h- index c – 3
Solonenko Vladimir Gelevich, D.T.S., professor, Academy of Logistics and Transport, h- index – 4
Zhanbirov Zhumazhan Ginayatovich, D.T.N., professor, Academies logistics and transport, h- index c – 3
Yusupova Saltanat Abenova, C.T.S., docent, Almaty University of Energy and Communications named after G. Daukeev, h- index – 2
Plotkin Juriy, PhD, professor at HWR Berlin, Department of Cooperative Studies, Electrical Engineering, h-index – 6
Kashaganova Gulzhan Bakhytovna, PhD, associate professor, Turan University, h- index – 4
1. Alimseitova Zhuldyz Keneskhanovna, PhD, associate professor, Satbayev University, h- index – 3
2. Bakhtiar Balzhan Torepashovna, C.T.S., associate professor, Academy of Logistics and Transport, h- index – 2
Ongar Bulbul, PhD, associate professor, Satbayev University, h- index – 3
Umyshev Dias Raybekovich, PhD, associate professor, Satbayev University, h- index – 4
Tusupbayev Nesipbai Kuandykovich, D.T.S., professor, corresponding member KazNANS, Head of the Laboratory of Flotation reagents and enrichment, JSC "Institute of Metallurgy and Enrichment", h- index - 3
3. Zhusupov Kenes Amirlovich, C.T.S., Academy of Logistics and Transport, h- index – 2
Vitaly Naumov, D.T.S., professor, Krakow Polytechnics, Krakow, Poland, h- index – 7
Bakhyt Gabit Bakytuly, PhD, associate professor, Academy of Logistics and Transport, h- index – 2
Rysbaeva Gulshat Polatovna, C.Ph.-Mat.S., Academician of the IAI, associate professor of the Border Academy of the National Security Committee of the Republic of Kazakhstan, h- index – 4
Lipskaya Marina Anatolyevna, C.T.S., docent, Academy of Logistics and Transport, h- index - 2

****

ISSN 1609-1817; ISSN Online 2790-5802; DOI 10.52167/1609-1817
Proprietary –JSC «Academy of Logistics and Transport»
Journal is registered in the Ministry of Culture, Information and Sportof Republic of Kazakhstan
Certificate No 6233-zh dated 17.08.2005.Index 75605
Thematic focus: *Transport, transport engineering; Logistics in transport, organization of transportation; Automation, telemechanics, communications, power engineering, information systems; Economics, Ecology and life safety; Military affairs.*
Periodicity: 4 times a year
Editorial adress: Republic of Kazakhstan, 050012, Almaty, Shevchenko Street, 97.
Website: vestnik.alt.edu.kz, E-mail: vestnik@alt.edu.kz
Publishing center ALT. Legal address: Almaty, md.Alatau, Mirasst., D.86.
Actual address: Almaty, 110 Maulenov st.

МАЗМҰНЫ

КӨЛІК, КӨЛІКТІК ИНЖЕНЕРИЯ

- АВИАЦИЯ ҮШІН СПУТНИКТІК НАВИГАЦИЯ
  Гульнар Имашева, Ержан Болатов…….19-28
- ЖОҒАРЫ ЖЫЛДАМДЫҚТЫ ГАЗ ЖАЛЫНДЫ ТОЗАҢДЫ БҮРКУДІҢ ЗАМАНАУИ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ
  Ербол Калиев, Рустем Козбагаров, Мерген Жуманов, Бахтияр Копенов, Гульдария Найманова…….....….29-37
- АБРАЗИВТІ ТОЗУДАН ҚОРҒАУ ӘДІСТЕРІ
  Ербол Калиев, Рустем Козбагаров, Мерген Жуманов, Бахтияр Копенов, Гульдария Найманова……..38-45
- АДАМДАРҒА ЖАҚЫН ЖЕРДЕ ҚАУІПСІЗ ҰШУҒА АРНАЛҒАН ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТЫ
  Марина Калекеева, Индира Асилбекова, Айнур Абжапбарова……..46-53
- АВТОГРЕЙДЕР ҚАЙЫРМА КҮРЕГІНІҢ КЕСУ ЭЛЕМЕНТТЕРІН ТОЗУҒА ТӨЗІМДІЛІГІН ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП ЖЕТІЛДІРУ
  Рустем Козбагаров, Махсут Жиенкожаев, Нурбол Камзанов, Тасбулат Бекетов, Сауран Кожатаев……..54-62
- ТОПЫРАҚТЫ ИНЕРЦИЯЛЫҚ РОТОРМЕН ТАСЫМАЛДАУДА ЭНЕРГИЯ ШЫҒЫНДАРЫН АНЫҚТАУ
  Рустем Козбагаров, Кенес Жусупов, Мерген Жуманов, Нурбол Камзанов, Тасбулат Бекетов……..63-71
- ҚАЗАҚСТАН ТЕМІР ЖОЛДАРЫНДА КОНТРЕЙЛЕРЛІ ТАСЫМАЛДАУ БОЛАШАҒЫ МӘСЕЛЕ ТУРАЛЫ
  Жанат Мусаев, Патам Ахметова, Мукангали Туркебаев, Наталья Ивановцева, Алия Хайдарова……72-79
- КӨП ПАРАМЕТРЛІК ЖҮЙЕЛЕРДІ БАСҚАРУДЫҢ СМАРТ ТҮРЛЕНДІРУДІҢ САНДЫҚ ЖАҢА ПАРАДИГМАСЫ
  Талшын Керибаева, Маржан Есмагамбетова, Карлыгаш Алибеккызы……..80-87
- ЖЫЛЖЫМАЛЫ ҚҰРАМНАН ПАЙДАЛАНУ ЖҮКТЕМЕЛЕРІНІҢ ТЕМІР ЖОЛҒА ӘСЕРІ МӘСЕЛЕСІНЕ
  Жанат Мусаев, Алғазы Жауыт, Колдасбай Мустапаев, Нурлан Мусин, Бауржан Курмашев……..88-95
- РЕЛЬС ЖОЛЫНЫҢ ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ӨЛШЕУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ
  Сейдулла Абдуллаев, Бақытжамал Дүйсембаева, Асель Абдуллаева, Ерлан Аскенов……96-104

КӨЛІКТЕГІ ЛОГИСТИКА, ТАСЫМАЛДАУДЫ ҰЙЫМДАСТЫРУ

- ТЕҢІЗ ПОРТЫНЫҢ АЙЛАҚТАРЫ БОЙЫНША ЖҮК АҒЫНДАРЫН ОҢТАЙЛЫ БӨЛУ МӘСЕЛЕСІН ШЕШУ ҮШІН СЫЗЫҚТЫҚ БАҒДАРЛАМАЛАУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ
  Абзал Табылов, Набат Суйеуова, Асгербек Юсупов, Камар Рзаева, Гульмира Билашова…….105-114
- КӨЛІК-ЛОГИСТИКАЛЫҚ ОРТАЛЫҚТАРДА ТӘУЕКЕЛДЕРДІ БАСҚАРУ
  Галымжан Жанбиров, Жанна Елешова……..115-122
- ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДАҒЫ ЖАҢА БУЫН ЛОГИСТИКАЛЫҚ ОРТАЛЫҚТАРЫНЫҢ ДАМУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫН ФАКТОРЛЫҚ ТАЛДАУ
  Димаш Ергобек, Зауреш Ахметова , Қарлығаш Мұса , Серикбай Ыдырыс……..123-133

• АУЫР ӨНЕРКӘСІП САЛАСЫНДА АВТОКӨЛІК ТАСЫМАЛДАРЫНЫҢ СЕНІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕМЕСІ
Гүлістан Қайратқызы, Муслим Айкумбеков……134-147
• ҚАЗАҚСТАНДА ШАҒЫН АВИАЦИЯНЫ ДАМЫТУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ
Ержан Карсыбаев, Айнур Абжапбарова, Мадина Гожахметова, Нұрғали Зұлұтбек…….148-155
• ҚАЛАЛЫҚ КӨЛІК ЖҮЙЕСІНІҢ КӨРСЕТКІШТЕРІН БАҒАЛАУ (ТАРАЗ Қ.)
Бауржан Жаманбаев, Сауле Бекжанова, Эльмира Алмаханова……..156-162
• ҚОҒАМДЫҚ КӨЛІК АЯЛДАМАЛАРЫНЫҢ ОРНАЛАСУЫН НЕГІЗДЕУ
Бауржан Жаманбаев, Сауле Бекжанова, Адилхан Раимбаев, Эльмира Алмаханова……..…….163-171

АВТОМАТТАНДЫРУ, ТЕЛЕМЕХАНИКА, БАЙЛАНЫС, ЭНЕРГЕТИКА, АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕР

• ШТАНГАЛЫҚ-ҰҢҒЫМА СОРҒЫ ҚОНДЫРҒЫЛАРЫ ТЕХНИКАСЫНЫҢ ЖАЙ-КҮЙІН САРАПТАУ ЖӘНЕ ДИАГНОСТИКАЛАУ ӘДІСТЕРІ
Альмира Мадиярова, Маржан Чажабаева, Амина Букаева, Гульмира Булекбаева, Абзал Табылов……..172-182
• КРИПТОВАЛЮТАҒА ОНЛАЙН АЙЫРБАСТАУ ПУНКТІНІҢ АҚПАРАТТЫҚ ҚОСЫМШАСЫН ӘЗІРЛЕУ
Жансая Полатова, Гани Букенов, Индира Букенова…….183-190
• МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСІНІҢ КӨМЕГІМЕН ЖҮРЕК АУРУЫН БОЛЖАУ
Жадыра Алимбаева, Касымбек Ожикенов, Айдана Еркебай, Чингиз Алимбаев, Айман Ожикенова……191-199
• МИКРОКОНТРОЛЛЕР НЕГІЗІНДЕ МАШИНАЛЫҚ КӨЗІ БАР ДЕЛЬТА МАНИПУЛЯТОРДЫҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ
Абу-Алим Аязбай, Гани Балбаев……200-208
• ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙЛАРДА ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТТАРЫН БАСҚАРУҒА АРНАЛҒАН ЖҮЙЕЛЕРДІҢ БАЙЛАНЫС МОДУЛЬДЕРІ
Нурлан Баянбай, Касымбек Ожикенов, Чингиз Алимбаев, Асылбек Ожикен, Дильфуза Ахмедова…….209-216
• ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТНІҢ НЕГІЗІНДЕГІ ВИДЕОДАН ЗОРЛЫҚТЫ ТАНУДЫ ЗЕРТТЕУ
Еділхан Амиргалиев, Ғани Букенов, Индира Букенова……...217-225
• ҚҰПИЯ ДЕРЕКТЕРДІ САҚТАУҒА АРНАЛҒАН АҚАУЛАРҒА ТӨЗІМДІ СИСТЕМАНІҢ ФУНКЦИЯЛЫҚ МОДЕЛІ
Олжас Тасмағамбетов, Ержан Сейткулов, Руслан Оспанов, Нурлан Ташатов, Бану Ергалиева…….226-234
• САПАНЫ МОНИТОРИНГІЛЕУДІҢ МОБИЛЬДІ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІН ЖАСАУ
Майра Шалабаева, Бахытжан Ахметов, Валерий Лахно, Жулдыз Алимсеитова, Акбала Абуова……..235-244
• «ЖОО-НА ТҮСУ КЕЗІНДЕ МАМАНДЫҚ ТАҢДАУ» БОЙЫНША БІЛІМ БАЗАСЫНЫҢ МОДУЛЬДІК ҚҰРЫЛЫМЫ
Жулдыз Алимсеитова, Феруза Маликова, Асель Акжолова……...245-255
• ГЛИКЕМИЯ ДЕҢГЕЙІН АНЫҚТАУ ҮШІН ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛДАРДЫ ТАЛДАУ ЖӘНЕ ӨҢДЕУ
Жадыра Алимбаева, Жансила Орынбай, Айдана Еркебай, Дилфуза Ахмедова, Нұрлан Баянбай……256-263

- ТӘЖІРБИЕЛІК ҚОНДЫРҒЫНЫҢ СИПАТТАМАСЫ ЖӘНЕ АЛАУ ҚЫЗДЫРҒЫШЫНА ТИІМДІ БҰРЫШТЫҚ ТҰРАҚТАНДЫРҒЫШТЫ ТАҢДАУ БОЙЫНША ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ
  Абай Достияров, Диас Умышев, Жансая Дуйсенбек, Аяулым Яманбекова……264-273
- АГРОӨНЕРКӘСІПТІК КЕШЕНДЕГІ РОТОРЫНЫҢ ҚУАТЫ АЗ АЙНАЛУ ОСІ ВЕРТИКАЛЬ ЖЕЛЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫҢ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫНЫҢ СЫЗБАСЫН ЗЕРТТЕУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ МЕН ТАЛДАУЫ
  Ильяс Дюсебаев, Ерлан Аскаров, Егор Ефременко……..274-282
- ТАРТЫЛЫМ ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯЛАРДЫҢ КҮШТІК ТРАНСФОРМАТОРЛАРЫНЫҢ ІСТЕН ШЫҒУ ЫҚТИМАЛДЫҒЫН АНЫҚТАУ
  Жұмажан Серікқалиев, Казима Калиева, Асет Хабдуллин……283-292
- ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚАЗАНДЫҚТАРЫНЫҢ ҚЫЗДЫРУ БЕТТЕРІНІҢ АБРАЗИВТІ ТОЗУЫНА КҮЛДІҢ ФРАКЦИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫНЫҢ ӘСЕРІ
  Жадра Сеитова, Балжан Бахтияр, Жанна Бекишева, Ерлан Уалиев, Қарлығаш Олжабаева……..293-300
- РАЗРЯДТІ-ИМПУЛЬСТІК ТҮРЛЕРДІҢ СИПАТТАМАСЫ ТОЛҚЫНДАРДЫҢ СҰЙЫҚТЫҚТАРҒА ТАРАЛУЫ
  Ерлан Уалиев, Балжан Бахтияр, Жадра Сеитова……..301-306
- ӘСКЕРИ УНИВЕРСИТЕТТІҢ БІЛІМ БЕРУ ПРОЦЕСІНДЕ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ СТАНДАРТТАРДЫҢ ҰСЫНЫМДАРЫН ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП, БІЛІМДІ ҰСЫНУ МЕН ҰЙЫМДАСТЫРУДЫҢ ОНТОЛОГИЯЛЫҚ МОДЕЛІ
  Анар Утегенова, Гульназ Ермолдина, Ақылбек Бапышев, Виталий Науменко, Алишер Аден……307-318
- ТАРТЫМ ТОҒЫ АСИММЕТРИЯСЫНЫҢ РТ ЖӘНЕ АЛС АППАРАТУРАСЫНЫҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫНА ӘСЕРІ
  Қанибек Сансызбай, Борис Ведерников, Лаура Тасболатова , Мақсат Орунбеков, Жанибек Шукаманов……...319-329
- ИОНДАУШЫ СӘУЛЕЛЕНУДЕН ҚОРҒАУ РЕТІНДЕ ҚОЛДАНЫЛАТЫН CUBI2O4 НЕГІЗІНДЕГІ ПЛЕНКАЛАРДЫҢ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ СИПАТТАМАСЫ
  Даурен Кадыржанов , Артем Козловский, Асхат Бергузинов, Малик Калиекперов, Серик Сембаев……..330-338
- БАСҚАРУ ОБЪЕКТІЛЕРІНІҢ ҮДЕМЕЛІ СИПАТТАМАЛАРЫ БОЙЫНША МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРДІ СӘЙКЕСТЕНДІРУ ӘДІСТЕРІ
  Айдана Калабаева, Вальдемар Вуйцик, Гулжан Кашаганова, Күлжан Тогжанова, Айнур Касымова……..339-346
- АВТОМАТТЫ РЕТТЕУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ӨНЕРКӘСІПТІК РЕТТЕГІШТЕРІНІҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ОҢТАЙЛЫ РЕТТЕУ ӘДІСІН ӘЗІРЛЕУ
  Жазира Джулаева, Вальдемар Вуйцик, Гулжан Кашаганова, Күлжан Тогжанова...347-357
- ТҰРҒЫН ҮЙ КЕШЕНІНДЕГІ СУМЕН ЖАБДЫҚТАУДЫ БАСҚАРУДЫҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДІ ЖҮЙЕСІН ЗЕРТТЕУ
  Асхат Асет, Асель Басарова, Акшолпан Копесбаева, Бакыт Муханов……..358-365
- THERMAL PROCESSES OF ASYNCHRONOUS FREQUENCY-CONTROLLED MOTOR TAKING INTO ACCOUNT TRACTION LOADS
  Elena Iksar, Zamira Nazirova, Kamila Jurayeva……...366-371
- КӨЛБЕУ БРЭГГ ТОРЫ БАР ТАЛШЫҚТЫ-ОПТИКАЛЫҚ СЕНСОРЛАР ҮШІН СИГНАЛДАРДЫ ӨҢДЕУ ӘДІСІ
  Айнур Козбакова, Алия Калижанова, Кисала Петр, Мурат Кунелбаев, Жалау Айткулов……...372-381

• ТЕМПЕРАТУРАНЫ ӨЛШЕУ ҮШІН ТАЛШЫҚТЫ-ОПТИКАЛЫҚ СЕНСОРЛАРДЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ОҢТАЙЛАНДЫРУ
Алия Калижанова, Зульфия Жилкишбаева, Сырым Сейдазимов, Нұрбек Оған…...382-388
• ЖЫЛУ ӨТКІЗГІШТІКТІҢ НЕГІЗГІ ТЕҢДЕУЛЕРІН ҚҰРАСТЫРУДА САНДЫҚ ӘДІСТЕРДІ ҚОЛДАНУ
Жиенбек Сугиров, Гульбану Байсарова, Маржан Суйменова, Айжан Избасар, Балжан Акмурзаева……..389-396
• МЕМЛЕКЕТТІК ҚЫЗМЕТ САПАСЫН БАҒАЛАУДА SWOT-ТАЛДАУ ӘДІСІН ҚОЛДАНУ
Нұрлан Аманбек, Лаура Мамаева, Жаннат Искакова, Саттар Исматуллаев…….397-406
• БИОГАЗДЫ ДАМЫТУ МҮМКІНДІКТЕРІ
Балжан Бахтияр, Гульжамал Турсунбаева, Манас Бейсенбаев……...407-415
• ТАҒАМ ӨНЕРКӘСІБІ КӘСІПОРНЫНДА ЭНЕРГИЯНЫ КЕШЕНДІ ҮНЕМДЕУ
Еркеш Абдрахманов, Данил Смирнов……...416-425
• ЭЛИПСОИДАЛДЫ ШАҚЫРЫЛЫҚТАРМЕН ФОТОМЕТРИЯДА СПЕКТРАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРДІ АНЫҚТАУ ӘДІСТЕРІ МЕН ҚҰРАЛДАР
Алия Зілғараева, Нұржігіт Смайылов , Шарафат Мирзакулова, Динара Нурпеисова……..426-434
• ҚОС ОТЫНДЫ ДИЗЕЛЬДІ ЖАНУ ҮШІН СУТЕКТІ БАЙЫТУ АРҚЫЛЫ БИОГАЗДЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ
Диас Умышев, Жанар Айдымбаева, Алия Достиярова, Бұлбұл Онғар, Бауыржан Биахметов……...435-443
• ШӨМІШ ТӨСЕМДЕРІНІҢ ҚЫЗМЕТ ЕТУ МЕРЗІМІНЕ ОПЕРАЦИЯЛЫҚ ФАКТОРЛАРДЫҢ ӘСЕРІН ТАЛДАУ
Назгуль Арипова, Евгений Приходько, Амангелді Карманов, Бұлбұл Онғар, Анар Егзекова……...444-452
• АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ ТІКЕЛЕЙ ҚОСЫЛУЫН МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ОНЫҢ ӨТПЕЛІ ПРОЦЕССІНЕ ТАЛДАУ ЖҮРГІЗУ
Эльмира Даркенбаева, Ғани Балбаев…….453-462
• ЧАТ-БОТ ПСИХОЛОГЫНЫҢ ДАМУЫ: ДЕРЕКТЕР ЖИЫНТЫҒЫ, АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫЛАТЫН ЧАТ-БОТ
Батырхан Омаров, Сергазы Нарынов, Жандос Жуманов……463-471
• ГТҚ ЖАНУ КАМЕРАЛАРЫНДА АЗОТ ОКСИДТЕРІНІҢ ТҮЗІЛУІН ЕСЕПТЕУ МӘСЕЛЕСІНЕ
Жанар Айдымбаева, Жансая Дүйсенбек, Алия Достиярова, Бауыржан Биахметов, Павел Верницкас……..472-482
• ОҢАЛТУҒА АРНАЛҒАН ПАРАЛЛЕЛЬ РОБОТ МАНИПУЛЯТОРЛАРДЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ
Нұрсұлтан Жетенбаев, Акнур Дуйсебаева, Гани Балбаев, Бейбит Шингисов, Динара Сейсенова……483-500
• SI3N4 КЕРАМИКАСЫНЫҢ РАДИАЦИЯЛЫҚ ТӨЗІМДІЛІГІНЕ ӘСЕР ЕТЕТІН ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЗАҚЫМДАНУ
Адираш Акилбеков, Айнаш Жумажанова , Алма Даулетбекова, Гульнара Аралбаева…….501-508
• АВИАЦИЯЛЫҚ САЛА КӘСІПОРЫНДАРЫНЫҢ САНДЫҚ ЖЕТІЛУ ДЕҢГЕЙІН БАҒАЛАУ ЖӘНЕ БОЛЖАУ МОДЕЛІ
Беглан Тойганбаев, Кайрат Кошеков, Абай Кошеков, Карлыгаш Алибеккызы, Айжан Байдильдина…….509-519

• КРЕМНИЙ НИТРИДІНДЕГІ ТРЕКТЕРДІҢ ТҮЗІЛУІ: МОДЕЛЬДЕУ
Абдіраш Ақылбеков, Айнаш Жумажанова, Алма Даулетбекова……520-528
• ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙ АЙМАҒЫНАН АДАМДАРДЫ ЭВАКУАЦИЯЛАУДЫ ҰЙЫМДАСТЫРУ БАРЫСЫНДА ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУДЫ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ
Мадина Сыдыбаева, Тимур Картбаев, Кульжан Тогжанова, Лейля Кунтунова, Гулжанат Бекетова……...529-536
• КӨЛБЕУ ТАЛШЫҚТЫ БРЭГГ ТОРЛАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН ТАЛШЫҚТЫ ДАТЧИКТЕРДІҢ НЕГІЗГІ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЖӘНЕ ОЛАРҒА СЫРТҚЫ ФАКТОРЛАРДЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ
Гүлжан Кашаганова.....……537-545

ЭКОНОМИКА, ЭКОЛОГИЯ ЖӘНЕ ӨМІРТІРШІЛІК ҚАУІПСІЗДІГІ

• ҚАЗАҚСТАННЫҢ ГРАЧЕВ УРАН КЕН ОРНЫ КЕНІШІНІҢ СУ ҚОЙМАСЫНЫҢ ЖАҒАСЫНДАҒЫ ӨСІМДІКТЕР ҚАУЫМДАСТЫҒЫНЫҢ ЖАЙ КҮЙІН БАҒАЛАУ
Алия Бугубаева, Андрей Куприянов, Сеитбек Куанышбаев, Алмабек Нугманов, Вадим Чашков……..546-555

ӘСКЕРИ ІС

• ҰШҚЫШСЫЗ ҰШАТЫН АППАРАТЫНА ОРНАТЫЛҒАН МИНАЛАРДЫ АНЫҚТАУ ТҮРЛІК АППАРАТУРАҒА ТАЛАПТАРДЫ ҚАЛЫПТАСТЫРУ ӘДІСТЕМЕСІ
Сергей Мосов , Сергей Салий, Ардақ Рахметжанов……556-563
• ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰҚК ШЕКАРА ҚЫЗМЕТІНІҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ БӨЛІМШЕЛЕРІНІҢ АҚПАРАТТЫҚ КЕҢІСТІГІНІҢ СЫМСЫЗ ҚҰРАМДАС БӨЛІГІН ОРНАЛАСТЫРУ КЕЗІНДЕ ӨЗДІГІНЕН ҰЙЫМДАСТЫРЫЛАТЫН РАДИОБАЙЛАНЫС ЖҮЙЕЛЕРІН ҚОЛДАНУ МҮМКІНДІГІ ТУРАЛЫ
Алексей Котов, Иглек Асанов, Борис Могилин, Андрей Демков……...564-571
• ЖАУЫНГЕРЛІК МАҚСАТТАҒЫ ЖОҒАРЫ ЖЫЛДАМДЫҚТЫ ҰШУ АППАРАТТАРЫНА АРНАЛҒАН ТЕЛЕМЕТРИЯЛЫҚ ЖҮЙЕ
Гульназ Ермолдина, Айдар Бердібеков, Алишер Әден, Ғани Балбаев, Нұрдәулет Исимов……...572-583

СОДЕРЖАНИЕ

ТРАНСПОРТ, ТРАНСПОРТНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

- СПУТНИКОВАЯ НАВИГАЦИЯ ДЛЯ АВИАЦИИ
  Гульнар Имашева, Ержан Болатов…….19-28
- СОВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ГАЗОПЛАМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ
  Ербол Калиев, Рустем Козбагаров, Мерген Жуманов, Бахтияр Копенов, Гульдария Найманова…….....….29-37
- МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ АБРАЗИВНОГО ИЗНОСА
  Ербол Калиев, Рустем Козбагаров, Мерген Жуманов, Бахтияр Копенов, Гульдария Найманова……..38-45
- БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ ДЛЯ БЕЗОПАСНОГО ПОЛЕТА В НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ БЛИЗОСТИ ОТ ЛЮДЕЙ
  Марина Калекеева, Индира Асилбекова, Айнур Абжапбарова……..46-53
- СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ОТВАЛА АВТОГРЕЙДЕРА С УЧЕТОМ ИХ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ
  Рустем Козбагаров, Махсут Жиенкожаев , Нурбол Камзанов, Тасбулат Бекетов, Сауран Кожатаев……..54-62
- ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ГРУНТА ИНЕРЦИОННЫМ РОТОРОМ
  Рустем Козбагаров, Кенес Жусупов , Мерген Жуманов, Нурбол Камзанов, Тасбулат Бекетов……..63-71
- К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ КОНТРЕЙЛЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ КАЗАХСТАНА
  Жанат Мусаев, Патам Ахметова, Мукангали Туркебаев, Наталья Ивановцева, Алия Хайдарова……72-79
- НОВАЯ ПАРАДИГМА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СМАРТ УПРАВЛЕНИЯ МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ
  Талшын Керибаева, Маржан Есмагамбетова, Карлыгаш Алибеккызы……..80-87
- К ВОПРОСУ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ НАГРУЗОК ОТ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ПУТЬ
  Жанат Мусаев, Алғазы Жауыт, Колдасбай Мустапаев, Нурлан Мусин, Бауржан Курмашев……..88-95
- ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЛЬСОВОГО ПУТИ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ
  Сейдулла Абдуллаев, Бақытжамал Дүйсембаева, Асель Абдуллаева, Ерлан Аскенов……96-104

ЛОГИСТИКА НА ТРАНСПОРТЕ, ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК

- ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГРУЗОПОТОКОВ ПО ПРИЧАЛАМ МОРСКОГО ПОРТА
  Абзал Табылов, Набат Суйеуова, Асгербек Юсупов, Камар Рзаева, Гульмира Билашова…….105-114
- УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРАХ
  Галымжан Жанбиров, Жанна Елешова……..115-122
- ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН
  Димаш Ергобек, Зауреш Ахметова , Карлыгаш Муса, Серикбай Ыдырыс……...123-133

• ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК В УСЛОВИЯХ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ
Гүлістан Қайратқызы, Муслим Айкумбеков…….……134-147
• ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ АВИАЦИИ В КАЗАХСТАНЕ
Ержан Карсыбаев, Айнур Абжапбарова, Мадина Гожахметова, Нұрғали Зұлұтбек…….148-155
• ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ (Г.ТАРАЗ)
Бауржан Жаманбаев, Сауле Бекжанова, Эльмира Алмаханова……..156-162
• ОБОСНОВАНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОСТАНОВОК ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА
Бауржан Жаманбаев, Сауле Бекжанова, Адилхан Раимбаев, Эльмира Алмаханова……...…163-171

АВТОМАТИЗАЦИЯ, ТЕЛЕМЕХАНИКА, СВЯЗЬ, ЭНЕРГЕТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

• АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ В АДДИТИВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ
Альмира Мадиярова, Маржан Чажабаева, Амина Букаева, Гульмира Булекбаева, Абзал Табылов……..172-182
• РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ОНЛАЙН ОБМЕННОГО ПУНКТА НА КРИПТОВАЛЮТУ
Жансая Полатова, Гани Букенов, Индира Букенова…….183-190
• ПРОГНОЗИРОВАНИЯ БОЛЕЗНЕЙ СЕРДЦА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ
Жадыра Алимбаева, Касымбек Ожикенов, Айдана Еркебай, Чингиз Алимбаев, Айман Ожикенова……191-199
• РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЛЬТА-МАНИПУЛЯТОРОМ С МАШИННЫМ ЗРЕНИЕМ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА
Абу-Алим Аязбай, Гани Балбаев……...….200-208
• МОДУЛИ СВЯЗИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ЧС
Нурлан Баянбай, Касымбек Ожикенов, Чингиз Алимбаев, Асылбек Ожикен, Дильфуза Ахмедова…….…209-216
• ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПОЗНАВАНИЯ НАСИЛИЯ ПО ВИДЕО НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
Едилхан Амиргалиев, Гани Букенов, Индира Букенова……..217-225
• МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОЙ СИСТЕМЫ РЕЗЕРВНОГО ХРАНЕНИЯ КОНФИДЕНЦИАЛЬНЫХ ДАННЫХ
Олжас Тасмагамбетов, Ержан Сейткулов, Руслан Оспанов, Нурлан Ташатов, Бану Ергалиева…….226-234
• РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА
Майра Шалабаева, Бахытжан Ахметов, Валерий Лахно, Жулдыз Алимсеитова, Акбала Абуова……..235-244
• МОДУЛЬНАЯ СТРУКТУРА БАЗЫ ЗНАНИЙ «ВЫБОР ПРОФЕССИИ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ В ВУЗ»
Жулдыз Алимсеитова, Феруза Маликова, Асель Акжолова……...245-255
• АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ГЛИКЕМИИ
Жадыра Алимбаева, Жансила Орынбай, Айдана Еркебай, Дилфуза Ахмедова, Нұрлан Баянбай……256-263

- ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВЫБОРУ ЭФФЕКТИВНОГО ТРЕУГОЛЬНОГО СТАБЛИЗАТОРА ДЛЯ ФАКЕЛЬНОЙ ГОРЕЛКИ
  Абай Достияров, Диас Умышев, Жансая Дуйсенбек, Аяулым Яманбекова……..264-273
- ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗА СХЕМ КОНСТРУКЦИЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА МАЛОЙ МОЩНОСТИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ
  Ильяс Дюсебаев, Ерлан Аскаров, Егор Ефременко……..274-282
- ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ
  Жұмажан Сериккалиев, Казима Калиева, Асет Хабдуллин……283-292
- ВЛИЯНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ЗОЛЫ НА АБРАЗИВНЫЙ ИЗНОС ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОТЛОВ
  Жадра Сеитова, Балжан Бахтияр, Жанна Бекишева, Ерлан Уалиев, Карлыгаш Олжабаева……..293-300
- НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗРЯДНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УДАРНЫХ ВОЛН В ЖИДКОСТИ
  Ерлан Уалиев, Балжан Бахтияр, Жадра Сеитова……..301-306
- ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ ЗНАНИЙ, С УЧЕТОМ РЕКОМЕНДАЦИЙ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ВОЕННОГО ВУЗА
  Анар Утегенова, Гульназ Ермолдина, Акылбек Бапышев, Виталий Науменко, Алишер Аден……307-318
- ВЛИЯНИЕ АСИММЕТРИИ ТЯГОВОГО ТОКА НА УСТОЙЧИВОСТЬ АППАРАТУРЫ РЦ И АЛС
  Қанибек Сансызбай, Борис Ведерников, Лаура Тасболатова , Максат Орунбеков, Жанибек Шукаманов……...319-329
- СИНТЕЗ И ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ CuBi2O4, ПРИМЕНИМЫХ В КАЧЕСТВЕ ЗАЩИТЫ ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ
  Даурен Кадыржанов, Артем Козловский, Асхат Бергузинов, Малик Калиекперов, Серик Сембаев……..330-338
- МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПО РАЗГОННЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ
  Айдана Калабаева, Вальдемар Вуйцик, Гулжан Кашаганова, Күлжан Тогжанова, Айнур Касымова……..339-346
- РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГУЛЯТОРОВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
  Жазира Джулаева, Вальдемар Вуйцик, Гулжан Кашаганова, Күлжан Тогжанова...347-357
- ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ В ЖИЛОМ КОМПЛЕКСЕ
  Асхат Асет, Асель Басарова, Акшолпан Копесбаева, Бакыт Муханов……..358-365
- THERMAL PROCESSES OF ASYNCHRONOUS FREQUENCY-CONTROLLED MOTOR TAKING INTO ACCOUNT TRACTION LOADS
  Elena Iksar, Zamira Nazirova, Kamila Jurayeva……...……366-371
- МЕТОД ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ДЛЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ С НАКЛОННОЙ РЕШЕТКОЙ БРЭГГА
  Айнур Козбакова, Алия Калижанова, Киса Петр, Мурат Кунелбаев, Жалау Айткулов……...372-381

- МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ
  Алия Калижанова, Зульфия Жилкишбаева, Сырым Сейдазимов, Нұрбек Оған…...382-388
- ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ПРИ СОСТАВЛЕНИИ ОСНОВНЫХ УРАВНЕНИЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ
  Джиенбек Сугиров, Гульбану Байсарова, Маржан Суйменова, Айжан Избасар, Балжан Акмурзаева……..389-396
- ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА SWOT-АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ГОСУДАРСТВЕННЫХ УСЛУГ
  Нурлан Аманбек, Лаура Мамаева, Жаннат Искакова, Саттар Исматуллаев…….397-406
- ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ БИОГАЗА
  Балжан Бахтияр, Гульжамал Турсунбаева, Манас Бейсенбаев……...407-415
- КОМПЛЕКСНОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ПРЕДРИЯТИИ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
  Еркеш Абдрахманов, Данил Смирнов……...416-425
- МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПРИ ФОТОМЕТРИИ ЭЛИПСОИДАЛЬНЫМИ РЕФЛЕКТОРАМИ
  Алия Зильгараева, Нұржігіт Смайылов , Шарафат Мирзакулова, Динара Нурпеисова…….……426-434
- ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ
  Диас Умышев, Жанар Айдымбаева, Алия Достиярова, Булбул Онгар, Бауыржан Биахметов……...435-443
- АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА СТОЙКОСТЬ ФУТЕРОВОК РАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ
  Назгуль Арипова, Евгений Приходько, Амангелді Карманов, Булбул Онгар, Анар Егзекова……...444-452
- МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЯМОГО ПУСКА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ И АНАЛИЗ ЕГО ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ
  Эльмира Даркенбаева, Гани Балбаев…….453-462
- РАЗРАБОТКА ЧАТ-БОТА-ПСИХОЛОГА: НАБОР ДАННЫХ, АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ ЧАТ-БОТ
  Батырхан Омаров, Серғазы Нарынов, Жандос Жуманов……463-471
- К ВОПРОСУ РАСЧЕТА ОБРАЗОВАНИЯ ОКСИДОВ АЗОТА В КАМЕРАХ СГОРАНИЯ ГТУ
  Жанар Айдымбаева, Жансая Дүйсенбек, Алия Достиярова, Бауыржан Биахметов, Павел Верницкас……..472-482
- СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ РОБОТ-МАНИПУЛЯТОРОВ ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ
  Нұрсұлтан Жетенбаев, Акнур Дуйсебаева, Гани Балбаев, Бейбит Шингисов, Динара Сейсенова……483-500
- СТРУКТУРНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ ВЛИЯЮЩИЕ НА РАДИАЦИОННУЮ СТОЙКОСТЬ КЕРАМИКИ SI3N4
  Абдираш Акилбеков, Айнаш Жумажанова , Алма Даулетбекова, Гульнара Аралбаева…….501-508
- МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОВНЯ ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ АВИЦИОННОЙ ОТРАСЛИ
  Беглан Тойганбаев, Кайрат Кошеков, Абай Кошеков, Карлыгаш Алибеккызы, Айжан Байдильдина…….509-519

• ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕКОВ В НИТРИДЕ КРЕМНИЯ: МОДЕЛИРОВАНИЕ
Абдраш Акилбеков, Айнаш Жумажанова, Алма Даулетбекова…….520-528
• РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗОНЫ ЧС
Мадина Сыдыбаева, Тимур Картбаев, Кульжан Тогжанова, Лейля Кунтунова, Гулжанат Бекетова……...529-536
• ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКОВ НА ОСНОВЕ НАКЛОННЫХ ВОЛОКОННЫХ РЕШЕТОК БРЭГГА И ВЛИЯНИЕ НА НИХ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ
Гүлжан Кашаганова……537-545

ЭКОНОМИКА, ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

• ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СООБЩЕСТВА НА БЕРЕГУ ВОДОЕМА РУДНИКА ГРАЧЕВСКОГО УРАНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЗАХСТАНА
Алия Бугубаева, Андрей Куприянов, Сеитбек Куанышбаев, Алмабек Нугманов, Вадим Чашков.....546-555

ВОЕННОЕ ДЕЛО

• МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ВИДОВОЙ АППАРАТУРЕ ВЫЯВЛЕНИЯ МИН, УСТАНАВЛИВАЕМОЙ НА БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ
Сергей Мосов , Сергей Салий, Ардақ Рахметжанов……556-563
• О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ ПРИ РАЗВЕРТЫВАНИИ БЕСПРОВОДНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПОГРАНИЧНОЙ СЛУЖБЫ КНБ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Алексей Котов, Иглек Асанов, Борис Могилин, Андрей Демков……...564-571
• ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ БОЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ
Гульназ Ермолдина, Айдар Бердібеков, Алишер Аден, Гани Балбаев, Нұрдәулет Исимов……...572-583

CONTENT

TRANSPORT, TRANSPORT ENGINEERING

- SATELLITE NAVIGATION FOR AVIATION
  Gulnar Imasheva, Erzhan Bolatov…….19-28
- MODERN FEATURES OF HIGH-SPEED FLAME SPRAYING
  Yerbol Kaliyev, Mergen Zhumanov, Bakhtiyar Kopenov, Guldariya Naimanova, Kalmanbet Shalbaev…….……29-37
- METHODS OF PROTECTION AGAINST ABRASIVE WEAR
  Yerbol Kaliyev, Rustem Kozbagarov, Abish Torgaev, Kadirbek Baizhumanov, Guldariya Naimanova…….……38-45
- UNMANNED AERIAL VEHICLE FOR SAFE FLIGHT IN CLOSE PROXIMITY TO PEOPLE
  Marina Kalekeyeva, Indira Asilbekova, Ainur Abzhapbarova……..46-53
- IMPROVING THE CUTTING ELEMENTS OF THE GRADER BLADE, TAKING INTO ACCOUNT THEIR WEAR RESISTANCE
  Rustem Kozbagarov, Mahsut Zhiyenkozhayev, Nurbol Kamzanov, Tasbulat Beketov, Sauran Kozhatayev……54-62
- DETERMINATION OF ENERGY CONSUMPTION FOR SOI TRANSPORTATIONBY INERTIAL ROTOR
  Rustem Kozbagarov, Kenes Zhussupov, Mergen Zhumanov, Nurbol Kamzanov, Tasbulat Beketov……63-71
- ON THE ISSUE OF THE DEVELOPMENT OF PIGGYBACK TRANSPORTATION ON THE RAILWAYS OF KAZAKHSTAN
  Zhanat Musaev, Patam Akhmetova, Mukangali Turkebaev, Natalya Ivanovtseva, Aliya Khaidarova……...72-79
- A NEW PARADIGM OF DIGITAL TRANSFORMATION OF SMART MANAGEMENT OF MULTIPARAMETRIC SYSTEM
  Talshyn Keribayeva, Marjan Esmagambetova, Karlygash Alibekkyzy……80-87
- ON THE ISSUE OF THE IMPACT OF OPERATIONAL LOADS FROM ROLLING STOCK ON THE RAILWAY TRACK
  Zhanat Musaev, Algazy Zhauyt, Koldasbay Mustapaev, Nurlan Musin, Baurzhan Kurmashev…….88-95
- GEOMETRICAL CHARACTERISTICS OF A RAIL TRACK AND TECHNOLOGIES OF THEIR MEASUREMENT
  Seidulla Abdullayev, Bakytzhamal Duisembayeva, Asel Abdullayeva, Yerlan Askenov..96-104

TRANSPORT LOGISTICS, ORGANIZATION OF TRANSPORTATION

- APPLICATION OF LINEAR PROGRAMMING METHODS FOR SOLVING THE PROBLEM OF OPTIMAL DISTRIBUTION OF CARGO FLOWS ALONG THE BERTHS OF THE SEAPORT
  Abzal Tabylov, Nabat Suyeuova, Asgerbek Yusupov, Kamar Rzayeva, Гульмира Билашова……..……...……105-114
- TRANSPORT AND LOGISTICS CENTERS RISK MANAGEMENT
  Galymzhan Zhanbirov, Zhanna Yeleshova……115-122
- FACTOR ANALYSIS OF NEW GENERATION LOGISTICS CENTERS DEVELOPMENT PROSPECTS IN THE KAZAKHSTAN REPUBLIC
  Dimash Yergobek, Zauresh Akhmetova, Karlygash Mussa, Serikbay Ydyrys……123-133
- IMPROVING THE RELIABILITY OF CARGO TRANSPORTATION IN THE CONDITIONS OF MINING ENTERPRISES
  Gulistan Kairatkyzy, Muslim Aikumbekov……...134-147

• PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF SMALL AIRCRAFT IN KAZAKHSTAN
Yerzhan Karsybayev, Ainur Abzhapbarova, Madina Gozhahmetova, Nurgali Zulutbek……148-155
• ASSESSMENT OF CITY TRANSPORT SYSTEM INDICATORS (TARAZ City)
Baurzhan Zhamanbayev, Saule Bekzhanova, Elmira Almakhanova…….156-162
• JUSTIFICATION OF THE LOCATION OF PUBLIC TRANSPORT STOPS
Baurzhan Zhamanbayev, Saule Bekzhanova, Adilkhan Raimbayev, Elmira Almakhanova…….……163-171

AUTOMATION, TELEMECHANICS, COMMUNICATIONS, POWER ENGINEERING, INFORMATION SYSTEM

• ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES LASER SURFACING IN ADDITIVE MANUFACTURING
Almira Madiyarova, Marzhan Chazhabayeva, Amina Bukayeva , Gulmira Bulekbayeva, Abzal Tabylov……172-182
• DEVELOPMENT OF AN INFORMATION APPLICATION OF AN ONLINE EXCHANGE OFFICE FOR CRYPTOCURRENCY
Zhansaya Polatova, Gani Bukenov, Indira Bukenova……...183-190
• PREDICTION OF HEART DISEASE USING MACHINE LEARNING METHODS
Zhadira Alimbayeva, Kassymbek Ozhikenov, Aidana Yerkebay, Chingiz Alimbaev, Aiman Ozhikenova……191-199
• DESIGN OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF A DELTA MANIPULATOR WITH MICROCONTROLLER BASED MACHINE VISION
Abu-Alim Ayazbay, Gani Balbayev……..200-208
• COMMUNICATION MODULES OF UAV CONTROL SYSTEM INTENDED FOR EMERGENCIES
Nurlan Bayanbay, Kassymbek Ozhikenov, Chingiz Alimbayev, Asylbek Ozhiken , Dilfuza Akhmedova……...209-216
• STUDY OF VIOLENCE RECOGNITION FROM VIDEO BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE
Yedilkhan Amirgaliyev, Gani Bukenov, Indiira Bukenova……...217-225
• FUNCTIONING MODEL OF A FAULT-TOLER SYSTEM FOR BACKUP OF CONFIDENTIAL DATA
Olzhas Tasmagambetov, Yerzhan Seitkulov, Ruslan Ospanov, Nurlan Tashatov, Banu Yergaliyeva……...226-234
• EVELOPMENT OF A MOBILE AUTOMATED QUALITY MONITORING SYSTEM
Maira Shalabayeva, Bakhytzhan Akhmetov, Valerii Lakhno, Zhuldyz Alimseitova, Akbala Abuova……..235-244
• MODULAR STRUCTURE OF THE KNOWLEDGE BASE «CHOOSING A PROFESSION WHEN ENTERING A UNIVERSITY»
Zhuldyz Alimseitova, Feruza Malikova, Assel Akzholov…….245-255
• ANALYSIS AND PROCESSING OF ECG SIGNAL FOR DETERMINATION OF GLYCEMIA LEVEL
Zhadyra Alimbayeva, Zhansila Orynbay, Aidana Yerkebay, Dilfuza Akhmedova, Nurlan Bayanbay……256-263
• DESCRIPTION OF THE EXPERIMENTAL SETUP AND RESULTS OF RESEARCH ON THE CHOICE OF AN EFFECTIVE ANGLE OF TRIANGLE STABILIZER FOR A FLARE BURNER
Abay Dostiyarov, Dias Umyshev, Zhansaya Duissenbek, Ayaulym Yamanbekova…….264-273

- PERSPECTIVES OF RESEARCH AND ANALYSIS OF SCHEMES OF STRUCTURES OF WIND POWER PLANTS WITH A VERTICAL AXIS OF ROTATION OF A ROTOR OF LOW POWER IN AGROINDUSTRIAL COMPLEX
  Ilyas Dyusebaev, Yerlan Askarov, Egor Efremenko…….274-282
- DETERMINATION OF THE PROBABILITY OF FAILURE OF POWER TRANSFORMERS OF TRACTION SUBSTATIONS
  Zhumazhan Serikkaliyev, Kazima Kaliyeva, Asset Khabdullin……283-292
- EFFECT OF FRACTIONAL COMPOSITION OF ASH ON ABRASIVE WEAR OF HEATING SURFACES OF ENERGY BOILERS
  Zhadira Seitova, Balzhan Bahtiar, Zhanna Bekisheva, Erlan Ualiev, Karlygash Olzhabayeva…….293-300
- DESCRIPTION OF DISCHARGE-PULSE TYPES PROPAGATION OF WAVES IN LIQUIDS
  Ерлан Уалиев, Balzhan Bahtiar, Zhadira Seitova…….301-306
- ONTOLOGICAL MODEL OF KNOWLEDGE REPRESENTATION AND ORGANIZATION, TAKING INTO ACCOUNT THE RECOMMENDATIONS OF INTERNATIONAL STANDARDS IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF THE MILITARY UNIVERSITY
  Anar Utegenova, Gulnaz Yermoldina, Akylbek Bapyshev, Vitaly Naumenko, Alisher Alisher……...307-318
- THE EFFECT OF THE TRACTION CURRENT ASYMMETRY ON THE STABILITY OF THE RC AND ALS EQUIPMENT
  Kanibek Sansyzbay, Boris Vedernikov, Laura Tasbolatova, Maxat Orunbekov, Zhanibek Shukamanov……...319-329
- SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF FILMS BASED ON CUBI2O4 APPLICABLE AS PROTECTION AGAINST IONIZING RADIATION
  Dauren Kadyrzhanov, Artem Kozlovskiy, Askhat Berguzinov, Malik Kaliekperov, Serik Sembaev……330-338
- METHODS OF IDENTIFICATION OF MATHEMATICAL MODELS BY ACCELERATION CHARACTERISTICS OF CONTROL OBJECTS
  Aidana Kalabaeva, Waldemar Wojcik, Gulzhan Kashaganova, Kulzhan Togzhanova, Ainur Kasymova……339-346
- DEVELOPMENT OF A METHOD FOR OPTIMAL ADJUSTMENT PARAMETERS OF THE INDUSTRIAL REGULATORS OF AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS
  Zhazira Zhulaeva, Waldemar Wojcik , Gulzhan Kashaganova, Kulzhan Togzhanova….347-357
- RESEARCH OF AN INTELLIGENT WATER SUPPLY MANAGEMENT SYSTEM IN A RESIDENTIAL COMPLEX
  Askhat Aset, Assel Basarova, Aksholpan Kopesbaeva, Bakyt Mukhanov……358-365
- THERMAL PROCESSES OF ASYNCHRONOUS FREQUENCY-CONTROLLED MOTOR TAKING INTO ACCOUNT TRACTION LOADS
  Elena Iksar, Zamira Nazirova, Kamila Jurayeva……...366-371
- SIGNALS PROCESSING METHOD FOR FIBER-OPTIC SENSORS WITH TILTED FIBER BRAGG GRATING
  Ainur Kozbakova, Алия Kalizhanova, Kisala Piotr, Murat Kunelbayev, Zhalau Aitkulov…….372-381
- MATHEMATICAL MODELING AND OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF FIBER-OPTICAL SENSORS FOR TEMPERATURE MEASUREMENT
  Alia Kalizhanova, Zulfiya Zhilkishbayeva, Syrym Seidazimov, Nurbek Ogan……382-388

- APPLICATION OF NUMERICAL METHODS IN THE COMPILATION OF THE BASIC EQUATIONS OF THERMAL CONDUCTIVITY
  Dzhienbek Sugirov, Gulbanu Baysarova, Marzhan Suimenova, Aizan Izbasar, Balzhan Akmurzayeva……...389-396
- APPLICATION OF THE SWOT ANALYSIS METHOD IN ASSESSING THE QUALITY OF PUBLIC SERVICES
  Nurlan Amanbek, Laura Mamaeva, Zhannat Iskakova, Sattar Ismatullayev……397-406
- BIOGAS DEVELOPMENT OPPORTUNITIES
  Balzhan Bahtiar, Gulzhamal Tursunbayeva, Manas Beisenbayev…….407-415
- COMPREHENSIVE ENERGY SAVING ON FOOD INDUSTRY ENTERPRISES
  Erkesh Abdrakhmanov, Danil Smirnov…….416-425
- METHODS AND TOOLS FOR DETERMINING SPECTRAL PROPERTIES FOR PHOTOMETRY WITH ELIPSOID REFLECTORS
  Aliya Zilgarayeva, Nurzhigit Smailov, Sharafat Mirzakulova , Dinara Nurpeisova…….426-434
- OPTIMIZATION OF BIOGAS VIA ENRICHMENT WITH HYDROGEN FOR COMBUSTION IN DUAL-FUEL DIESEL ENGINE
  Dias Umyshev, Zhanar Aidymbayeva, Aliya Dostiyarova, Bulbul Ongar, Bauyrzhan Biakhmetov……..435-443
- ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF OPERATIONAL FACTORS ON THE LIFE OF LADLE LININGS
  Nazgul Aripova, Evgeny Prikhodko, Amangeldy Karmanov, Bulbul Ongar, Anar Yegzekova…….444-452
- DIRECT START SIMULATION ASYNCHRONOUS MOTOR AND ANALYSIS ITS TRANSIENTS
  Elmira Darkenbaeva, Gani Balbayev…….453-462
- DEVELOPMENT OF CHATBOT-PSYCHOLOGIST: DATASET, ARCHITECTURE, DESIGN AND CHATBOT IN USE
  Batyrkhan Omarov, Sergazy Narynov, Zhandos Zhumanov…….463-471
- ON THE ISSUE OF CALCULATING THE FORMATION OF NITROGEN OXIDES IN THE COMBUSTION CHAMBERS OF GTUicle
  Zhanar Aidymbayeva, Zhansaya Duissenbek, Aliya Dostiyarova, Bauyrzhan Biakhmetov, Pavel Verniskas……..472-482
- THE CURRENT STATE OF PARALLEL ROBOT MANIPULATORS FOR REHABILITATION
  Nursultan Zhetenbayev, Aknur Duisebayeva, Gani Balbayev, Beibit Shingissov, Dinara Seisenova……483-500
- STRUCTURAL DAMAGE AFFECTING THE RADIATION RESISTANCE OF SI3N4 CERAMICS
  Abdirash Akilbekov, Ainash Zhumazhanova, Alma Dauletbekova, Gulnara Aralbayeva……...501-508
- A MODEL FOR ASSESSING AND PREDICTING THE LEVEL OF DIGITAL MATURITY OF AVIATION INDUSTRY ENTERPRISES
  Beglan Toiganbayev, Kairat Koshekov, Abai Koshekov, Karlygash Alibekkyzy, Aizhan Baidildina……..509-519
- TRACK FORMATION IN SILICON NITRIDE: SIMULATION
  Abdrash Akilbekov, Ainash Zhumazhanova, Alma Dauletbekova……...520-528
- DEVELOPMENT OF A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR ORGANIZING THE EVACUATION OF PEOPLE FROM THE EMERGENCY ZONE
  Madina Sydybayeva, Timur Kartbayev, Kulzhan Togzhanova, Lelya Kuntunova, Gulzhanat Beketova……...529-536

• RESEARCH OF THE MAIN PARAMETERS OF FIBER SENSORS BASED ON INCLINED FIBER BRAGG GRATINGS AND THE INFLUENCE OF EXTERNAL FACTORS ON THEM
Gulzhan Kashaganova……..……...537-545

ECONOMICS, ECOLOGY AND LIFE SAFETY

• ASSESSMENT OF THE STATE OF THE PLANT COMMUNITY ON THE SHORE OF THE RESERVOIR OF THE GRACHEVSKY URANIUM DEPOSIT MINE IN KAZAKHSTAN
Alija Bugubaeva, Andrey Kuprijanov, Seitbek Kuanyshbaev, Almabek Nugmanov, Vadim Chashkov……546-555

MILITARY SCIENCE

• METHODOLOGY FOR FORMING REQUIREMENTS FOR VIEWED MINES DETECTION EQUIPMENT INSTALLED ON UNMANNED AERIAL VEHICLE
Sergey Mosov, Sergey Saliy, Ardak Rakhmetzhanov……...556-563
• ABOUT THE POSSIBILITY OF USING SELF-ORGANIZING RADIO COMMUNICATION SYSTEMS WHEN DEPLOYING THE WIRELESS COMPONENT OF THE INFORMATION SPACE OF THE STRUCTURAL UNITS OF THE BORDER SERVICE OF THE NSC OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
Alexey Kotov, Iglek Asanov, Boris Mogilin, Andrey Demkov……564-571
• TELEMETRY SYSTEM FOR HIGH-SPEED COMBAT AIRCRAFT
Gulnaz Ermoldina, Aidar Berdibekov, Alisher Aden, Gani Balbaev, Nurdaulet Isimov……572-583

КӨЛІК, КӨЛІКТІК ИНЖЕНЕРИЯ
ТРАНСПОРТ, ТРАНСПОРТНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ
TRANSPORT, TRANSPORT ENGINEERING

УДК 624.942.5 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-19-28**

Г.М. Имашева✉, Е.А. Болатов
Академия гражданской авиации, Алматы, Казахстан
E-mail: gulnar1507@mail.ru

СПУТНИКОВАЯ НАВИГАЦИЯ ДЛЯ АВИАЦИИ

Аннотация. В этой статье мы прогнозируем состояние спутниковой навигации на ближайшие годы. Рассмотрим проблемы, которые необходимо решать с помощью спутниковой навигации для наведения самолетов. Затем мы опишем современные методы, позволяющие использовать спутниковую навигацию в авиации, и уровень производительности, которого они достигли сегодня.

Ключевые слова. Авиация, спутниковые системы, навигация.

Введение.

В этой статье мы кратко опишем проблемы, которые должна решить спутниковая навигация, чтобы стать жизнеспособным решением для авиации. Затем мы опишем системы, которые были разработаны для преодоления этих проблем, и производительность, которую они предлагают сегодня или будут предлагать очень скоро. В настоящее время наблюдается бурный рост спутниковой навигации: до конца этого десятилетия будет более чем в три раза больше спутников, предлагающих гражданские сигналы на двух разных частотах (в отличие от одной сегодня). Эти улучшения еще не используются для спутниковой навигации для самолетов, поэтому после более точного описания происходящих изменений мы обрисуем планы по их использованию и их влиянию на производительность. Мы закончим замечанием о радиочастотных помехах, которые представляют собой самую большую проблему для спутниковой навигации в целом.

Материалы и методы.

Для использования спутниковой навигации, для наведения воздушных судов необходимо решить четыре основные задачи. Первые две проблемы в основном влияют на целостность (т.е. безопасность) позиционного решения, в то время как две последние влияют на доступность сервиса.

Неисправности могут возникать внутри Глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС). В последние годы серьезные сбои в обслуживании Глобальной системы позиционирования (GPS) происходили менее трех раз в год. Многие из них можно отнести к тактовому сбросу, когда сигнал, передаваемый данным спутником, должным образом не синхронизирован с сигналами от других спутников на орбите. Другие были вызваны загрузкой ошибочных навигационных данных из сегмента управления GPS на спутники GPS для трансляции пользователям или из-за необъявленных маневров, которые делают местоположение спутника вещания недействительным. Любой из этих типов неисправностей может привести к ошибкам позиционирования, которые представляют опасность для пользователей авиации, как показано на рис. 1. Более того, при нормальной

работе GPS может не обнаруживать и не предупреждать об этих угрозах в течение нескольких часов [2].

Рисунок 1 - Неотмеченный маневр в апреле 2007 г. вызвал ошибки эфемерид на одном спутнике GPS. Эта эфемеридная ошибка вызвала зависящие от местоположения ошибки определения местоположения до 500 м на приемниках без возможности обнаружения

Влияние космической погоды.

Неблагоприятная космическая погода может вызвать ионосферные бури. Эти штормы могут сохраняться в течение нескольких часов, внося большие ошибки псевдодиапазона, которые могут привести к опасным ошибкам наведения. На рисунке 2 показаны задержки в диапазоне, которые могут возникнуть в результате экстремальной ионосферной бури. Беспокойство по поводу возможности необнаруженных ионосферных аномалий создает самые большие ограничения в отношении рабочих регионов и времени для современных одночастотных пользователей систем на основе GPS. Кроме того, ионосфера может вызывать мерцание, что влияет на доступность сигналов, особенно в высоких широтах и вблизи экватора.

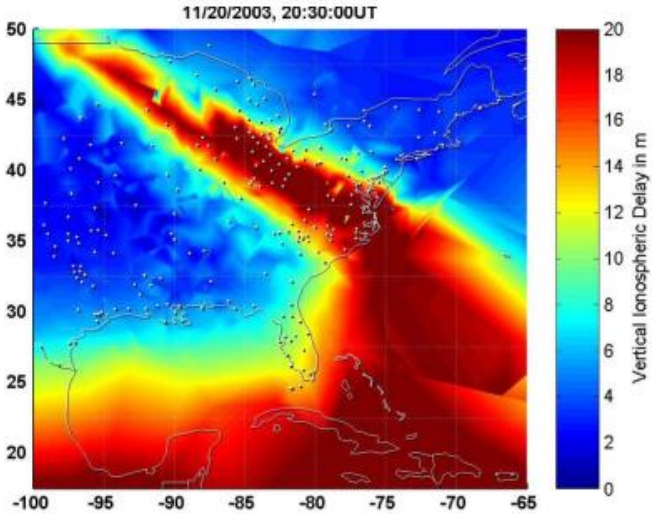


Рисунок 2 - Ионосферные бури, вызывающие большие задержки псевдодальности

Слабость группировки.

Слабость группировки означает, что в группировке ГНСС работает слишком мало хорошо позиционированных спутников по сравнению с количеством, необходимым для поддержки ключевых операций воздушных судов. Сила группировки означает, что группировка ГНСС должным образом пополняется и что все ключевые операции воздушных судов постоянно поддерживаются надлежащим образом. В принципе, пользователям GPS требуется всего четыре спутника, чтобы оценить свое местоположение. Однако самолетам при заходе на посадку обычно требуется семь или более спутников, чтобы гарантировать производительность, необходимую для обеспечения безопасности полетов. Череда отказов спутников в этой стареющей группировке может привести к ослаблению пользовательской геометрии, а на устранение неполадок могут потребоваться годы. Излишне говорить, что аналогичные трудности могут затронуть любую из группировок ГНСС [1].

Радиочастотные помехи.

Радиочастотные помехи (РП), будь то запланированные, случайные или преднамеренные, могут легко привести к перебоям в работе ГНСС. Спутниковые сигналы ГНСС исходят со средней околоземной орбиты, примерно в 20 000 км от поверхности Земли. Сигналы GPS принимаются ниже уровня фонового теплового шума пользователя. Следовательно, эти сигналы слабы и легко подавляются любым из множества сигналов, исходящих от наземных источников. РП могут возникать из-за запланированных мероприятий (например, тестирования Министерства обороны). Они могут быть случайными или непреднамеренными, вызывая ухудшение качества канала (например, использование устройств личной конфиденциальности (рис. 3), которые предназначены только для глушения ГНСС в непосредственной близости от человека, но могут повлиять на все приемники в радиусе сотен метров). Наконец, РП могут быть преднамеренными и направлены на отказ в обслуживании. За последние несколько лет участились непреднамеренные инциденты с радиочастотными помехами, и на их исключение уходили дни или недели.

Эти проблемы ограничивают производительность современных систем на базе GPS СДРЕ. Любая из этих четырех проблем может привести к перерывам в обслуживании, иногда на длительные периоды, и может помешать воздушному судну начать или завершить процедуру захода на посадку.

Рисунок 3 - Устройства личной конфиденциальности, хотя и незаконные, стали широко доступными

Спутниковая навигация для авиации сегодня.

GPS в настоящее время является единственной группировкой ГНСС, широко используемой авиацией. Использование GPS в авиации сегодня обеспечивается тремя технологиями. Во-первых, автономный контроль целостности приемника (АКЦП)- это механизм обнаружения неисправностей, который содержится в авионике. АКЦП требует большого количества спутников, поскольку он оценивает согласованность каждого спутникового измерения с другими доступными спутниковыми измерениями. Две другие технологии используют внешние мониторы самолета, которые сравнивают измерения GPS с наземной правдой и передают информацию об ошибках воздушным пользователям в режиме реального времени: спутниковые системы усиления и наземные системы усиления. Все три метода представлены в следующих кратких разделах.

Автономный контроль целостности приемника (АКЦП)

АКЦП назван так потому, что бортовой приемник выполняет автономное обнаружение неисправностей. АКЦП сравнивает каждое измерение GPS с согласованным результатом других доступных измерений GPS. Таким образом, АКЦП обнаруживает наличие неисправного спутника в текущем наборе видимых спутников и, при определенных обстоятельствах, изолирует его (фиг. 4). Существуют варианты АКЦП, которые включают интеграцию с барометрическим высотомером или инерциальными измерениями. АКЦП используется с середины 1990-х годов для поддержки дополнительной навигации на этапах полета по маршруту и в районе терминала, а также используется для поддержки бокового наведения на этапе захода на посадку [при заходе на посадку в режиме боковой навигации (LNAV). Однако в настоящее время АКЦП не может поддерживать вертикальную навигацию по крайней мере по двум причинам. Во-первых, сегодняшний АКЦП не может поддерживать границы вертикальной погрешности, необходимые для вертикального наведения, и, во-вторых, он еще не имеет требуемого уровня надежности проектирования. Позже мы расскажем, что потребуется для включения вертикальной навигации с помощью АКЦП [2].

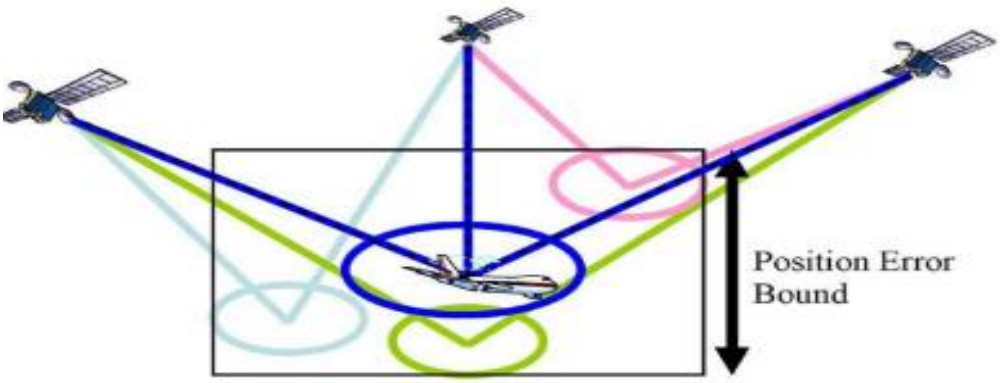


Рисунок 4 - Метод, используемый в приемнике/процессоре GNSS для определения целостности его навигационных сигналов, используя только сигналы GPS или сигналы GPS, дополненные абсолютной высотой (баро-средство)

Спутниковая система дифференциальной коррекции (ССДК).

ССДР основана на сетях стратегически расположенных опорных приемников, разбросанных по континенту. Эти опорные приемники измеряют сигнал GPS в пространстве, и эти измерения передаются обратно на резервные главные станции. Ведущие станции вычисляют ошибки в сигнале GPS, которые используются для создания поправок к измерениям GPS и данных об ограничении ошибок в реальном времени для этих поправок (рис. 5).

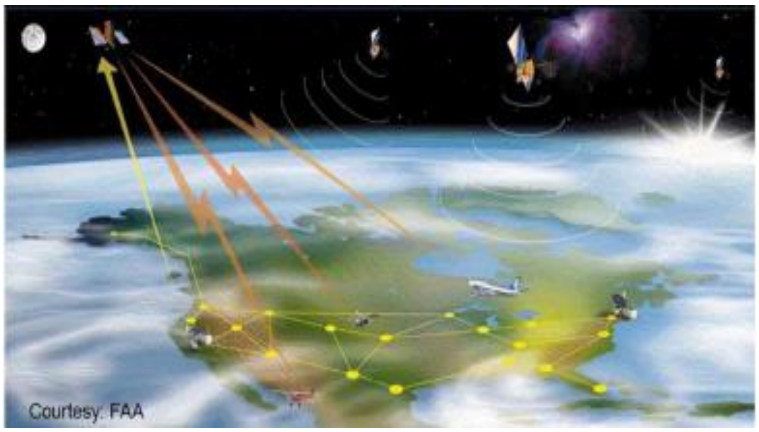


Рисунок 5 - ССДК сеть опорных станций отслеживает работу спутников GPS в режиме реального времени. Поправки и границы ошибок для поправок отправляются через спутник на геостационарной орбите Земли (GEO). Аномалии помечаются пользователям в течение 6 с

Результаты.

Данные о поправках и ошибках действительны на континентальной территории, охватываемой опорной сетью, и передаются на спутники, использующие геостационарную околоземную орбиту (ГЕО). Эта геотрансляция данных ССДР использует сигналы с расширенным спектром в пределах того же диапазона L1 (1575,42 МГц), который используется GPS, и может обеспечить дополнительную возможность определения дальности, подобную GPS.

Поправки ССДР повышают точность GPS примерно с 4 до 1 м. Данные об ограничении ошибок позволяют авионике ССДР вычислять верхнюю границу ошибки определения местоположения в режиме реального времени и обновляются достаточно часто, чтобы поддерживать время в 6 секунд для предупреждения о любой потенциально опасной навигационной информации.

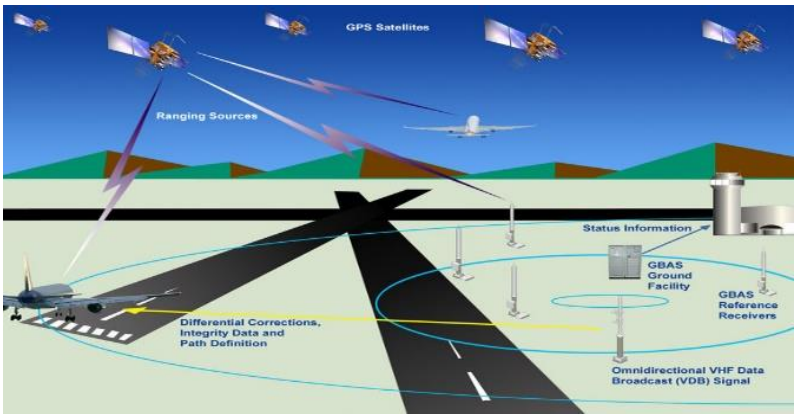


Рисунок 6 - В наземных системах функционального дополнения (GBAS) эталонные приемники размещаются вблизи одного аэропорта. Передача данных на УКВ распространяет исправления и границы ошибок в пределах 45 км от аэропорта (изображение предоставлено Федеральным авиационным управлением)

Наземная система функционального дополнения (НСФД).

Как и в случае ССДР, ГНСС основан на измерениях с опорных приемников GPS в обследованных местах. В отличие от ССДР, ГНСС использует небольшое количество

опорных приемников с антеннами, расположенными близко друг к другу на территории одного аэропорта. Таким образом, одна установка ГНСС обслуживает один аэропорт и прилегающую к нему территорию терминала, передавая поправки GPS и границы ошибок на воздушное судно через ультравысокочастотную передачу данных (УПД) из принимающего аэропорта. Это обеспечивает надежное покрытие в пределах 45 км от аэропорта (рис. 6). Поправки GPS, передаваемые ГНСС, повышают точность GPS примерно с 4 м до более чем 0,5 м. Границы ошибок ГНСС обновляются каждые 0,5 с и, таким образом, потенциально могут соответствовать требованиям времени до предупреждения для всех категорий точного захода на посадку. Авиатранспортная отрасль усердно работала над разработкой ГНСС по следующим причинам. Во-первых, данные УПД включают в себя точки траектории для процедур посадки ГНСС в заданном аэропорту. Это позволяет избежать необходимости в отдельной базе данных, содержащей точки пути. Кроме того, ГНСС нацелена на поддержку посадок по категории II и III, в то время как это настоящее время не предусмотрена в ССДР. По этим и другим причинам Boeing и Airbus планируют установить авионику ГНСС на B-737NG, B-787, B747-8, A-320 и A-380. Системы ГНСС категорий II и III планируется ввести в эксплуатацию в течение этого десятилетия [4].

Краткое описание текущих возможностей, предлагаемых систем

Сегодня спутниковая навигация поддерживает во всем мире наведение по маршруту, аэродрому и боковое наведение на этапе неточного захода на посадку в полете. (рис. 7).

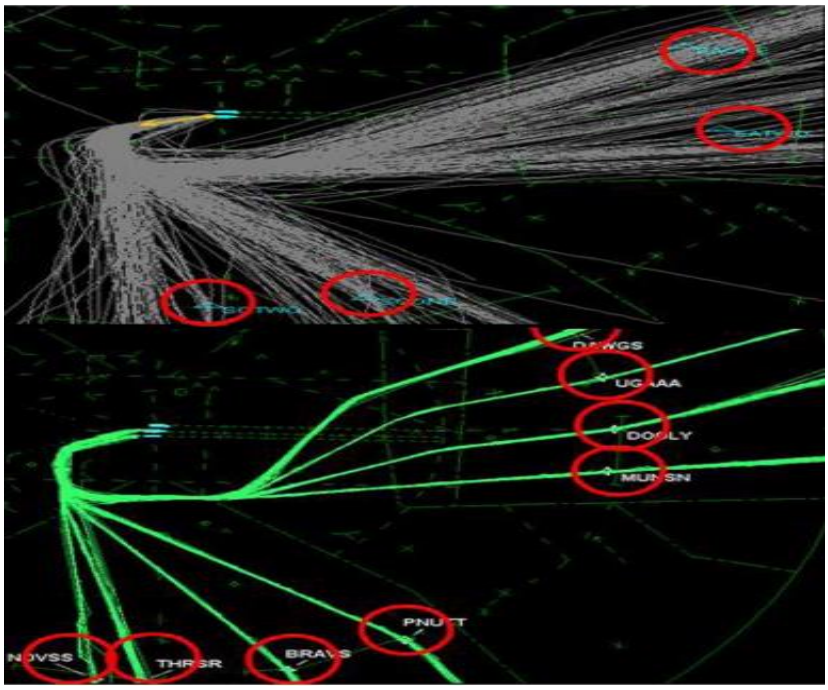


Рисунок 7 - Использование зональной навигации (RNAV), показанное на рисунке, позволяет вдвое увеличить пропускную способность по сравнению с радиолокационными векторами, что приводит к гораздо менее эффективному использованию воздушного пространства (верхний рисунок). RNAV в основном обеспечивается спутниковой навигацией. (Рисунок предоставлен Федеральным авиационным управлением)

На данный момент это достигается с помощью АКЦП. Однако эта услуга доступна не всегда, поскольку АКЦП требует очень строгой геометрии спутников. Напротив, приемники с поддержкой ССДР имеют 100% доступность боковой навигации вплоть до

неточного захода на посадку в пределах и вокруг основных областей обслуживания WAAS, EGNOS и MSAS (которые включают большую часть северного полушария). ССДР также поддерживает вертикальное наведение в Северной Америке, Европе и Японии. Точнее, WAAS обеспечивает вертикальное наведение до 200 футов в Соединенных Штатах, на Аляске, в некоторых частях Канады, Мексики и Карибского бассейна [5].

EGNOS в Европе сертифицирован для обеспечения наведения до высоты принятия решения 250 футов; а MSAS в Японии предлагает более ограниченную доступность вертикального наведения. Как ССДР, так и ГНСС чувствительны к космической погоде. Ионосферные бури включают пространственные градиенты, которые могут привести к тому, что эталонные наблюдения ССДР и ГНСС будут декоррелированы от измерений в воздухе. Современные ССДР и ГНСС должны застраховаться от этой возможности с большими границами ошибок, и, следовательно, вертикальное наведение подвержено сбоям. К счастью, боковая навигация и неточный заход практически не затрагиваются.

В течение последнего десятилетия в среде ГНСС произошли три важных изменения: внедрение нового гражданского сигнала в диапазоне L5 (1176,45 МГц), запуск новых основных группировок ГНСС и повышение целостности, обеспечиваемой основными группировками ГНСС.

С 2010 года все недавно запущенные спутники GPS передают сигналы дальности для гражданского использования в диапазонах частот L1 и L5. Оба сигнала попадают в зону пересечения двух радиодиапазонов: авиационной радионавигационной службы (АРНС) и радионавигационной спутниковой службы (РНСС), что делает их пригодными для навигации воздушных судов. Это двухчастотное разнообразие почти устранит самый неприятный аспект космической погоды: ионосферные бури. При использовании сигналов дальности в двух различных частотных диапазонах авионика будет автономно устранять ионосферную задержку, а потенциальные градиенты ионосферы не будут влиять на измерения дальности ГНСС.

Новые Глобальные Навигационные Спутниковые Системы.

Новые спутниковые навигационные системы находятся в стадии разработки и должны дополнить GPS. К ним относятся системы из Европы, России и Китая. Как и GPS, эти три системы основаны на 24-30 спутниках на средней околоземной орбите. Они будут транслировать сигналы вблизи частот GPS L1 и L5. Эти сигналы будут попадать в полосы, выделенные как для АРНС, так и для РНСС, и, таким образом, будут полезны для пользователей авиации. Эти системы кратко описаны в следующих трех параграфах. Первые два орбитальных проверочных спутника европейской ГНСС Галилео были запущены 21 октября 2011 года, и еще несколько был запущены в последующие годы. Галилео будет предлагать множество услуг, основанных на четырех сигналах в L-диапазоне микроволновой части радиочастотного спектра. Как и GPS и Галилео, ГЛОНАСС будет излучать сигналы L1 и L2. Вскоре следующее поколения ГЛОНАСС должен добавить сигналы на L5. Таким образом, планируемая структура сигналов удовлетворит стремление авиации к двухчастотному разнесению на основе сигналов в спектре АРНС/РНСС. Более того, эти новые сигналы будут основаны на множественном доступе с кодовым разделением, таком как GPS и Галилео, а не на множественном доступе в частотной области, который в настоящее время используется ГЛОНАСС [3].

Повышенная целостность основных группировок.

В дополнение к двум предыдущим крупным изменениям все поставщики ГНСС выразили большую заинтересованность в повышении безопасности использования своих базовых спутниковых навигационных систем. Соединенные Штаты нацелены на спутники GPS III поколения для первоначальных служб обеспечения целостности. В случае Галилео, европейской ГНСС, концепция безопасности жизнедеятельности была неотъемлемой частью проектирования с самого начала проекта. Хотя проектная гарантия

этих служб целостности может не соответствовать строгим требованиям гражданской авиации, повышенная точность основных группировок ГНСС в сочетании с двойной частотой может позволить расширить АКЦП до вертикального наведения.

Двухчастотный ССДР.

Пользователи двухчастотных ССДР не будут страдать от ошибок из-за космической погоды, поскольку пользователь непосредственно измеряет вызванную ионосферой задержку на пути к каждому спутнику GPS. Таким образом, пользователь избегает снижения производительности из-за пространственной декорреляции, присущей наземным коррекциям ионосферы. Это сделает возможным распространение системы вертикального наведения с поддержкой ССДР на более низкие широты и сделает ССДР более надежной во время ионосферных штормов, где она уже доступна. Если двойная частота сочетается с расширением наземных сетей на южное полушарие, то все наземные массивы могут иметь полный охват вертикального наведения вплоть до высоты принятия решения 200 футов. Это проиллюстрировано на рис. 8. Включение L5 в ССДР – это немалое дело. Как наземные, так и воздушные системы, включая аппаратное и программное обеспечение, должны быть обновлены. Потребуется двухчастотная авионика ССДР, и поэтому необходимо будет обновить соответствующие Минимальные стандарты эксплуатационных характеристик (МСЕХ)

Двухчастотный ГНСС.

Как упоминалось ранее, ГНСС поддерживает навигацию для полета в районе терминала, точного захода на посадку и посадки. Все эти возможности основаны только на GPS L1. Двухчастотная работа принесет ГАЗУ те же преимущества, что и ССДР. Включение L5 в наземные и воздушные системы уменьшит проблемы непрерывности, связанные с ионосферными штормами и радиочастотными помехами. Что наиболее важно, значительно возрастет доступность операций посадки категорий II и III, поскольку использование двух частот для смягчения пространственных аномалий в ионосфере намного превосходит методы, доступные для одночастотных (только для L1) систем.

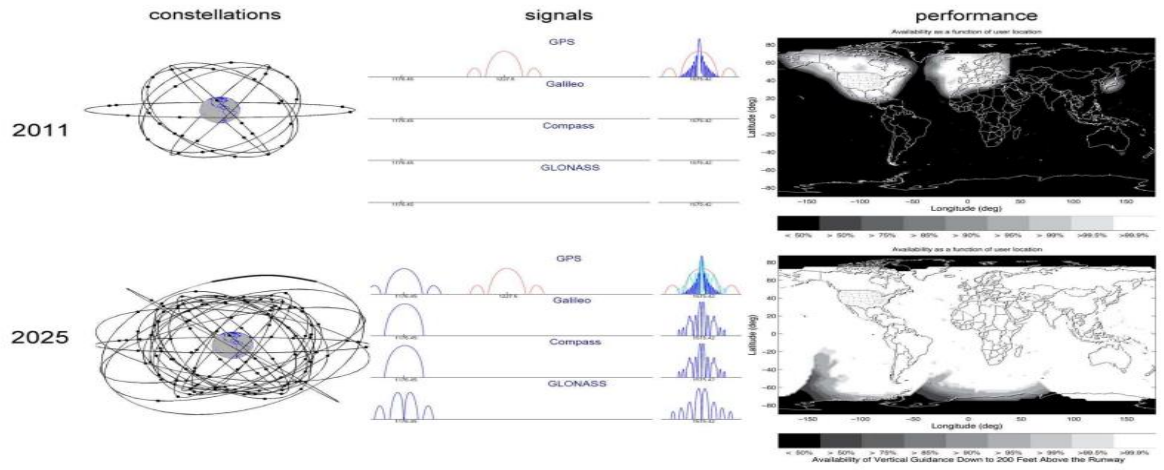


Рисунок 8 - Новые созвездия и сигналы позволят распространить вертикальное наведение по всему миру на основе спутниковой навигации. Это может быть достигнуто либо путем расширения спутниковых систем расширения, либо с помощью усовершенствованного RAIM

Продвинутый АКЦП.

Усовершенствованный АКЦП (УАКЦП) для вертикального наведения является возможным расширением одночастотного АКЦП только для горизонтального наведения. УАКЦП будет полагаться на увеличение числа спутников и группировок, на повышение

надежности сигналов ГНСС и на двухчастотные сигналы. УАКЦП основан на том же принципе, что и АКЦП, но обнаруживает ошибки псевдодиапазона на гораздо меньшем уровне. Он мог бы вместить несколько группировок, что сделало бы его менее чувствительным к размеру любого из них. Это было бы особенно верно, если бы использовались три или более созвездий. УАКЦП вызвал большой интерес, поскольку он мог бы обеспечить глобальный охват вертикального наведения (рис. 8) без дорогостоящей наземной инфраструктуры и без затрат на ССДР ГЕО. Однако сила УАКЦП также является его слабостью: без наземной информации в реальном времени УАКЦП полагается на производительность основных группировок и, следовательно, гораздо больше зависит от их производительности [5].

Заключение и обсуждение.

Возможно, самым важным событием в ближайшем будущем станет реализация всего потенциала спутниковой навигации для авиации. Воздушное пространство по-прежнему организовано вокруг навигационных средств, поддерживающих двухточечную навигацию, и не использует в полной мере преимущества точности и целостности, предлагаемые АКЦП и ССДР. Спутниковая навигация позволит прокладывать маршруты, которые будут гораздо более эффективными с точки зрения пропускной способности и расхода топлива. Эти процедуры будут включать в себя криволинейные подходы и подходы с непрерывным спуском. Однако внедрение таких изменений в воздушном пространстве выходит за рамки спутниковой навигации как датчика и вовлекает множество заинтересованных сторон, включая авиакомпании, пилотов, авиадиспетчеров и поставщиков навигационных услуг. Конечно, этот переход станет проще, поскольку ограничения спутниковой навигации будут лучше поняты и смягчены.

Спутниковые навигационные сигналы слабы и могут быть легко перегружены помехами, передаваемыми с земли на частоте GPS. Среди видов РЧ-помех надвигающейся угрозой является преднамеренное вмешательство. Расследование Федерального управления гражданской авиации (FAA) было начато во время установки ГНСС в Международном аэропорту Нью-Джерси. Как описано выше, ГНСС использует GPS-приемники в аэропорту для помощи GPS-приемникам на приближающемся самолете. Антенны ГНСС были размещены рядом с магистралью Нью-Джерси, и наземные приемники часто прерывались во время тестового периода. Эти перерывы были вызваны так называемыми устройствами личной конфиденциальности (УЛК).

Преимущества спутниковой навигации для воздушных судов, которые были продемонстрированы за последнее десятилетие, дают лишь намек на изменения, которые она принесет в воздушное пространство. Даже при нынешних характеристиках спутниковой навигации потенциал улучшения воздушного пространства огромен. И эта производительность будет только увеличиваться с добавлением новых группировок ГНСС и новых навигационных сигналов в течение этого десятилетия. Субметровая точность и целостность определения местоположения ГНСС сделают спутниковую навигацию основным навигационным средством для самолетов. Однако, поскольку спутниковая навигация по своей сути уязвима для РЧ-помех, другие датчики в самолете остаются незаменимыми, и необходимо поддерживать резервные навигационные средства на земле для обеспечения обратной навигации.

ЛИТЕРАТУРА

[1] П. Аксельрад и Б. У. Паркинсон, Автономный мониторинг целостности GPS с использованием остаточного псевдодиапазона, [Навигация, том 35, № 2, стр. 255-274, 1988.

[2] Дж. Бланч, Т. Уолтер, П. Энге, С. Уоллнер, Ф. Амарилло Фернандес, Р. Деллаго, Р. Иоаннидес, Б. Перван, И. Фернандес Эрнандес, Б. Белаббас, А. Сплеттер и М. Риппл, предложение ВА по усовершенствованному RAIM с несколькими созвездиями для вертикального наведения, Портленд, Орегон, сентябрь 2011 г., стр. 2665.

[3] Р. Г. Браун, BGPS RAIM: Вычисление порога и радиуса защиты с использованием методов хи-квадрат и геометрического подхода, [Навигация, т. V. Фэрфакс, Вирджиния: Институт навигации, 1998, сер. Красная книга.

[4] Т. Крил, А. Дж. Дорси, П. Дж. Мендики, Дж. Литтл, Р. Г. Мах и Б. А. Ренфро, Обзор улучшений точности в рамках Инициативы по повышению точности GPS Legacy (L-AII).

[5] С. Датта-Баруа, Бионосферные угрозы целостности бортовых пользователей GPS, [Кандидатская диссертация, кафедра. Аэронавт. Астронавт, Стэнфордский университет, Стэнфорд, Калифорния, 2007.

Гүлнар Имашева, т.ғ.д., профессор, Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан, gulnar1507@mail.ru

Ержан Болатов, магистрант, Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан, erzhan_bolatov@bk.ru

АВИАЦИЯ ҮШІН СПУТНИКТІК НАВИГАЦИЯ

Аңдатпа. Бұл мақалада біз алдағы жылдардағы спутниктік навигацияның жағдайын болжаймыз.Әуе кемелерін басқару үшін спутниктік навигацияны пайдалану арқылы шешуді қажет ететін мәселелерді қарастырыңыз. Содан кейін біз авиацияда спутниктік навигацияны пайдалануға мүмкіндік беретін ең заманауи әдістерді және олардың бүгінгі күні қол жеткізген өнімділік деңгейін сипаттаймыз.

Түйінді сөздер. Авиация, спутниктік жүйелер, навигация.

Gulnar Imasheva, doctor of technical sciences, professor, Academy of Civil Aviation, Almaty, Kazakhstan, gulnar1507@mail.ru

Erzhan Bolatov, master's student, Academy of Civil Aviation, Almaty, Kazakhstan, erzhan_bolatov@bk.ru

SATELLITE NAVIGATION FOR AVIATION

Abstract. In this article, we forecast the state of satellite navigation for the coming years. Let's consider the problems that need to be solved with the help of satellite navigation for aircraft guidance. Then we will describe modern methods that allow the use of satellite navigation in aviation, and the level of performance that they have achieved today.

Keywords. Aviation, satellite systems, navigation.

****

ӘОЖ 621.791.92 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-29-37**

Е.Б.Калиев[1], М.А.Жуманов[2], Б.Т.Копенов[1], Г.Т.Найманова[1], К.Шалбаев[3]
[1]Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан,
[2] Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
[3]Satbayev University, Алматы, Қазақстан
E-mail: kaliyev.ye@mail.ru

ЖОҒАРЫ ЖЫЛДАМДЫҚТЫ ГАЗ ЖАЛЫНДЫ ТОЗАҢДЫ БҮРКУДІҢ ЗАМАНАУИ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Аңдатпа. Мақалада абразивті тозу кезінде машина бөлшектерінің беткі қабатын нығайту үшін жоғарғы жылдамдықты газ-жалынды тозаң бүрку технологиясын қолдану, абразивті тозу жайлы белгілі идеяларды талдап, жабын жасаудың тиімді әдісі мен материалдарын таңдауды негіздеу мәселесі дәйекті көрсетілген.

Жоғарғы жылдамдықты газ-жалынды тозаң бүрку арқылы Fe-C-Cr-Ti жүйесінің сымды ұнтақтарынан жоғары сапалы жабын қабаттарын алу технологиясын жасау, бүрку үрдісінің оңтайлы параметрлерін теориялы жолмен анықтау баяндалған.

Сондай-ақ, машина бөлшектерінің сыртқы қабатын сапалы жабынмен қаптау уақытында екі фазалық ағынның математикалық моделін пайдалана отырып, оптималды бүрку үрдісінде алынған гетерофазиялық ағын сипаттамаларын есептеулер негізінде бағалай келе, жоғары жылдамдықты газ-жалынды тозаңды бүрку әдісін дұрыс таңдаған.

Жабындарды қалыптастыру үрдісі негізінен тозаң бөлшектерін қыздыру, тозаңды бүрку және қаптау үрдісіндегі күйімен анықталатынын айта келе, жартылай қатайған және тіпті қатты бөлшектер, әсіресе түпкі ағын аймағында, шашу бетіне жақын жерінде пайда болып, микротамшылы және бу фракциялары газ ағынымен әрекеттесіп, жабын қабатына ене алатын әртүрлі сапалы қатты қосылыстар түзе алатындығын орынды түрде баяндалған.

Жоғары жылдамдықты газ-жалынды тозаңды бүрку мақсатында пайдаланылатын көмірсутектердің ішінде МАФ (Метилацетилен-аллен фракциясы) газын пайдалану кезінде жалын отынының ең жоғары температурасына қол жеткізілетіні атап көрсетілен. Оған толық сипаттама беріліп, жасалған тәжірибелердің нәтижелері теория жүзінде дәйекті баяндалған. МАФ газы - бұл изобутан, изобутилен, пропан, пропилен, бутадиен және басқа да көмірсутектердің қауіпсіздігі мақсатында жасақталған метилацетилен мен аллен (пропадиен) қоспасы екендігі айтылған.

Түйінді сөздер. Газотермиялық, абразивті өңдеу, газодинамикалық, балқымалау, тозаңдату, тұтқырлық, дисперция.

Кіріспе.

Соңғы кездері жоғары жылдамдықты газ-жалынды тозаңды бүрку жабдықтары нарықта кеңінен таралуда. Бірақ, олардың көпшілігі қаптау (жабынды) материал ретінде тек ұнтақты материалдарды пайдалануды қарастырады. Сондай-ақ, тозуға төзімді жабынның есебінде вольфрам карбидіне негізделген қатты қорытпалардың ұнтақтары қарастырылған. Қымбат жабын ұнтақтарын пайдалану жабынның онсыз да қымбат құнын одан да әрі арттырады. Азлегірленген темірдің қорытпаларының негізінде жасалған арзан отандық сым ұнтақтарын қолдану тозуға төзімділіктің қанағаттанарлық деңгейі мен жабынның бағасын едәуір төмендетеді.

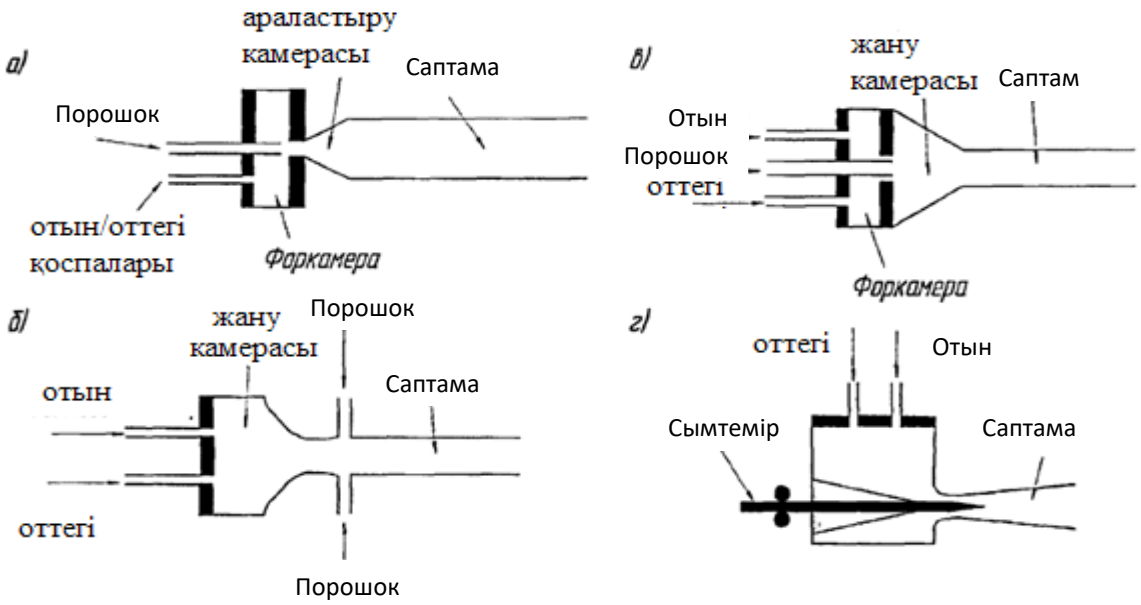
Газотермиялық жабындардың сапалы болуына сыртқы қабатын алдын-ала дайындау айтарлықтай әсер етеді. Сыртқы қабатты дайындаудың қолданыстағы дәстүрлі

тәсілдері (реактивті абразивті өңдеу, жыртылған жіптерді кесу және т.б.) үнемі тиімді бола бермейді немесе оларды кей жағдайларда пайдалану көптеген қиындықтарды тудырады. Сондықтан, газотермиялық тозаңды бүрку алдында сыртқы қабатты алдын-ала дайындау ретінде электрлі ұшқынмен легірлеу (ЭҰЛ) тәсілін қолдану бағытын кеңейту мүмкіндігі аса зор қызығушылық тудырады.

Материалдар мен тәсілдер.

Газ-жалынының жоғары жылдамдығын (дыбыстан да жоғары) жану камерасында жану өнімдерінің, әдетте, жұмсалатын жану материалдарының үлкен шығындарының (50-640 л/мин отын, 210-900 л/мин оттегі, 440-460 л/мин ауа) арқасында оттегіде немесе ауада жанармайдың жануының арқасында алынады. Жанармай есебінде газ тәрізді (сутегі, этилен, пропилен, пропан, газ қоспасы) немесе сұйық (керосин) отын қолданылады [6].

Жану камерасындағы газ қоспасының жоғары қысымы шығару түтігінде (саптамада) кинетикалық энергияға айналады. Бірақ жану камерасындағы қысымның жоғарылауы саптамадан шыққан газдардың жылдамдығын арттырмайды, алайда оның тығыздығының тез артуына әкеп соғады. Сонымен, қарапайым бүріккіштерде конустық және цилиндрлік саңылаулар қолданылады, олар 1 мах газ жылдамдығына дейін жетеді



1 сурет - Жоғары жылдамдықты газ-жалынды тозаңбүркуге арналған тозаңбүріккіштердің құрылыстық сызбалары:
а-HP / HVOF; В - HVOLF; В - HVOGF; G - HVOF

Газдар жылдамдығының тозаңдарға әсері төмендегі түрде өрнектеледі:

$$F=\frac{1}{2}C_D P_г A_ч(v_г - v_ч)|v_г - v_ч|, \quad (1)$$

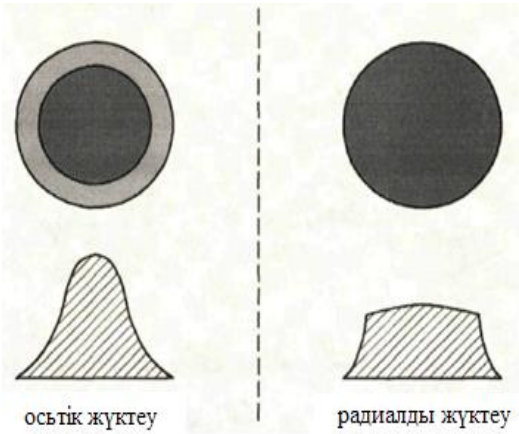
мұндағы F-бөлшекті үдететін күш;
$v_ч$- тозаң бөлшектерінің жылдамдығы;
$A_ч$ – бөлшектің ортаңғы бөлігінің ауданы.
$v_г$ және RG - сәйкесінше газдардың жылдамдығы мен тығыздығы. C_D -тозаң бөлшектерінің кедергісінің коэффициенті. Газдардың жылдамдығы ең үлкен әсер ететін фактор ететіні белгілі. Сондықтан, ағынның жылдамдығын көбейту газдардың тығыздығын арттырудан гөрі тиімді. Газдар жылдамдығын одан да әрі арттыру

қажеттілігі жану камерасындағы қысымды 0,2-ден 0,4...1,5 МПа дейін көтеру екінші деңгейлі жабдықтарының пайда болуына әкелді. Әрі бұл жерде жаңа профильді Лаваль саптамалары (түтіктері) қолданылады (2 сурет). Екінші деңгейлі жабдықтарының жану камерасындағы қысымның 1-3 МПа-ға дейін жоғарылауы үшінші деңгейлі жабдықтарының HP/HVOF гиперсониялық бүріккіштерінің (High-Pressure/HVOF)пайда болуына әкеліп соқты.

Жоғары жылдамдықты газ-жалынды тозаңды бүркудің барлық жабдықтарын жану материалдарын жүктеу әдісі мен материалдардың түрі бойынша: осьтік және радиалды ағынмен жүктеу, темірсымды және ұнтақты деп екіге бөлуге болады [4].

2 сурет - Тозаңбүріккіш сызбасы

Темірсым бүріккіштердің айрықша ерекшелігі ыстық ағынның осі бойымен материалды беруі, бұл конструкторларды жану камерасын саптаманың шығысына жақындатуға мәжбүр етті. Материалды осьтік және радиалды жүктеу әдістерінің артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Осьтік жүктелген бөлшектер қарқынды қызады және газ ағынында одан әрі үдеу кезінде траекториясын өзгертпейді. Радиалды жүктеу материалдар ағынының қимасы мен жылуды төменгі температураға дейін біркелкі таратуға ықпал етеді, бұл саптаманы тотығудан және газдармен қанықтырудан қорғайды (3 сурет)



3 сурет - Бүрікілген бөлшектердің ағынын қалыптастыру

Жабындарды қалыптастыру үрдісі негізінен тозаң бөлшектерін қыздыру, тозаңды бүрку және тасымалдау процестеріндегі күйімен анықталады. Бүріккіш тозаң бөлшектері бүріккіш шүмектерде пайда болады: сымтемір немесе ұнтақ сым қыздыру, тозаңды бүрку және үдету аймағына беріледі. Газ жалынымен қыздырудың нәтижесінде, сымтемір

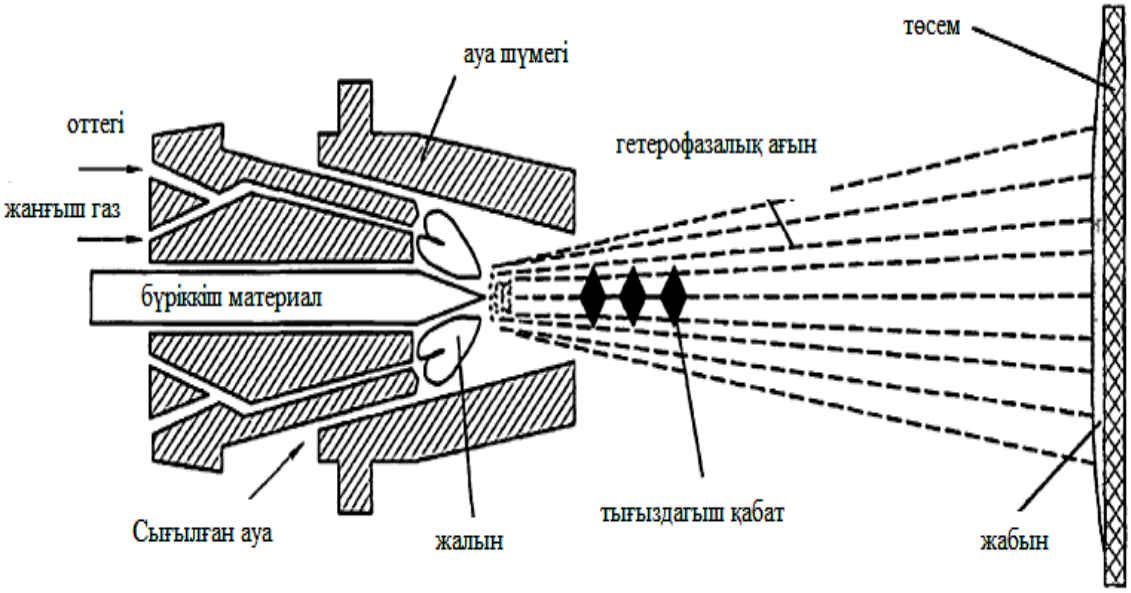
берілген кезде әртүрлі дисперсиялы балқытылған тозаңдар пайда болады, микротамшылар мен бу фазасы пайда болады [3].

Бүрку қашықтығынан өткен кезінде ағындағы бөлшектердің күйі өзгереді. Жартылай қатайтылған бөлшектер, әсіресе шеткі ағын аймағында, шашырату бетіне жақын жерде пайда болады. Микротамшылы және бу фазалары активті газ ағынымен әрекеттесіп, жабынға ене алатын әртүрлі қатты қосылыстар түзеді. Сондықтан, тозаңбүріккіштің негізі ағынының жүйесінде болып жатқан үрдістер туралы білу өте маңызды (4 сурет).

Жұмысшы газдардың жану үрдісі кезіндегі жоғарғы жылдамдықты газ-жалынды тозаңдату кезінде - екі негізгі химиялық реакцияларға бөлеміз: сутегі және көміртегінің оттегінің ортасында тотығуы. Осыларға сүйене отырып, көмірсутектің жану реакциясын жалпыланған химиялық сипаттамасы төмендегі теңдеумен:

$$aCxHy + bO_2 = cH_20 + dCO + eCO_2 + fO_2 + gO + hOH \quad (2)$$

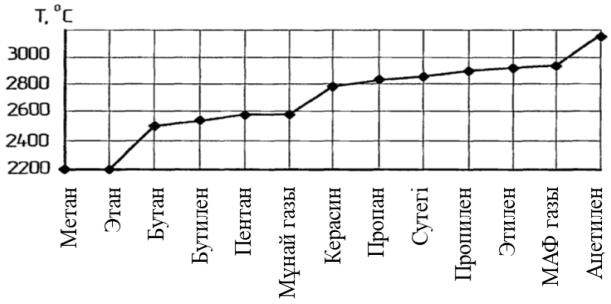
сипатталады. Жану үрдісі жалынның жоғары температурадағы аумақта аяқталмайды, себебі жанғыш газ толық су мен CO_2-ге тотығып үлгермейді. Алайда жоғары температурадағы жалынның аймағында (700-2700°C) жану реакциясының төмендегі өнімдері болады: H_20,CO, CO_2,O_2, су буы және OH Жану ағынның температурасы қоршаған ортаның температурасымен тең болған кезде және реакцияның барлық өнімдері су мен көмірқышқыл газымен тотыққан кезде ғана аяқталды [3].



4 сурет - Жоғары жылдамдықты тозаңды бүрку кезінде
бүріккіш - ағын -жабын жүйесі

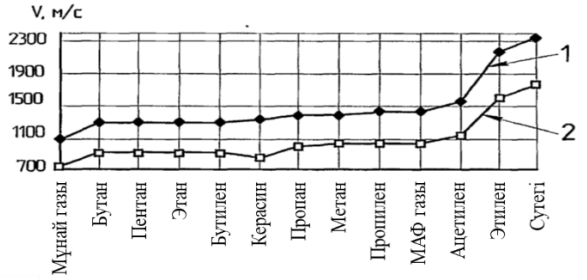
Температураның жоғарылауымен үрдістегі соңғы өнімдерінің мөлшері азаяды (H_20 және CO_2) және керісінше. Реакция өнімдеріндегі жалын температурасы аз болғанда оттегінің мөлшері де аз болады, бірақ ол-жалын температурасы 1500°C-тан асқан кезде артады. Жоғары жылдамдықты газ-жалынмен тозаңды шашу кезіндегі жалын температурасын үш жолмен өзгертуге болады: отын түрін өзгерту, отын/тотықтырғыш (F/O) қатынасын өзгерту және жану камерасындағы қысымды өзгерту арқылы.

Жалынның ең жоғарғы температурасы-ол жалынның максималды адиабатикалы температурасы болып табылады және оның оттегімен тотығуының (F/O) арқасында жүзеге асады.



5 сурет - Оттегі қоспасындағы газ жалынының температурасы

Жану камерасындағы температура жанғыш газға байланысты және 2370-2930°С жетеді. Жоғары жылдамдықты газ тозаңды бүрку үшін пайдаланылатын көмірсутектердің арасында МАФ газын қолдану кезінде жалынның ең жоғары температурасына қол жетеді (5 сурет) және жылу шығару қабілеті де бұл газда жоғары болады (6 сурет).

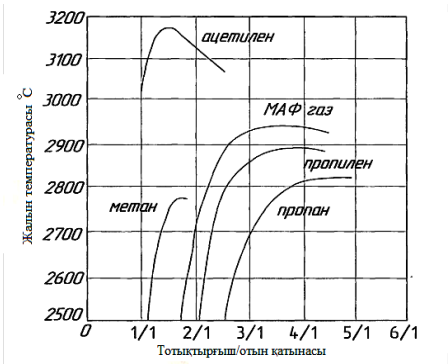


6 сурет - Газ ағынының жылдамдығы (1) газ қоспасындағы дыбыс жылдамдығы (2)

Нәтижелер.

МАФ газы (метилацетилен-аллен қоспасы) - бұл изобутан, изобутилен, пропан, пропилен, бутадиен немесе басқа да көмірсутектердің қауіпсіздігі мақсатында тұрақтандырылған метилацетилен мен аллен (пропадиен) қоспасы.

МАФ-ның пропан мен табиғи газдан айырмашылығы, жалын аймақтарында жоғары жылу өткізгіштігіне ие және басқа газдармен салыстырғанда жоғарғы жалын қуатына да ие болады. Жалынның жоғарғы температурасы отын/тотықтырғыш (F/O) кезінде стехиометрияға жақын болады (7 сурет).



7 сурет - Жалынның максималды температурасы мен отын/тотықтырғыш қатынасы

Жоғары жылдамдықтағы бүркуге арналған бүріккіштерде жану реакциясы жоғары қысымда жүреді, әдетте 0,15...1,5 МПа.

МАФ газы және сол сияқты басқа газдар осындай жағдайларда жұмыс істей алады.

Жану камерасындағы қысымның артуы температураның артуына әкеледі. Мысалы, жану камерасындағы қысымның 0.2, 0.5 және 1 МПа-ға дейін көтерілуі жалын температурасының сәйкесінше 12%, 30% және 46% көтерілуіне әкеледі. Жоғары жылдамдықтағы газ-жалынды бүріккіштерде жану үрдісі жоғары қысым деңгейінде жүреді, әдетте 0,15...1,5 МПа. Бірақ, отынның кейбір түрлерін жану камерасындағы газды таңдау мен қысымды таңдауға бірқатар шектеулер бар. Сонымен, ацетилен үшін «қауіпті кез» деп аталатын қауіптің болуына байланысты газдың максималды жануы 1,7 м/сағ аспауы керек, ал жану камерасындағы қысым 0,15 МПа-дан аспауы керек. Сондықтан, оттегі қоспасындағы ацетилен жалынының ең жоғары температурасын беретініне қарамастан, ол жоғары жылдамдықты тозаң бүрку үшін қолданылмайды.

Талқылау.

МАФ газдары осындай жағдайларда жұмыс істеуге өте қолайлы. Бүрку үрдісіне ықпал ететін тағы бір маңызды фактор-газдың тығыздығы [6].

Газдың тығыздығы оның бүркілу жылдамдығына, температураға, жану камерасындағы қысымға және отын түріне байланысты. Жану камерасының көлденең қимасының ауданы шамамен саптаманың қимасының ауданынан 10...25 есе үлкен.

Мұндай үлкен айырмашылық жану камерасындағы газдың ағып өту жылдамдығы саптамадағы шығу жылдамдығынан әлдеқайда төмен, шамамен 50-100 м/с құрайды.

Жану камерасындағы газдың жылдамдығы тозаңдардың жылдамдығына әсер етпейді, себебі біріншіден, материал бөлшектерімен ағынды жүктеу әдетте, жану камерасының сыртында жасалады, екіншіден, ондағы газдың шығу жылдамдығы саптамадағы газдың шығу жылдамдығынан оншақты есе аз. Жоғары жылдамдықты бүрку кезінде жану камерасы мен саптамадан өткен кезде газдың температурасы мен жылдамдығы айтарлықтай өзгереді.

Газ температурасының төмендеуі бүріккіштің жылдамдығына байланысты және шамамен 13 құрайды және ол шамамен жалынның ең жоғарғы температурасының 13...45% құрайды.

Екінші маңызды мәселе отынның жану үрдісі – жылу алмасу, ыстық газды сумен салқындату жүйесі. Егер салқындату тым жоғары болса, онда материалдың бүркілетін бөлшек беттерінің температурасы айтарлықтай төмендейді, бұл өз кезегінде қалыптасқан жабынның сапасына кері әсер етеді. Жоғары жылдамдықты газ-жалынды тозаң бүркетін жабдықтардың барлық дерлік бүріккіштері сұйықтықпен суыту жүйесімен жабдықталған. Бұл саптама мен жану камерасы элементтерінің балқып кетпеу үшін керек.

Профильденген Лаваль саптамасын қолданғанда газ жылдамдығы тұрақты түрде жоғарылауы мүмкін. Бұл жағдайда газдың шығу жылдамдығы 1800...2100 м/с жетеді. Саптама блогынан өткеннен соң газ ағыны ауада таралалып, ауамен араласып ағынның қасиеттері өте тез өзгереді [4].

Соған байланысты температура, жылдамдық, химиялық құрамы және жылу-ауысу жылдамдығы айтарлықтай өзгереді. Суық ауамен араласу тозаңды-ағынының температурасының азаюына әкеледі, бұл өз кезегінде нысынға жылу әсерін азайтады. Ағын нысанның бетіне жеткенде, оның құрамында 80…90% суық ауа болады [5].

Ағынның өсі бойымен температурасы төмендейді және ағын бөлшектерді қыздыра алмай, оларды салқындатады. Мұның бәрі нысан бетіндегі бөлшектердің жылдам салқындатуының едәуір артуына әкеліп соғады.

Бүркілетін тозаң бөлшектердің жылдамдық режимі - газ ағындары басқан – газдық ағындарда жүзеге асырылады. Бұл бөлшектерді қыздырумен байланысты емес, тек бүрку

және үдеу үрдістерін орындайтын ағындар. Жабын материалын жылыту, бүрку және үдету біріктірілген ағындар болып табылады [5].

Қорытынды.

Газодинамикалық параметрлерінің өзгеру сипаты бойынша жоғары жылдамдықты газ-жалынды тозаңды бүрку кезінде газ ағынын шартты түрде үш бөлікке бөлуге болады (4 сурет): бастапқы (газ-динамикалық), өтпелі және негізгі деп.

Бастапқы аймақта тұтқырлық пен жылу өткізгіштіктің әсері негізінде шекара қабатында ғана әсер етеді. Бастапқы аймақ толқын құрылымы және ағынның осі бойымен де, көлденең қималарында да қысымның қатты біркелкі болмауымен сипатталады. Бастапқы аймаққа бөшке тәрізді пішініне байланысты периодты «бөшкелік» толқын құрылымының бірнеше циклы кіреді.

Қоршаған ортамен өзара әрекеттесу кезінде температураның төмендеуімен бір уақытта газ ағынының жылдамдығы төмендейді. Сақталған кинетикалық энергия ағынға түскен суық ауаны жеделдетуге жұмсалады. Сонымен, газ ағынының бастапқы жылдамдығы 1500 м/с, бөлшектің бетінде ол 150...300 м/с-ге дейін төмендейді. Бөлшек бетіне жақындағанда газ ағынының төменгі жылдамдығы оған перпендикуляр тұрақты бағытталған сапалы жабынның қалыптасуын қамтамасыз етеді [3].

Газ ағынын қоршаған ауамен араласуы сөзсіз газ ағынының құрамының өзгеруіне әкеледі. Жалында жанбаған бөлшектердің тотығып, су мен көмірқышқыл газына дейін айналады. Ағындағы оттегінің парциалды қысымы 2-ге ..20% дейін артады. Пайда болған азот тек ыстық ағынды салқындатады. Су мен көмірқышқыл газ ($C0_2$) концентрациясы 10% - ға дейін төмен түседі. Бөлшек бетіне жеткенде газ ағынының құрамы төмендегідей болады: N_2 (50...60%), 0_2 (10...20%), H_20 және $C0_2$ (10%).

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Хрущов М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание. - М.: Наука, 2001, - 251с.

[2] Виноградов В.Н., Сорокин Г.М., Колокольников М.Г. Абразивное изнашивание. - М.: Машиностроение, 2012, - 224 с.

[3] Методы повышения износостойкости деталей машин: учеб. Пособие//В.А. Короткое.- Н.Тагил: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ НТИ, 2014, - 89 с.

[4] Износостойкие стали для отливок: монография//М.А. Филиппов, А.А. Филиппенков, Г.Н. Плотников. Екатеринбург: УТТУ-УПИ, 2013, - 358 с.

[5] Маслов Л.Н., Шаврин О.И., Анализ методов повышения работоспособности деталей, работающих в присутствии свободного абразива//№ 1, 2012, С. 29-35

[6] Воинов Б.А. Износостойкие сплавы и покрытия. - М.: Машиностроение, 2007, - 120 с.

[7] Газотермическое напыление: учеб. пособие / кол. авторов под общей ред. Л.Х. Балдаева. - М.: Маркет ДС, 2013, - 344 с.

Yerbol Kaliyev, candidate of technical sciences, assistant professor, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, kaliyev.ye@mail.ru

Mergen Zhumanov, candidate of technical sciences, docent, Al-farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan, Mergenamir@mail.ru

Bakhtiyar Kopenov, candidate of technical sciences, professor, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, madiiskakov69@mail.ru

Guldariya Naimanova, candidate of technical sciences, associate professor, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, Guldaria_aruka@mail.ru

Kalmanbet Shalbaev, doctor of technical sciences, professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, shk1952@mail.ru

MODERN FEATURES OF HIGH-SPEED FLAME SPRAYING

Abstrakt. The article deals well with the issues of the application of high-speed gas-dust spraying technology to harden the surface layer of machine parts during abrasive wear, analyzes the ideas that know about the mechanisms of abrasive wear, justifying the choice of an effective method and material for the manufacture of coatings.

The technology of obtaining high-quality coating layers from the Fe-C-Cr-Ti system powder wire using high-speed gas-dust spraying has been developed, the theoretical determination of the optimal parameters of the spraying mode has been carried out.

In addition, using a mathematical model of two-phase flow when coating machine parts with an outer layer, he rationally chose the method of high-speed dusting, estimating on the basis of calculating the characteristics of the heterophase flow obtained in the optimal spraying mode.

Determining that the mechanism of coating formation is mainly determined by the state of pollen particles during heating, dust collection and transportation, it is rightly emphasized that partially solidified and even solid particles, especially in the peripheral flow area, can form near the spray surface, forming various solid compounds in which the microtraumatic and vapor phases can react with an active gas flow and penetrate the coating.

From hydrocarbons used for high-speed flame dust extraction, it is shown that when using MAF gas (Methylacetylene-Allen fraction), the maximum flame temperature is reached, a characteristic is given and the conclusions of the experiments are well presented. It has been shown that MAF gas is a mixture of methylacetylene and Allene (propadiene) stabilized for safety purposes of isobutane, isobutylene, propane, propylene, butadiene or other hydrocarbons.

Keywords: gas-thermal, abrasive treatment, gas-dynamic, smelting, spraying, viscosity, dispersion.

Ербол Калиев, к.т.н, ассистент-профессор, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, kaliyev.ye@mail.ru

Мерген Жуманов, к.т.н., доцент, Казахский национальный университет им.Аль-Фараби, Алматы, Қазақстан, Mergenamir@mail.ru

Бахтияр Копенов, к.т.н, профессор, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, madiiskakov69@mail.ru

Гульдария Найманова, к.т.н., ассоциированный профессор, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, Guldaria_aruka@mail.ru

Калманбет Шалбаев, д.т.н., профессор, Satbayev University, Алматы, Қазақстан, shk1952@mail.ru

СОВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ГАЗОПЛАМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ

Аннотация. В статье хорошо рассмотрены вопросы о ходе применения технологии высокоскоростного газопламенного напыления для упрочнения поверхностного слоя деталей машин в процессе абразивного износа, вопросы, полученные в результате анализа

о существующих механизмах абразивного износа, обоснования выбора эффективного метода и материала для изготовления покрытия.

Разработана технология получения высококачественных слоев покрытия из порошковой проволоки системы Fe-C-Cr-Ti с помощью высокоскоростного газопылевого распыления, проведено теоретическое определение оптимальных параметров режима распыления.

Кроме того, используя математическую модель двухфазного потока при покрытии наружным слоем деталей машин, рационально выбрал метод высокоскоростного пылевлагопыления, оценивая на основе расчета характеристики гетерофазного потока, полученного в оптимальном режиме распыления.

Определяя, что механизм образования покрытий в основном определяется состоянием частиц пыльцы в үрдіссе нагрева, пылеулавливания и транспортировки, справедливо подчеркивается, что частично затвердевшие и даже твердые частицы, особенно в области периферийного потока, могут образовываться вблизи поверхности распыления, образуя различные твердые соединения, в которых микротравматическая и паровая фазы могут реагировать с активным потоком газа и проникать в покрытие.

Из углеводородов, используемых для высокоскоростной пылеулавливания пламени, показано, что при использовании газа МАФ (фракция Метилацетилена-Аллена) достигается максимальная температура пламени, дается характеристика и хорошо изложены выводы проведенных опытов. Было показано, что газ МАФ представляет собой смесь метилацетилена и Аллена (пропадиена), стабилизированную в целях безопасности изобутана, изобутилена, пропана, пропилена, бутадиена или других углеводородов.

Ключевые слова. Газотермическая, абразивная обработка, газодинамическая, выплавка, напыление, вязкость, диспергирование.

****

ӘОЖ 621.4 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-38-45**

Е.Б.Калиев[1], Р.А.Козбагаров[1], А.Торгаев[1], Қ.Байжұманов[2], Г.Т.Найманова[1]
[1]Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан,
[2] Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: kaliyev.ye@mail.ru

АБРАЗИВТІ ТОЗУДАН ҚОРҒАУ ӘДІСТЕРІ

Аңдатпа. Мақалада жол-құрылыс, тау-кен, тиеу-түсіру, ауыл-шаруашылық, көлік машиналары мен тасымалдау құрылғыларының, отын және газ өнеркәсібінің бұрғылау жабдықтарының, сондай-ақ басқа да машиналар мен механизмдердің қызмет ету мерзімін шектейтін негізгі факторлардың бірі: механикалық тозулар екенін атап көрсете келе, оның ішіндегі ең маңыздысы абразивті тозу екендігі баяндалады. Заман талабына сай, тозуға төзімді материалдар жалпы жағдайда қандай қасиеттерге сай болу керектігі, абразивті тозудың пайда болу себептері, қарқындығын бәсеңдету әдістері және одан қорғану мақсатында тозуға төзімді қандай материалдар қолдануға болатын түрлері жақсы баяндалған. Сонымен, абразивті тозу жағдайында жұмыс істеуге басқалардан төзімдірек болатын материалдар түрлері атап көрсетілген. Конструкциялық беріктіктің екі негізгі көрсеткіші: балқу шегі немесе пластикалық деформацияға төзімділік пен тұтқырлығы екендігін айта келе, осы көрсеткіштерді арттыру әдістері жақсы баяндалған.

Бөлшектердің тозуға төзімділігін арттырудың әртүрлі технологиялық процестерінің бірнеше мысалдарын келтіріліп, оның ішінде балқымалау процестерінің ерекшеліктеріне, яғни артықшылықтары мен кемшіліктерін жекелей айқындап көрсетілген. Бөлшек бетінің тозуға төзімділігін арттыру үшін сапалы жабындарды қалыптастырудың негізгі ескеретін шарттары дәйекті түрде атап көрсетілген. Осы мақалада келтірілген талаптарды ескере отырып, сапалы жабынмен қаптау кезінде негізгі материалының қатты фазасының сақталуын қамтамасыз ететін тәсілдерді қарастыра келе, газды термиялық тозаңбүрку жабындарының технологиясын қолдану тиімді болып табылатынына көз жеткіздік. Бұл әдістің артықшылықтары мен кемшіліктері де жақсы келтірілген.

Сонымен бірге, мақалада газ-термиялық тозаңбүрку әдісінің технологиясына тоқтала келе, газ-термиялық жабынмен қаптау технологиясының жалпыланған схемасы да көрсетілген.

Түйінді сөздер. Абразивті тозу, легірлеу, балқымалау, тозаңдату, газжалынды, параметрлер.

Кіріспе.

Автомобиль жасау саласындағы тозудың барлық түрлерінің ішіндегі ең ауқымдысы абразивті тозу болып табылады. Өйткені ол әртүрлі мақсаттағы машина бөлшектерінің, соның ішінде жол-құрылыс, тау-кен, тиеу-түсіру, ауыл-шаруашылық, көлік машиналары мен тасымалдау құрылғыларының, отын және газ өнеркәсібінің бұрғылау жабдықтарының, сондай-ақ басқа да машиналар мен механизмдердің қызмет ету мерзімін шектейтін негізгі факторлардың бірі болып табылады.

Қаттылық тұрғысынан негізгі материалдан едәуір қатты болатын бөлшектер абразивті бөлшектер деп аталады. Егер де шынықтырылған болаттың микроқаттылығы НЦ 9 кПа аспаса, ал абразивті бөлшектердің (карбидтер, оксидтер) микроқаттылығы НЦ 20-...30 гПа асады [2].

Тозушы абразивті бөлшектер минералды да болады (құрамында кварц, т.б.), кестеленген немесе металлдан жасалған бөлшектер материалдарының біреуінің қатты

құрылымдық компоненттері болуы мүмкін. Абразивті тозудың негізгі себебі абразивті бөлшектердің бұйымның беткі қабатына қатты соққымен әсер етуі мүмкін, бұл өте жұқа сыртқы қабатын сыруға немесе кесуге әкеледі (микро кесу) немесе қажып тозуына және бұйымдардың беткі қабатының шытынауына әкелеліп соғатын металл микротүйінділерінің қайталанбалы пластикалық деформациясы болып табылады [2, 3].

Абразивті тозу үрдісіне абразивті бұйымдардың жасалу жағдайы мен қасиеттері, ортаның агрессивтілігі, тозған бұйым беттерінің қасиеттері, бөлшек беттерінің өзара әрекеттесу сипаты, жоғарғы температуралық қызу және басқа факторлар әсер етеді. Абразивтік тозудың негізгі сипаты - бұйым беттерінің тозуының механикалық жағдайы. Абразивті тозудың негізгі түрлері бұйымдарды бекіту тәсілімен (толық бекітілген, жартылай бекітілген, бос) және үйкелетін беттердің абразивті бөлшектермен жанасу тәсілімен (сырғанау, илектеу, соққы) ерекшеленеді [4].

Абразивті монолитке үйкелісетін негізгі материал беті оның әсерінің екі кезеңін бастан кешіреді: бірінші кезеңде кедір-бұдырлар түрінде пайда болатын абразивтің қатты бөлшектері негізгі материал бетіне енеді, ал екінші кезеңде осы кедір-бұдырлар осы бөлшектер арқылы күрделі әсер етудің салдарынан үйкеліп абразивті жояды, бұның ең соңғы сатысы тозу бөлшектері түрінде материал бетінен алынады [3]. Нәтижесінде абразивті тозу және онымен күресу шараларын зерттеу өте маңызды міндет болып қала береді. Көп жағдайда машина бөлшектерінің істен шығуы жұмыс істейтін ортасымен немесе үйкелетін бөлшектермен интенсивті әрекеттесу орындарында жұмыс беттерінің жергілікті тозуымен байланысты.

Материалдар мен тәсілдер.

Экономикалық және техникалық тұрғыдан алғанда, құрастырылатын композициялық бөлшектер негізінің беткі жабындарының, тозуға төзімді, беріктігі жоғарғы, пластикалық, тұтқыр, шытынауға төзімді болғаны абзал. Қазіргі уақытта кеңінен қолданылатын жабындардың тиімді әдістерінің бірі - газды термиялық тозаңбүрку. Атап айтқанда, жоғары сападағы жалынды тозаңбүрку әдісін қолдану әртүрлі пішіндер мен өлшемдердегі өнімдерде қажетті пайдалану қасиеттері бар салыстырмалы қалың жабындарды алуға мүмкіндік береді.

Тозудың себептері мен түрлерінің әртүрлілігі, тозу механизмі мен жылдамдығын анықтайтын көптеген факторлардың бір уақытта әсер етуі, жанасатын беттердегі үйкеліс жағдайларының тез өзгеруі конструкциялық материалдарды таңдауды және машина бөлшектерінің сенімді жұмысын қамтамасыз ету аясында оларды өңдеу жұмыстарын қиындатады. Тозуға төзімді материалдар жалпы жағдайда жоғары беріктікке, жоғары төзімділікке, ыстыққа төзімділікке, құрылымдардың берік пленкаларын ысқылау кезінде пайда болу қабілетіне, майлауды жақсы ұстап тұру қабілетіне, жақсы технологиялылыққа қабілетті болуы керек [6].

Легирленген металдың тозуға төзімділігі, әдетте, екі негізгі параметрмен сипатталады: металл матрицалық қасиеті мен беріктендіру фазасының беткі қабаттарда өзгеріске ұшырауы, үйкеліс жағдайларына бейімделуі және минималды тозу қарқындылығы.

Қазіргі уақытта абразивті тозудан қорғану мақсатында келесі тозуға төзімді материалдар кеңінен қолданылады:

- никель негізіндегі өздігінен флюстелетін қорытпалар;
- жоғары көміртекті легирленген қорытпалар (шойын);
- аспаптық және құрылымдық болаттар;
- таза металдар (Cr, Mo, Ni);
- композициялық қорытпалар [3, 7,].

Әр жағдайда бөлшек материалы нақты жұмыс жағдайларын ескере отырып таңдалады (жүктеме, циклдік және динамикалық әсердің мөлшері, жылдамдық, температура және т.б.). Сонымен, соққылы-абразивтік тозу үшін сипатталған материалдарды қолдану әрдайым тиімді бола бермейді, бірақ метастабильді аустенит принципіне сәйкес келетін материалдар тиімді деп саналады. Олар: болаттар, шойындар, қорытпалар, метатұрақты аустенит немесе белгілі бір химиялық құрамның аустениті құрылымы қалыптасқан бүріккіш жабындар мартенсит, карбидтер және т.б. фазалар мен құрылымдық компоненттер. Сыртқы әсер ету кезінде жұмыс бетіне жеткізілетін энергияның таралуы жұмыс кезінде дисперсті мартенситке айналатын метатұрақты аустенитпен микрогетерогенді құрылыммен тиімді жүзеге асырылады.

Қазіргі уақытта сипатталған принцип бойынша жұмыс істейтін бірқатар материалдар әзірленген [2-3].

Сонымен, абразивті тозу жағдайында жұмыс істеу үшін РР-65х8t2р (РР-ZSM-111) сымтемірі сәтті қолданылады. Балқыма металда аустенит - мартенсит құрылымы бар, қос және үштік карбид фазаларының қосындылары бар [4].

Қарқынды соққы-абразивтік әсер ету жағдайында қалыпты және төмен температураларда 60х12д5р2т, 70х4м4сфб, 70х4м4сфбр қорытпалары жақсы төзімділік көрсетті. Хром, молибден, ванадий, ниобийдің ұсақ дисперсті біркелкі бөлінген карбидтері бар аустенит-мартенсит қорытпасының матрицасы қорытпалардың 60-63 HRC3 аралық шегінде қаттылығын және жоғары тозуға төзімділігін қамтамасыз етеді. Осы қорытпалармен балқыту үшін ГШ-ОН-24, ГШ-ОН-20, ПОЛН-21 сымтемірлері қолданылады [6].

ПП-УЛН-73 (50х9нзрзф) ұнтақ сымымен балқыма жасалған металдың қаттылығы 61-62 HRC болады. Оның құрылымында қатты фазалардан басқа (мартенсит және карбоборидтер) аустениттің 20-25%-ы бар. Қатты және тұтқыр фазалардың ұқсас үйлесімі абразивтік және су абразивті әсері кезінде қорытпаның жоғары төзімділігін қамтамасыз етеді [5].

Жоғарыда аталған ұнтақты темірсым үлкен әртүрлі балқыма материалдарының тек шағын бөлігін құрайды, алайда, олар абразивті тозудың ауыр жағдайында машина бөлшектері мен құрылғыларды беріктендіру жағдайында өздерін жақсы жағынан танытты.

Нәтижелер.

Тозуға төзімді жабындардармен қаптау технологиялары.

Конструкциялық беріктіктің екі негізгі көрсеткіші: балқу шегі немесе пластикалық деформацияға төзімділік, тұтқырлығы немесе шытынауға төзімділік әртүрлі қатайтатын өңдеулерде (механикалық, термиялық, термомеханикалық) немесе қорытпаның химиялық құрамының өзгеруіне байланысты өзгереді. Қорытпаның легірленуін арттыру балқып-ағу шегін арттырады, бірақ сонымен қатар шытынауға төзімділігін төмендетеді [4].

Басқаша айтқанда, металдың беріктігін, қаттылығын және тозуға төзімділігін арттыру морт сынғыш ықтималдығын арттырумен қатар жүреді.

Бұл мәселенің оңтайлы шешімі - бөлшектердің бетін тозуға төзімді жабындармен қатайту (нығайту). Нәтижесінде легирленген элементтерді үнемдеумен, өнімнің өзіндік құнын төмендетумен, сондай-ақ оларды бірнеше рет қалпына келтіру мүмкіндігімен бірге жүретін бөлшектердің беріктігін арттыру қамтамасыз етіледі [6].

Бөлшектердің тозуға төзімділігін арттырудың әртүрлі технологиялық процестерінің ішінде дәнекерлеу мен балқымалау процестері шамамен 85% құрайды. Әртүрлі балқымалау әдістерінің жалпы кемшілігі: доғаның оның балқуымен, қалдық кернеулердің, деформациялардың, шытынаулардың пайда болуымен және нәтижесінде металл төзімділігінің төмендеуімен бірге жүреді.

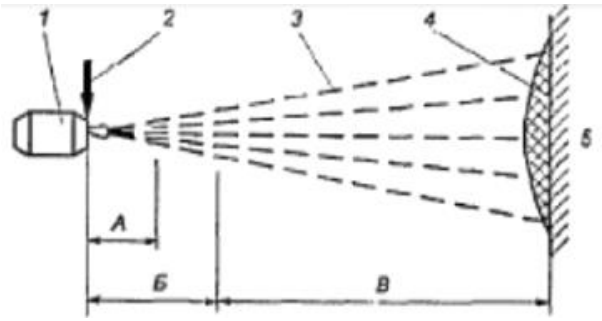
Бөлшек бетінің тозуға төзімділігін арттыру үшін сапалы жабындарды қалыптастырудың төмендегі негізгі шарттарын ескеру қажет [4, 5].

- бөлшекке термиялық әсерлер негізгі металдағы фазалық немесе құрылымдық түрлендірулерді толығымен немесе ішінара болдырмауы керек;
- негізгі бөлшек және жабын материалдарының араласуы минималды болуы керек;
- бастапқы материалмен салыстырғанда жабынның химиялық және фазалық құрамын өзгерте алатын реакциялардан аулақ болу керек;
- бірігу аймағында структуралық құрылымы мен фазалық құрамын өзгертуге қабілетті релаксациялық сипаттағы үдерістер болмауы тиіс.

Жоғарыда келтірілген талаптарды ескере отырып, жабынмен қаптау кезінде негізгі материалының қатты фазасының сақталуын қамтамасыз ететін технологияларды қолдану перспективалы болып табылады. Бұл талаптар газ термиялық тозаңбүрку жабындарының технологиясына толық сәйкес келеді. Сонымен қатар, газды термиялық тозаңбүрку кезінде бақылауға болатын химиялық реакциялар сәтті қолданылады. Газ-термиялық тозаңбүрку - бұл балқыма материалын қандайда бір жылу көзімен қыздыру, көбінесе балқығанға дейін, және оны газ ағынымен жеделдету арқылы жұқа дисперсті конденсацияланған жабындармен қаптау болып табылады.

Материал бөлшектің бетіне ұсақ балқытылған немесе пластификацияланған бөлшектер түрінде диспергирленген күйде түседі, олар оған тиіп, деформацияланады және бекітіліп, бір-біріне қабаттасып, біртұтас жабын түзеді. Газды термиялық тозаңбүрку әдістері мен технологиясында көп нәрсе бар, газды термиялық жабынның жалпыланған схемасы 1-суретте келтірілген [2-3].

Жоғары температуралы қыздыру көзі 1 балқытылған материалды темірсым, шыбық, сым немесе ұнтақ 2 түрінде бере алады. Материалды үнемді түрде жабу жағдайында ол қыздырылады, балқиды және қыздыру аймағында штанганың ұшының қыздырылған бетінен бастап таралады (1 сурет).

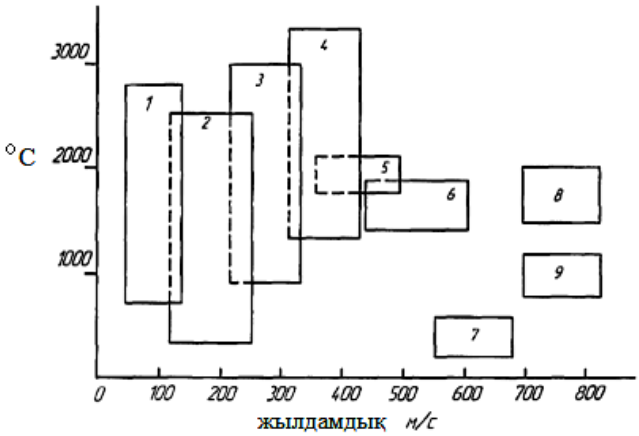


1-жоғарғы температурадағы қыздыру көзі; 2-тозаңдатылатын материал;
3-екі фазалы ағын; 4 - жабын; 5-дене беті.
1 сурет - Газды термиялық жабынның жалпыланған

А - қыздыру аймағы; Б - бөлшек ағындарының үдеу аймағы; В - бөлшектердің еркін қозғалу аймағы. Ұнтақтарды бүрку кезінде олар жоғары температуралы ағынға (А) енгізіледі, онда олар А учаскесіндегі қозғалыс кезінде қызады да бөлшектер балқып буланады, қыздырылған газбен және қоршаған ортамен химиялық әрекеттесуге енеді. Дене бетіне қатты соққымен және бөлшектердің деформациялануы олардың салқындауына және 10 К/с жылдамдықпен кристалдануына әкеледі. Б учаскесінде бөлшектер газ ағынында таратылады және газодинамика заңдарына сәйкес үдемелі қозғалады. Бұл учаскесінде бөлшектер 3 дене бетіне 5 жоғарғы жылдамдықпен бағытталып және оның үстінде 4 жабын түзеді.

Жабысқақ, үйлесімді, сондай-ақ пайдалану сипаттамаларының жоғары деңгейін жүзеге асыру және жабындардың төменгі кеуектілігін (пористость) қамтамасыз ету температураның жоғарылауына және жабын материалының бөлшектерімен әрекеттесетін газ ағынының жылдамдығын арттыру арқылы жүзеге асыруға болады. Газотермиялық технологияның нағыз технологиялық жетістігі газ ағындарының дыбыстан да жоғары жылдамдықпен тозаңбүркуден басталды.

2-сурет бойынша газды термиялық бүрку әдістерінің негізгі түрлері температура координатасында келтірілген.



1-доғалы металдандыру; 2 – жалынмен тозаңбүрку; 3 - ауадағы плазмалық бүрку; 4 - динамикалық вакуумдағы плазмалық тозаңбүрку; 5 және 6-жоғары жылдамдықты тозаңбүрку әдістері (HVOF-1, HVOF - 2); 7 - газодинамикалық бүрку; 8-жоғары қысыммен жоғары жылдамдықты тозаңбүрку (HP/HVOF); 9-дыбыстан жылдам болатын газды ауамен бүрку (AC-HVAF).

2 сурет - Газды термиялық бүрку әдістерінің температура координатасындағы негізгі түрлері

Бұл жердегі ғалымдардың барлық күш-жігерілері, шын мәнінде, бүрку процесіндегі бөлшектердің ұшу жылдамдығын арттыру және қолданылатын материалдардың құрамын жетілдіру болып табылады. Осы жағдай қазіргі уақытта да сақталуда [4-6].

Суреттен көргендей ағынның дыбыстан жоғары жылдамдығына ауысу бүркілген бөлшектердің үдеу қарқындылығының жоғарылауына және жылу қарқындылығының төмендеуіне әкеледі. Кинетикалық энергия - бөлшектер жабынның пайда болуына әкелетіндіктен, негізгі ағынмен әрекеттесу кезінде олардың жылдамдығының 3-4 есе артуы кинетикалық энергияның 9-16 есе артуына мүмкіндік береді. Дәл осы фактордың арқасында бүрікілген жабындардың барлық сапалық қасиеттерін жақсарту өте жоғарғы прогреске ие болды. Дыбыстан жоғары жылдамдықта жұмыс істеу кезіндегі жабындар сапасының жақсаруының қосымша себебі, кинетикалық энергияның артуынан басқа, екі фазалы ағынның ашылу бұрышының төмендеуі болып табылады.

Бұл дыбыстан жоғары ағынның ламинаризациясына байланысты. Орталық және шеткері аймақтардың жылдамдығы мен температурасының таралуы күрт төмендейді. Аз энергия қоры бар шет жақтағы бөлшектер оны әлсіретпейді, қайта жабынның пайда болуына қатысады. Нәтижесінде, ағынның дыбыстан жоғары жылдамдығына көшу кезінде, үрдісті мұқият оңтайландырусыз да, процестің барлық сапалық көрсеткіштері айтарлықтай жақсарады. Кеуектілік (пористость) 1-2%-ға дейін төмендейді, адгезия 1,5 - 2 есе артады, элементтердің тотығуы 50-80%-ға төмендейді, кейбір жағдайларда тіпті,

химиялық құрамы бойынша бастапқы материалмен сәйкес келетін жабынды алуға да болады [6].

Мұның бәрі газотермиялық жабындарды қолдану аясын кеңейтуге және жақсы өңделген бөлшектердің сапасын арттыруға мүмкіндік береді.

Талқылау.

1. Абразивті тозудың түрлері мен механизмдері қарастырылған және тозуға төзімді материалдарға қойылатын талаптар анықталды.

2. Сұрақтың жай-күйін талдау болаттың абразивті тозуға төзімділігі құрылымды-сезімтал сипат екенін көрсетті, сондықтан тиімді тозуға төзімді материал жұмыс кезінде жұмыс жүктемелерінің әсерінен қатая алу қабілеті болуы керек. Абразивті тозу жағдайында қорғанудың тиімді материалдары метатұрақты аустенит принципіне сәйкес келетін материалдар болып табылады.

3. Тозуға төзімді қабаттарды түзу (бүрку) технологиялары қарастырылған. Жоғары жылдамдықты жалынды тозаңбүрку әдісімен жабындарды қолдану перспективалы екендігі көрсетілген.

Жоғары жылдамдықты жалынды тозаңбүрку процесін егжей-тегжейлі талдау, оның метатұрақты фазалардың қалыптасуымен сипатталатын ультра жылдам шынықтыру (закалка) жағдайында жабындарды алу процестеріне жататындығын көрсетті.

Жоғары жылдамдықты жалынды тозаңбүрку үшін қолданылатын жабдықтар мен материалдарды талдау тозуға төзімді жабындарды қолданудың үлкен құны айтарлықтай екенін көрсетті; олардың отандық кәсіпорындарда кеңінен қолданылуын тежейді.

Газды-дисперсті ағындардағы процестерді математикалық сипаттау бойынша зерттеулерді талдау анықтау үшін сәтті қолдануға болатын әртүрлі күрделіліктегі көптеген модельдердің болуын көрсетті: тозаңбүрку материал бөлшектерінің негізгі сипаттамалары; сонымен қатар, CAE жүйелерінде жасалған үш өлшемді модельдермен қатар, шектеулер мен болжамдардың тиісті жиынтығымен айтарлықтай жеңілдетілген бір өлшемді модельдерді сәтті қолдануға болады.

Тозаңбүрку үшін бетті дайындау ретінде ЭиЛ әдісін қолдану ерекшеліктерін талдау процестің едәуір төмен өнімділігіне қарамастан, кейбір жағдайларда ол CAE-ға тиімді балама бола алатындығын көрсетті.

Қорытынды.

1. Мәселе жай-күйіне сүйене отырып, зерттеудің негізгі міндеттерін қорытындылауға болады: жоғары сапалы ұнтақты сымтемір жабындарын, FE-C-Cr-Ti жүйесін жоғары жылдамдықты газжалынды тозаңбүрку арқылы алу технологиясын жасау.

2. Жабынды тозабүркудің оңтайлы параметрлерін тәжірибелік-теориялық жолмен анықтау.

3. Оңтайлы бүрку режимдерінде алынған гетерофазиялық ағынның сипаттамаларын екі фазалы ағынның математикалық моделін қолдана отырып есептеу негізінде бағалау.

4. Алынған жабындардың физика-химиялық және жұмыстық сипаттамаларын анықтау бойынша кешенді зерттеулер жүргізу.

5. Тозуға төзімді комбинирлі жабынды жасау үшін газды термиялық тозаңбүркуге арналған бетті алдын-ала дайындау ретінде жоғары жылдамдықты болатпен ЭИЛ қолдану үшін технологиялық негіздерді жасау.

6. Жұмыс нәтижелерін ұнтақты сымдардан жоғары жылдамдықты жалынды тозаңбүрку арқылы тозуға төзімді жабындарды қолданудың өнеркәсіптік технологиясын жасау үшін қолдану.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Хрущов М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание. - М.: Наука, 2001, - 251 с.

[2] Виноградов В.Н., Сорокин Г.М., Колокольников М.Г. Абразивное изнашивание. - М.: Машиностроение, 2012, - 224 с.

[3] Методы повышения износостойкости деталей машин: учеб. пособие//В.А. Короткое. - Н.Тагил: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ НТИ, 2014, - 89 с.

[4] Износостойкие стали для отливок: монография//М.А. Филиппов, А.А. Филиппенков, Г.Н. Плотников. - Екатеринбург: УТТУ-УПИ, 2013, - 358 с.

[5] Маслов Л.Н., Шаврин О.И., Анализ методов повышения работоспособности деталей, работающих в присутствии свободного абразива//№ 1, 2012, С. 29-35

[6] Воинов Б.А. Износостойкие сплавы и покрытия. - М.: Машиностроение, 2007, - 120 с.

[7] Газотермическое напыление: учеб. Пособие//кол. авторов под общей ред. Л.Х. Балдаева. - М.: Маркет ДС, 2013, - 344 с.

Yerbol Kaliyev, candidate of technical sciences, assistant professor, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, kaliyev.ye@mail.ru

Rustem Kozbagarov, candidate of technical sciences, professor, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, ryctem_1968@mail.ru

Abish Torgaev, master, senior lecturer, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, mergenamir@mail.ru

Kadirbek Baizhumanov, candidate of technical sciences, senior lecturer, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, kadirbek_79@mail.ru

Guldariya Naimanova, candidate of technical sciences, associate professor, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, Guldaria_aruka@mail.ru

METHODS OF PROTECTION AGAINST ABRASIVE WEAR

Abstrakt. The article emphasizes that one of the main factors limiting the service life of road construction, mining, loading and unloading, agricultural, transport machines and transport devices, drilling equipment of the fuel and gas industry, as well as other machines and mechanisms, is: mechanical wear, the most important of which is abrasive wear. In modern, wear-resistant materials, it is well described what properties they should correspond to in general conditions, the causes of abrasive wear, ways to reduce the intensity and what types of wear-resistant materials can be used to protect against it. Thus, the types of materials that are more resistant to work in conditions of abrasive wear are identified. Speaking about the fact that there are two main indicators of structural strength: melting limit or resistance to plastic deformation and viscosity, methods for increasing these indicators are well described.

Several examples of various technological processes for increasing the wear resistance of parts are given, including highlighting the features of the melting processes, i.e. advantages and disadvantages separately. The main conditions for the formation of high-quality coatings to increase the wear resistance of the surface of the part are consistently identified. Considering approaches that ensure the preservation of the solid phase of the base material with a high-quality coating, taking into account the requirements given in this article, we were convinced that the use of the technology of gas-thermal dust-and-dust coatings is effective. The advantages and disadvantages of this method are also well listed.

The article also shows a generalized scheme of the gas thermal coating technology, concerning the technology of gas thermal dust spraying.

Keywords. Abrasive wear, alloying, surfacing, spraying, flame retardant, parameters.

Ербол Калиев, к.т.н, ассистент-профессор, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, kaliyev.ye@mail.ru

Рустем Козбагаров, к.т.н, профессор, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, ryctem_1968@mail.ru

Абиш Торгаев, магистр, сениор-лектор, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, mergenamir@mail.ru

Кадирбек Байжуманов, к.т.н, старший преподаватель, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, kadirbek_79@mail.ru

Гульдария Найманова, к.т.н., ассоциированный профессор, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, Guldaria_aruka@mail.ru

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ АБРАЗИВНОГО ИЗНОСА

Аннотация. В статье подчеркивается, что одним из основных факторов, ограничивающих срок службы дорожно-строительных, горных, погрузочно-разгрузочных, сельскохозяйственных, транспортных машин и транспортных устройств, бурового оборудования топливной и газовой промышленности, а также других машин и механизмов, является: механический износ, наиболее важным из которых является абразивный износ. В современных, износостойких материалах хорошо изложены, какими свойствами они должны соответствовать в общих условиях, причины возникновения абразивного износа, способы снижения интенсивности и какие виды износостойких материалов могут быть использованы в целях защиты от него. Так, выделены виды материалов, которые более устойчивы к работе в условиях абразивного износа. Говоря о том, что два основных показателя конструктивной прочности: предел плавления или устойчивость к пластической деформации и вязкость, хорошо изложены методы повышения этих показателей.

Приведено несколько примеров различных технологических процессов повышения износостойкости деталей, в том числе с выделением особенностей процессов расплавления, т.е. преимуществ и недостатков в отдельности. Последовательно выделены основные условия формирования качественных покрытий для повышения износостойкости поверхности детали. Рассматривая подходы, обеспечивающие сохранение твердой фазы основного материала при качественном покрытии с учетом требований, приведенных в данной статье, мы убедились, что применение технологии газотермических пылевлагопылевых покрытий является эффективным. Преимущества и недостатки этого метода также хорошо перечислены.

В статье также показана обобщенная схема технологии газотермического покрытия, касающаяся технологии газотермического пылевып-напыления.

Ключевые слова. Абразивный износ, легирование, наплавка, напыление, газопламенный, параметры.

****

УДК 629 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-46-53**

М.Е.Қалекеева✉, И.Ж.Асильбекова, А.Ж.Абжапбарова
Академия гражданской авиации, Алматы, Казахстан
E-mail: kalekeeva.m@mail.ru

БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ ДЛЯ БЕЗОПАСНОГО ПОЛЕТА В НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ БЛИЗОСТИ ОТ ЛЮДЕЙ

Аннотация. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) для доставки, используемые сегодня логистическими компаниями, оснащены неэкранированными пропеллерами, которые представляют собой серьезное препятствие для доставки посылок из рук в руки. Открытые лопасти пропеллера опасны для ничего не подозревающих прохожих, домашних животных и неподготовленных пользователей. Одним из решений для обеспечения безопасности является установка на БПЛА всеобъемлющей защитной оболочки. Однако конструкции существующих конструкций сепараторов имеют низкую плотность, чтобы свести к минимуму препятствие воздушному потоку пропеллера, чтобы не снижать эффективность. Относительно большие отверстия в клетке не защищают руки и пальцы от быстро вращающихся пропеллеров. Здесь в статье описывается новый подход к безопасности и аэродинамической эффективности с помощью каркаса высокой плотности и трансформирующихся рычагов, вдохновленных коробчатой черепахой. Клетка БПЛА изготовлена из плотной и легкой сетки. При полете в непосредственной близости от людей рычаги и пропеллеры убираются и полностью герметизируются внутри корпуса, что делает БПЛА безопасным, а также уменьшает общую площадь занимаемой площади. При полете на крейсерской высоте вдали от людей и предметов рычаги и пропеллеры выходят за пределы защитной сетки, что повышает аэродинамическую эффективность более чем на 20%.

Ключевые слова. Воздушные системы, приложения, интеллектуальные транспортные системы, логистика.

Введение.

БПЛА становятся все более полезным инструментом для более быстрой [1], экологичной [2] и дешевой доставки посылок [3] в ранее недоступные места. В результате несколько логистических компаний [4] - [7] рассматривают возможность использования БПЛА на рынках электронной коммерции. Однако в большинстве таких поставок, как правило, используются громоздкие платформы БПЛА, предназначенные для стабильной отправки на большие расстояния и требующие специально отведенных взлетно-посадочных площадок. Кроме того, доступ пользователей в эти помещения ограничен во время работы, чтобы избежать вреда, причиняемого посторонним лицам из-за открытых пропеллеров. Кроме того, доставка в места, где нет места для посадки, например, в окно или на балкон, доставка людям, застрявшим в пробке для БПЛА невозможны помехи или наклонные среды. В совокупности эти проблемы исключают возможность доставки от человека к человеку и до последнего сантиметра, когда посылки могут быть безопасно доставлены непосредственно в руки получателя или в труднодоступные, загроможденные места. В контексте обеспечения безопасного обращения при доставке до последнего сантиметра один из подходов заключается в том, чтобы поместить пропеллеры в защитный кожух [8]–[13]. Очень плотная конструкция каркаса повышает безопасность [14] путем предотвращения доступа пользователей к пропеллерам. Однако клетки с высокой плотностью приводят к высокому лобовому

сопротивлению [15] и снижению доступной подъемной силы. В качестве альтернативы конструкция клетки с низкой плотностью позволила бы небольшим внешним объектам, таким как пальцы или ладони, получить доступ к пропеллерам, что может быть опасно для людей и животных. Кроме того, чтобы уменьшить дополнительный вес каркаса, объем транспортного средства остается низким за счет сокращения длины рычага квадрокоптера. Однако это снижает устойчивость БПЛА из-за меньшего массового момента инерции [16], а также снижает его эффективность, поскольку для наклона БПЛА требуется большее изменение тяги. Следовательно, требуется более высокое изменение скорости вращения пропеллеров и потребляется больше энергии.

Материалы и методы.

В этой статье представляется новый подход к безопасности и эффективности при проектировании БПЛА. Предлагается поместить квадрокоптер (рис. 1(А) – (Б)) в безопасную клетку с плотной сеткой, основанную на технике нанизывания теннисной ракетки [17]. Чтобы преодолеть сопротивление, создаваемое такой клеткой, квадрокоптер обладает способностью к трансформации, вдохновленной втягиванием конечностей коробчатых черепах (Terrapene carolina, T. ornata) для защиты (рис. 1(C)–(D)) [18]–[20]. Квадрокоптер может втягивать свои рычаги в клетку во время взлета и посадки, чтобы предотвратить доступ к его пропеллерам, обеспечивая безопасность людей. В дополнение к предотвращению травм, стратегия убирающихся рычагов позволяет уменьшить площадь квадрокоптера во время взлета и посадки, обеспечивая доступ к загроможденным и труднодоступным местам. В предлагаемом решении посылка стратегически расположена на верхней части БПЛА.

Этот подход, предложенный в [21], позволяет плотно упаковывать пропеллеры в обойму без того, чтобы пакет блокировал скользящие потоки. Это позволяет свести к минимуму объем каркасной конструкции за счет перекрытия пропеллеров, как показано на рис. 2(C). Общий небольшой объем транспортного средства обеспечивает лучшую переносимость и хранение при полностью убранных рычагах (рисунок 2). Конструкция каркаса также устраняет необходимость в шасси. Во время крейсерского полета рычаги квадрокоптера могут выдвигаться из его каркаса, что обеспечивает ему соответствующее повышение эффективности и стабильности. Основываясь на этой предлагаемой конструкции, профиль полета беспилотного летательного аппарата, проиллюстрированный на рис. 1(E), состоит из пропеллеров, содержащихся внутри каркаса только во время взлета и посадки (лишь небольшая часть всей миссии) и развернутых снаружи каркаса во время полета для повышения аэродинамической эффективности.

Рисунок 1 - БПЛА, который полностью заключен в клетку, повышающую безопасность для детей и животных

Слева фотография конфигурации убранных рычагов внутри каркаса для взлета и посадки. Справа фотография квадрокоптера, развернутого вне клетки для режима круиза с посылкой.

Рисунок 2 - Вид сверху квадрокоптера в клетке

Убранный безопасный режим: пропеллеры внутри клетки для взлета и посадки. Режим развертывания для крейсерского полета: пропеллеры развернуты вне клетки. Повышенная эффективность, не зависящая от сетки клетки.

Fh - удерживающая сила, W - вес БПЛА, m - масса БПЛА, g - гравитационное ускорение, f - сила трения, FN - нормальная сила контакта, μ - коэффициент трения между материалом каркаса (пластик) и кожей человека (0,7), Fg - сила захвата сила. (C) БПЛА, удерживаемый на ладонях пользователя.

Результаты.

Конструкция клетки. Конструкция каркаса безопасности, который одновременно защищает людей и не препятствует воздушному потоку пропеллера, требует решения множества противоречивых конструктивных задач. Первая проблема заключается в том, что клетка должна быть достаточно плотной, чтобы даже маленькие детские пальчики не могли пройти сквозь нее и коснуться быстро движущихся пропеллеров. Во-вторых, клетка должна быть достаточно жесткой, чтобы предотвратить деформацию, приводящую к соприкосновению с пропеллерами, когда люди хватают ее. Наконец, клетка должна минимально нарушать поток воздуха через пропеллеры.

Чтобы минимально повлиять на поток воздуха от пропеллеров и уменьшить лобовое сопротивление при взлете и посадке, толщина решетчатых струн должна быть сведена к минимуму. Мультикоптеры обычно летают в различных направлениях и наклонах в рамках одной миссии. Таким образом, струны должны иметь симметричное поперечное сечение, чтобы поддерживать одинаковый коэффициент лобового сопротивления независимо от положения. Для выполнения этого требования было выбрано круглое поперечное сечение. Чтобы уменьшить лобовое сопротивление, толщина цилиндров должна быть сведена к минимуму, но более тонкие цилиндры более гибкие и могут позволить клетке деформироваться при контакте с вращающимися пропеллерами. Следовательно, этот компромисс требует изучения соответствующей толщины и выбора материалов. Для этого необходимо определить силы, прикладываемые к клетке, когда БПЛА летит близко к людям и во время посадки с рук.

Чтобы выполнить вышеупомянутые требования, было разработано струнная клетка, вдохновленная теннисной ракеткой, которая состоит из жесткого каркаса и натянутых струн, которые обеспечивают жесткость с очень малой деформацией по отношению к жесткости натянутых струн.

Плотность сетки. Плотность клетки была рассчитана таким образом, чтобы зазоры в клетке были достаточно малы, чтобы ребенок не мог просунуть в клетку пальцы. В качестве эталона были выбраны статистические данные о мизинце трехлетнего ребенка и использован диаметр кончиков пальцев (дистальные фаланги). Диаметры варьировались от 9 до 10 мм. Более того, для повышения безопасности из этого диаметра был вычтен один миллиметр. Результирующее максимальное открытое

пространство в сетке составляет 8 мм. Такая плотность гарантирует безопасность БПЛА при использовании рядом с детьми.

Жесткость каркаса и решетки. Отличительной чертой безопасности мультикоптера является достаточная безопасность для пользователя, чтобы поймать транспортное средство в полете. Поэтому в этой статье используется сценарий посадки в руки в качестве цели обеспечения безопасности пользователей. Пара вытянутых рук может выдержать нагрузку до 20 кг без риска получения травмы. При посадке с рук к предельному весу брутто транспортного средства доставки применяется коэффициент запаса прочности, равный 5. Было сосредоточено на трех возможных ситуациях посадки с рук. В первый раз БПЛА захватывается с боков, между открытыми ладонями пользователя, прижатыми к БПЛА. Здесь силы трения f, возникающие между ладонями и клеткой, несут вес БПЛА W. Следовательно, требуемое контактное нормальное усилие FN, прикладываемое ладонями пользователя, составляет W/(2μ) и составляет независимо от площади поверхности ладоней. Например, а 2,5-килограммовый БПЛА с коэффициентом трения μ 0,7 (между человеческой кожей и полиэфирным материалом), требуемое нормальное усилие FN составляет 17,5Н. Следовательно, поскольку клетка удерживается двумя руками, максимальное усилие, которое 2,5-килограммовая клетка должна выдержать без деформации, составляет 35 Н.

Далее пользователь захватывает БПЛА обеими ладонями, в основном пальцами. Чтобы определить силы захвата, действующие на клетку, когда пользователь захватывает БПЛА, предполагается, что вес БПЛА приходится на мышцы рук пользователя. Исследование, проведенное в [22], показало, что максимальная средняя сила захвата, прикладываемая ладонями при захвате объекта, составляет от 3,5 до толщина 9,5 см. Например, для клетки толщиной 7,5 см среднее прилагаемое усилие захвата составляет около 300 Н. Величина силы захвата также показывает тенденцию к снижению по мере увеличения толщины. Следовательно, БПЛА, который толще, будет испытывать меньшую силу захвата при посадке на руки.

Таким образом, 300 Н (2 Fg) было бы консервативным приближением силы, которую пользователь приложил бы при захвате мультикоптера с посадочной клеткой толщиной более 7,5 см.

В результате БПЛА приземляется поверх вытянутых ладоней пользователя перпендикулярно его телу. Здесь конструкция БПЛА должна быть способна выдерживать собственную весовую нагрузку W. Поскольку здесь ситуация сопоставима со второй, когда усилие прикладывается к каркасу клетки, и является наименее требовательной с точки зрения приложенного усилия.

Обсуждения.

Расчеты сопротивления сетки. Сопротивление, создаваемое сеткой в потоке скольжения винта и в набегающем воздушном потоке во время крейсерского полета, может быть рассчитано с использованием коэффициента сопротивления для препятствий в кильватерном следе, называемого коэффициентом потери кильватерного следа [23]. Коэффициент потери следа для препятствий цилиндрической формы может быть записан как:

$$C_{dw} = \beta \cdot C_{d,} \quad (1)$$

где β - коэффициент блокировки:

$$\beta = \frac{\text{проектируемая площадь загораживающих цилиндров}}{\text{общая площадь следа}} \quad (2)$$

Cd - коэффициент лобового сопротивления цилиндров [24], [25], который является функцией их локальных чисел Рейнольдса. Проектируемую площадь загораживающих цилиндров можно рассчитать, зная расстояние между струнами и диаметр струн.

Число Рейнольдса может быть рассчитано из:

$$Re = \frac{\rho \cdot u \cdot L}{\mu}, \quad (3)$$

где ρ - плотность воздуха (1,225 кг/м3);

u - скорость воздуха относительно объекта, препятствующего потоку [м/с];

L - характерный линейный размер [м];

а μ - динамическая вязкость воздуха (18,5 мкПа с).

При малых диаметрах цилиндров (0,1–1 мм) и низких скоростях полета (25 м/с) локальный коэффициент лобового сопротивления обычно находится в диапазоне от 0,95 до 1,65 [25].

Из-за равномерной плотности сетки фактором засорения является просто плотность сетки. Это означает, что он не зависит от зоны бодрствования. Объединяя это с коэффициентом лобового сопротивления, Cd дает коэффициент потерь в следе. В случае, когда коэффициент потери следа слишком высок, диаметр струны следует уменьшить и подобрать более прочный материал, обеспечивающий достаточную прочность.

Заключение.

Был описан новый подход к повышению безопасности и аэродинамической эффективности мультикоптера воздушной доставки за счет использования компактной, плотной клетки и трансформирующихся рычагов. Клетка изготовлена из плотной сетки, которая предотвращает доступ пальцев к вращающимся пропеллерам. Во время короткого периода взлета и посадки пропеллеры убираются в клетку, чтобы обеспечить безопасность людей и БПЛА. Во время крейсерского полета на большой высоте рычаги квадрокоптеров выдвигаются из каркаса для повышения аэродинамической эффективности. Рычаги, размещенные снаружи каркаса, увеличивают подъемную силу на 0,6 кг, что на 21% больше по сравнению с тем, что находится внутри каркаса (устраняя 10% и 11% лобового сопротивления каркаса и перекрывающихся пропеллеров соответственно). Масса компонентов, используемых для развертывания манипулятора, составляет 0,169 кг, что составляет 6% от общей массы БПЛА. Это приводит к экономии чистой подъемной силы на 15% или 0,43 кг по сравнению с тем, когда руки убраны. Этот дополнительный подъемник может быть использован для перевозки батарей большего размера или более тяжелого груза. Более того, размещение пропеллеров и двигателей на большем расстоянии друг от друга повышает устойчивость квадрокоптера и уменьшает усилия по управлению при маневрировании БПЛА, что, в свою очередь, приводит к дополнительной экономии энергии. Вес клетки составляет 0,37 кг, что составляет всего 15% от общей массы БПЛА. С точки зрения дизайна, это ограничение по весу является разумным (эквивалентно весу элемента питания), учитывая дополнительную безопасность для людей и повышенную функциональность, обеспечиваемую посадкой вручную.

Кроме того, клетка может быть оптимизирована, а процентное значение может быть дополнительно уменьшено. Объем хранения БПЛА уменьшается на 55%, когда рычаги возвращаются в клетку, что облегчает хранение и транспортировку БПЛА к месту развертывания.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Д. Флореано, Р. Вуд. Наука, технология и будущее малых автономных дронов // Nature. – 2015. - Т. 521, № 7553. - С. 460-466.

[2] Дж. К. Столарофф, К. Самарас, Э. Р. О'Нил, А. Люберс, А. С. Митчелл, Д. Цеперли. Использование энергии и выбросы парниковых газов в жизненном цикле дронов для коммерческой доставки посылок // Nature Communun. – 2018. - Т. 9, № 409.

[3] Р. Андреа. “Гостевая редакционная статья могут ли дроны доставить?” IEEE Trans. Автомат. Sci. Eng. – 2014. – Т. 11, № 3. - С. 647-648.

[4] Грань. “Беспилотные летательные аппараты Alphabet project wing доставят буррито в австралийские дома // https://www.theverge.com. 01.2019.

[5] Пересмотр модели воздушного пространства для безопасной интеграции систем малых беспилотных летательных аппаратов//https://www.utm.arc.nasa.gov/docs /Amazon_Revising. 07.2015.

[6] Д. Мурманн. Исследовательская летная кампания DHL parcelcopter 2014 для экстренной доставки лекарств // https://www.icao.int/Meetings/RPAS/RPAS Симпозиум представительство. 2015.

[7] А. Клапток, А. Бриод, Л. Далер, Дж. К. Зуффери, Д. Флореано, “Защита от столкновений пружин Эйлера для летающих роботов”, в Proc. IEEE Int. Конф. Интеллект. Система роботов. - 2013. - С. 1886-1892.

[8] А. Бриод, П. Корнатовски, Дж. К. Зуффери и Д. Флореано, “Летающий робот, устойчивый к столкновениям”, J. F. Robot. - 2014. - Т. 31, № 4. - С. 496-509.

[9] П. М. Корнатовски, С. Минчев и Д. Флореано, “Грузовой беспилотник, вдохновленный оригами”, в Прок. IEEE Int. Конф. Интеллект. Robots Syst. - 2017. - С. 6855-6862.

[10] А. Калантари и М. Спенко, “Проектирование и экспериментальная проверка HyTAQ, гибридного наземного и воздушного квадрокоптера”, в Proc. Международный стандарт IEEE. Конф. Робот. Автореф. - 2013. - С. 4445-4450.

[11] С. J. Салаан, К. Тадакума, Ю. Окада, Э. Такане, К. Оно, С. Та-Докоро, “Беспилотный летательный аппарат с двумя пассивными вращающимися полусферическими оболочками для физического взаимодействия и силовой привязки в сложной среде”, в Proc. IEEE Int. Конф. Робот. Авт. - 2017. - С. 3305-3312.

[12] К. Дж. Салаан, К. Тадакума, Ю. Окада, Ю. Сакаи, К. Оно, С. Тадокоро, “Разработка и экспериментальная проверка летательного аппарата с пассивной вращающейся оболочкой на каждом роторе”, IEEE Robot. Автомат. Письмо. 2019. - Т. 4, № 3. - С. 2568-2575.

[13] П. Абтахи, Д. Я. Чжао, Л. Э. Джейн, Дж. А. Ландей, “Беспилотник рядом со мной: исследование сенсорного взаимодействия человека и дрона”, в Proc. ACM взаимодействуют. Толпа. Носимые повсеместные технологии. – 2017. - Т. 1, № 3. - С. 1-8.

[14] Дж. Салаан, Ю. Окада, К. Ходзуми, К. Оно, С. Тадокоро, “Улучшение летных характеристик БПЛА за счет уменьшения силы сопротивления сферической оболочки”, в Proc. IEEE Int. Конф. Интеллект. Система роботов. - 2016. - С. 1708-1711.

[15] Р. Махони, В. Кумар, П. Корк, “Мультироторные летательные аппараты: моделирование, оценка и управление квадрокоптером”, IEEE Robot. Автомат. Журнал. - 2012. – Т. 19, № 3. - С. 20-32.

[16] Х. Маэда, М. Окаути, Ю. Симада, “Модель для анализа удара между теннисной ракеткой и мячом”, ISBS-Conf. Прок. Архив. – 2000. - Т. 1, № 1. - С. 35-38.

[17] Североамериканская бокс-черепаха // https://zoomed.com/north-american-box-turtle. 07.2019.

[18] Проект "Ной". “Богато украшенная коробчатая черепаха // https: //www.projectnoah.org/spottings. 07.2019.

[19] Д. М. Брэмбл, “Кинезис оболочки Эмидид: биомеханика и эволюция”, в Proc. Copeia. - 1974. - С. 707-727.

[20] П. М. Корнатовски, М. Феросхан, У. Стюарт, Д. Флореано, “Обратная сторона вверх: переосмысление положения посылки для воздушной доставки”, IEEE Robot. Автомат. Письмо. - 2020. - DOI: 10.1109/LRA.2020.2993768.

[21] Б. Хоэндорф и др., “Длины, обхваты и диаметры детских пальцев в возрасте от 3 до 10 лет”, Анналы анатомии-Anatomischer Anzeiger. - 2010. - Т. 192, № 3. - С. 156-161.

[22] Р. Г. Снайдер, “Физические характеристики детей, связанные со смертью и травмами при проектировании безопасности потребительских товаров”, Респ. № PB-242 221/ 0GA.- 1975. - С. 241.

[23] У. Ф. Линдси, “Сопротивление цилиндров простых форм”, NACA. Бостон, Массачусетс, США, Годовой отчет 619, 1938.

[24] М. Маллик, А. Кумар, Н. Тамболи, А. Кулкарни, “Исследование коэффициента лобового сопротивления для потока, проходящего мимо цилиндра”, Int. J. Civil Eng. Res. -2014. - Т. 5, № 4. - С. 301-306.

[25] RCbenchmark.com//https://www.rcbenchmark.com/pages/series-1580-thrust-stand-dynamometer. 03.2019

Марина Қалекеева, магистр, сеньор-лектор, Академия гражданской авиации, Алматы, Казахстан, kalekeeva.m@mail.ru

Индира Асильбекова, к.т.н., профессор, Академия гражданской авиации, Алматы, Казахстан, a.indira71@mail.ru

Айнұр Абжапбарова, к.т.н., ассоциированный профессор, Академия гражданской авиации, Алматы, Казахстан, ainur.abzhapbarova@mail.ru

АДАМДАРҒА ЖАҚЫН ЖЕРДЕ ҚАУІПСІЗ ҰШУҒА АРНАЛҒАН ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТЫ

Аңдатпа. Бүгінгі күні логистикалық компаниялар пайдаланатын ұшқышсыз ұшу аппараттары (ұшқышсыз ұшу аппараттары) экрандалмаған бұрандалармен жабдықталған, бұл пакеттерді қолдан қолға жеткізуге үлкен кедергі болып табылады. Ашық винт қалақтары бейхабар адамдар, үй жануарлары және дайын емес пайдаланушылар үшін қауіпті. Қауіпсіздік шешімдерінің бірі-ұшқышсыз ұшу аппараттарына жан-жақты қорғаныс қабығын орнату. Дегенмен, қолданыстағы сепаратор конструкцияларының конструкциялары тиімділікті төмендетпеу үшін пропеллердің ауа ағынының кедергісін азайту үшін төмен тығыздыққа ие. Тордағы салыстырмалы түрде үлкен тесіктер қолдар мен саусақтарды жылдам айналатын бұрандалардан қорғамайды. Мұнда мақалада қауіпсіздік пен аэродинамикалық тиімділікке жоғары тығыздықтағы жақтау және қорап тасбақасынан шабыттандырылған түрлендіргіш тұтқалар арқылы жаңа көзқарас сипатталған. ҰҰА торы тығыз және жеңіл тордан жасалған. Адамдарға жақын ұшу кезінде тұтқалар мен бұрандалар алынып тасталады және корпустың ішіне толығымен тығыздалады, бұл ұшқышсыз ұшуды қауіпсіз етеді, сонымен қатар жалпы аумақты азайтады. Адамдар мен заттардан алыс круиздік биіктікте ұшқанда, тұтқалар мен бұрандалар қорғаныс торынан асып түседі, бұл аэродинамикалық тиімділікті 20% - дан астам арттырады.

Түйінді сөздер. Әуе жүйелері, қосымшалар, интеллектуалды көлік жүйелері, логистика.

Marina Kalekeyeva, magistr, senior lecturer, Academy of Civil Aviation, Almaty, Kazakhstan, kalekeeva.m@mail.ru

Indira Asilbekova, candidate of technical sciences, professor, Academy of Civil Aviation, Almaty, Kazakhstan, a.indira71@mail.ru

Ainur Abzhapbarova, candidate of technical sciences, associate professor, Academy of Civil Aviation, Almaty, Kazakhstan, ainur.abzhapbarova@mail.ru

UNMANNED AERIAL VEHICLE FOR SAFE FLIGHT IN CLOSE PROXIMITY TO PEOPLE

Abstract. Unmanned aerial vehicles (UAVs) for delivery, used today by logistics companies, are equipped with unshielded propellers, which represent a serious obstacle to the delivery of parcels from hand to hand. Open propeller blades are dangerous for unsuspecting passers-by, pets and untrained users. One of the security solutions is to install a comprehensive protective shell on the UAV. However, the designs of existing separator designs have a low density to minimize obstruction to the propeller airflow so as not to reduce efficiency. Relatively large holes in the cage do not protect hands and fingers from rapidly rotating propellers. Here, the article describes a new approach to safety and aerodynamic efficiency using a high-density frame and transformable levers inspired by the box turtle. The UAV cage is made of dense and lightweight mesh. When flying in close proximity to people, the levers and propellers are removed and completely sealed inside the body, which makes the UAV safe and also reduces the total area occupied. When flying at cruising altitude away from people and objects, the levers and propellers extend beyond the protective mesh, which increases aerodynamic efficiency by more than 20%.

Keywords. Aerial systems, applications, intelligent transportation systems, logistics.

****

ӘОЖ 621.878/879.06 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-54-62**

Р.А.Козбагаров[1]✉, М.С.Жиенкожаев[2], Н.С.Камзанов[3], Т.С.Бекетов[3], С.К.Кожатаев[3]
[1]Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан
[2] Баишев университеті, Ақтөбе, Қазақстан
[3]Satbayev University, Алматы, Қазақстан
E-mail: ryctem_1968@mail.ru

АВТОГРЕЙДЕР ҚАЙЫРМА КҮРЕГІНІҢ КЕСУ ЭЛЕМЕНТТЕРІН ТОЗУҒА ТӨЗІМДІЛІГІН ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП ЖЕТІЛДІРУ

Аңдатпа. Жұмыста шешілген негізгі мәселелер: автогрейдерлерді жетілдірудің негізгі тенденцияларын анықтау мақсатында олардың жұмыс органдары параметрлерінің өзара байланыстылығы статистикалық әдіспен зерттелген. Патенттік шешімдерді талдау әдісімен автогрейдерлердің жұмыс органдарының келешекте ең тиімді конструкциялары мен оларды жетілдіру жолдарының негізгі бағыттары көрсетілген. Пышақтың еңкіш бұрышы мен тозуын ескере отырып, топырақты пышақтың жеке тік және екі көлбеу кесу қырымен қазу кезіндегі қарсы күштерді есептеу формулалары шығарылған. Қайырманың кесу бөлшектерінің тозу заңдылықтары зерттелген және тозудың жұмыс органдарының параметрлері мен өнімділікке әсері анықталған. Тозу өлшемінің шегі дәлелденіп көрсетілген.

Жүргізілген зерттеу жұмыстарының негізінде автогрейдерлердің жұмыс жабдықтарына деген талаптар анықталған және көп ретті пайдаланылатын пышақ конструкциялары жасалған, әрі оларлы бірыңғай ауыстырудың реті көрсетілген. Мұндай тәсіл машина өнімділігін 10...15%-ке арттырады және пышақтардың салыстырмалы ресурстарын 3...4 есе өсіреді.

Түйінді сөздер. Автогрейдер, кескіш элемент, топырақ, қайырма күрек, кесу.

Кіріспе.

Құрылыстың жалпы көлеміндегі жер жұмыстарының айтарлықтай үлесі бар. Жыл сайын ТМД бойынша 15 млрд.м^3 астам жер жұмыстары, оның ішінде Қазақстан Республикасы бойынша - 800 млн. м^3 астам жер жұмыстары орындалады

Осындай үлкен көлемді жұмыстарды жүзеге асыру жер қазатын-тасымалдайтын машиналарының (ҚТМ), атап айтқанда, темір жолдар, автомобиль жолдары мен аэродромдар құрылысында кеңінен қолданылатын автогрейдерлердің өндірістік көрсеткіштерін арттыруды өзекті және тиімді етеді.

Пайдалану барысында автогрейдерлердің кескіш элементтері (КЭ) абразивтік ортамен тікелей жанасатын бөлшектер ретінде айтарлықтай тозуға ұшырайды. Ұзақ мерзімді теориялық және эксперименттік зерттеулермен белгіленген КЭ оңтайлы геометриялық формалары мен өлшемдері абразивті тозуға байланысты айтарлықтай өзгереді, бұл энергия, материалдық және еңбек ресурстарының қымбаттауына әкеледі.

Зерттеулер [1,2] 70...80%-ы көрсеткендей ҚТМ паркінің, оның ішінде автогрейдерлер де тозған КЭ-мен жұмыс істейді. Бұл ретте, автогрейдерлердің өнімділігі қозғалтқыштың қуат қорымен қамтамасыз етіледі, бірақ олар экономикалық тиімсіз режимде жұмыс істесе де, тораптар мен бөлшектерге жүктеменің оңтайлымен салыстырғанда артуымен, отын шығынының артуымен, сайып келгенде, топырақты әзірлеу өзіндік құнын арттырады.

Материалдар мен тәсілдер.

Іс жүзінде рұқсат етілген КЭ ҚТМ тозуы кесу күшінің 3...4 рет ұлғаюына әкеледі, кесу процесінің энергия сыйымдылығы 1,4...3 рет, топырақты өңдеу құны 8...15% өнімділік 10...30% төмендеген кезде. Бұл бүкіл машинаның кернеу күйінің жоғарылауына әкеледі және оның жұмыс сенімділігін төмендетеді. КЭ-нің шамадан тыс тозуы экономикалық мақсатқа сәйкес келмеуіне немесе машиналарды одан әрі пайдалану мүмкін еместігіне әкеледі.

Топырақ кесудің энергия сыйымдылығының артуына әкелетін КЭ ҚТМ қарқынды тозуы оларды жиі ауыстыруды қажет етеді, бұл кезде қымбат тапшы металдың көп бөлігі сынықтарға түседі. Сондықтан ҚТМ тиімділігін арттырудың негізгі бағыттарының бірі алынбалы құралдың тозған бөлігін орындау, кесу процесінің энергия сыйымдылығын азайту және тозуға төзімділікті арттыру арқылы металл сыйымдылығын төмендету арқылы КЭ конструкцияларын жетілдіру болып табылады.

Корреляциялық талдау әдісімен автогрейдерлердің жұмыс органдарының маңызды параметрлерін анықтау бойынша теориялық зерттеулер жүргізілді.

Автогрейдерлердің 282 моделінің 5600-ден астам параметр мәндерін қамтитын ЖЭЕМ ақпараттық деректер банкін өңдеу арқылы келесі нәтижелер алынды:

- жұптық корреляция теңдеулері алынды, ал негізгі параметр - орнатылған қозғалтқыштың қуаты, басқа параметрлермен ең корреляцияланған;

- қозғалтқыштың қуатымен бір уақытта өзгеретін [3] пышақтың жеті параметрін байланыстыратын регрессия теңдеуі алынды:

$$N=-1{,}84\cdot10^{-11}+1{,}21\cdot10^{-15}Bo-1{,}27\cdot10^{-16}Ho-1{,}81\cdot10^{-15}Hz+4{,}67\cdot10^{-14}Hr-$$
$$-4{,}92\cdot10^{-16}Zv+0{,}002Po-1{,}26\cdot10^{-15}C. \quad (1)$$

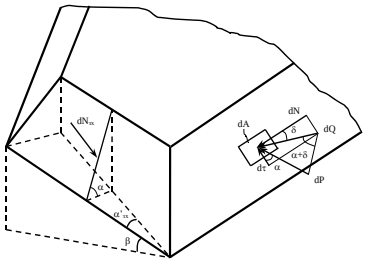
Алынған регрессия теңдеулері пышақтың зерттелген параметрлерінен пышақты басатын күш (пышақтың гидроцилиндрлеріндегі күш), яғни топырақтың кесілуін қамтамасыз ететін күш, оның мәні КЭ тозуымен тығыз байланысты екенін көрсетті.

Бұл КЭ тозу заңдылықтарын зерттеудің және оларды қайырма күректерді құрастыру және пайдалану кезінде пайдаланудың маңыздылығын растайды.

Автогрейдерлердің патенттік ақпаратын талдау нәтижелері қарастырылады. Патенттік ақпараттың морфологиялық жіктелуі жасалды [3], оны жүйелеуге мүмкіндік берді.

Жіктеуіш бойынша жиналған және жүйеленген патенттік ақпаратты өңдеу үшін, атап айтқанда жіктеудің әрбір белгісі бойынша патенттеу қарқынын айқындау мақсатында регрессия теңдеулерін алу үшін ЖЭЕМ қолданылды.

Ақпараттық массивтерді өңдеу негізінде автогрейдерлердің пышақтары бойынша патенттеу динамикасының математикалық модельдері, оларды бекіту әдісі мен құрылымдары алынды, бұл автогрейдерлердің жұмыс органдарын жетілдірудегі негізгі тенденцияларды және олардың болашағын, сондай-ақ жеке құрылым шешімдерінің болашағы мен маңыздылығын анықтауға мүмкіндік береді.



1 сурет - Пышақтың жұмыс кесетін қырларына әсер ететін күштер схемасы

Топырақты көпбұрышты пышақтармен кесудің негізгі кезеңдерінің теориялық дамуы қарастырылады, олар үш немесе екі іргелес кесетін беттермен бір уақытта тікелей және қиғаш кесу мүмкіндігін ескереді. 1-суретте келтірілген пышақтың жұмыс схемасы жасалды және оның негізінде топырақтың кесу кедергісінің өзгеруін КЭ пышағының құрылымына әсер етуі мүмкін бірқатар факторларға, яғни оның пышақтарына байланысты сипаттауға мүмкіндік беретін формулалар алынды.

Автогрейдер пышағының кесу бөлігін құрайтын [4] пышақтармен кесуге топырақтың кедергісіне әсер ететін негізгі параметр пышақтың бүйір жұмыс бетінің қармау бұрышы болып табылады.

Пышақтың тік күйінде топырақты кесудің ең жоғары тиімділігі (оның түсіру бұрышы $\delta_{зх} = 90^0$ болған кезде) пышақтың бүйірлік жұмыс бетін ұстау бұрыштарына $\delta_{зх} = 90^0$ сәйкес келеді.

Пышақтың көлбеу бұрышы β топырақтың кесуге төзімділігіне де әсер етеді. Оның өсуімен бұл мән азаяды. Бірақ β параметрі конструктивті емес, бірақ автогрейдердің технологиясына байланысты.

Пышақтың бұрышын ескере отырып, бір түзу және екі көлбеу кесу жиектері бар пышақпен кесуге топырақтың кедергісін есептеу формуласы P көрсетілген. Сондай-ақ, бір түзу беттің жұмысымен салыстырғанда осындай пышақты қолдану кезінде топырақтың кесуге төзімділігін төмендету коэффициентін есептеу формуласы алынды.

Топырақтың тозуын ескере отырып, пышақпен кесуге төзімділігін есептеу формуласы көрсетілген:

$$P_{Pк} = B_п \cdot \left[(h-S) \cdot \left(1 + f \cdot \sqrt{\frac{1}{\sin^2 \alpha} - 1} \right) + \frac{r}{\cos 45^0} \cdot \left(1 + f \times \sqrt{\frac{1}{\sin^2 (\varphi + 45^0)} - 1} \right) + a \cdot \left(1 + f \cdot \sqrt{\frac{1}{\sin^2 \varphi} - 1} \right) \right] \times$$
$$\times \frac{1 - \sin \rho \cdot \cos 2\varphi_н}{1 + \sin \rho \cdot \cos 2\varphi_н} \left\{ 3 \cdot C_o \cdot \cos \rho + \gamma_п \cdot \left[\frac{h-S}{2} + \frac{r \cdot \sin(\varphi + 45^0)}{2 \cdot \cos 45^0} + \frac{a \cdot \sin \varphi}{2} \right] \right\} + 2 \cdot \left[K_г \cdot B_к \cdot h \cdot \mu + \varepsilon \cdot B_к \cdot h \cdot \mu \cdot \upsilon^2 \right] \quad (2)$$

Бұл тозу алаңдарының пайда болуы кесуге төзімділікті едәуір арттыратынын көрсетеді. Алайда, бұл формуланы тиімді пайдалану үшін пышақтың тозу заңдылықтарын зерттеу қажет.

Пышақтың ені және оның беттері, ең алдымен, пышақтың пышағын өңдеу процесін реттеуге, атап айтқанда, оның тозу процесіне әсер етеді. Пышақтың ұзындығы бойынша біркелкі емес тозуын көрсететін өндірістік бақылаулар жүргізілді. Пышақтың ең тозған бөліктерін дәйекті өзгерту әдісі ұсынылады. Пышақтардың ені пышақтың осындай аймақтарға оңтайлы бөлінуін қамтамасыз етуі керек. Бұл жағдайда критерий пышақтарды өңдеуге арналған шығындар болып табылады. Пышақтағы пышақтардың оңтайлы саны 20...25 сәйкес келетіні анықталды. Тиісінше, пышақ бетінің ені 120...150 мм аралығында болуы керек, ал негізгі жұмыс бетінің ені мен пышақтың бүйір жұмыс бетінің енінің қатынасы $B_к/B_п$=0,4…0,6.

Берілген «S» өлшемін құрайтын тозудың геометриялық элементтерінің өзгеру заңдылықтарын зерттеудің екі мақсаты болды:

1) Олардың өзара байланысын орнатыңыз және осы негізде берілген мөлшерді сипаттайтын және практикалық қолдануға ыңғайлы формулалардың ең аз санын алымыз.

2) КЭ тозуының топырақты кесу тиімділігіне әсерін белгілеу және автогрейдер жұмыс істеген кезде КЭ тозуының шекті рұқсат етілген шамасын анықтау.

2-суреттен мынаны көруге болады

$$S=bc+cd+de= r \cdot \cos\alpha + r \cdot \cos\varphi + a \cdot \sin\varphi \text{ или } S=r(\cos\alpha+\cos\varphi)+a \cdot \sin\varphi . \quad (3)$$

Өндірістік сынақтар нәтижесінде түрлі топырақтардағы автогрейдерлер қайырма күректерінің тозуының геометриялық параметрлерінің өзгеру заңдылықтары анықталды. Тиісті теңдеулер алынды.

Белгіленген тәуелділіктерді ескере отырып, ҚР неғұрлым кең таралған топырақтары үшін формула (3) былайша түрлендірілуі мүмкін:

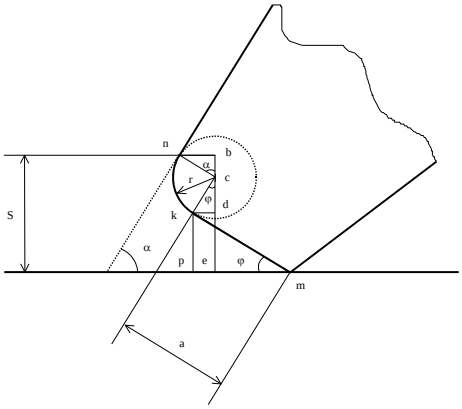
- құмдақтар үшін:

$$S = (2{,}7 + 0{,}026 \cdot V) \cdot (2{,}13 + \cos\alpha), \quad (4)$$

- сазды топырақтар үшін:

$$S = (2{,}7 + 0{,}030 \cdot V) \cdot (1{,}66 + \cos\alpha). \quad (5)$$

Алынған формулалар бойынша есептеулер нәтижелері өлшеу нәтижелерімен қанағаттанарлық ұқсастықты береді.



2 сурет - Тозудың келтірілген мөлшерін анықтауға арналған геометриялық схема

Жүргізілген эксперименттер негізінде «*r*» және «*a*» тозу элементтерінің «*S*» - ге тәуелділігі алынды, бұл топырақтың кесуге төзімділік күштерін анықтау үшін жалпы формулаларды нақтылауға және нақтылауға мүмкіндік берді. Есептеу тозу өсуінің топырақтың кесуге төзімділігін арттыруға айтарлықтай әсерін көрсетті.

«*S*» өлшемінің өзгеру заңдылықтарын және автогрейдерлердің өнімділігін салыстыру олардың тығыз байланысын көрсетті. Келтірілген мөлшердің *S* =30 мм мәніне дейін ұлғаюы II және III санаттағы топырақтарда өнімділіктің екі еседен астам төмендеуіне әкелетіні анықталды. Сонымен қатар, жоғарыда айтылғандай, қайырма күректердің көпшілігі пышақтардың едәуір тозуымен жұмыс істейді, яғни топырақтың ең көп жұмыс істеуі қатты тозған пышақтармен жасалады.

«*S*» пышағының тозуының келтірілген мөлшерінің шамасына және тиісті тозу кезіндегі топырақтың жұмыс істеу шамасына байланысты топырақты игерудің өзіндік құнының өзгеруін зерттеу ең төменгі өзіндік құнға сәйкес келетін «*S*» мәндерінің бар екенін көрсетті. Мұндай мәндерді рұқсат етілген мәндерге қабылдау автогрейдерлердің жұмыс процесін оңтайландыруға мүмкіндік береді.

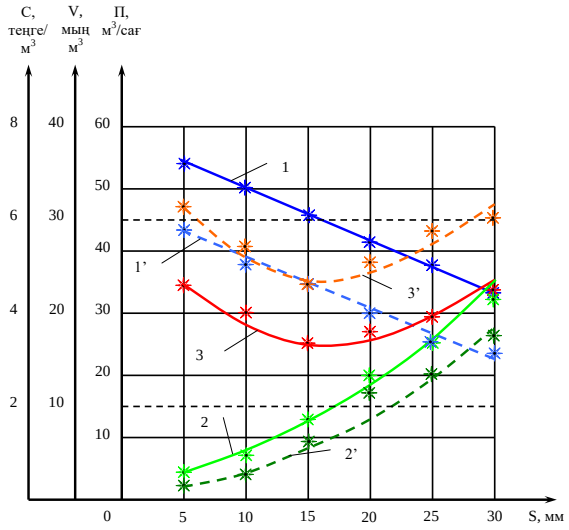
Нәтижелер.

3-суретте II және III санаттағы топырақтарға жоғарыда көрсетілген тәуелділіктердің графиктері көрсетілген. Өзіндік құн қисықтарының *S*≈15 мм ең төменгі мәніне сәйкес келетін айқын экстремумы бар екендігі байқалады. алынған мәліметтер пышақтың *S*=15 мм жұмыс істеу критерийі ретінде қабылданған жөн екенін көрсетеді, бұл кейбір жағдайларда тозудың *S*=18…20 мм-ге дейін артуына мүмкіндік береді.

Төменде алты қырлы пышақтың құрылымы және осы пышақ негізінде жасалған қайырма күректің кесу бөлігінің құрылымы сипатталған. Пышақтың құрылымы алдыңғы тарауларда сипатталған және 2-кестеде жинақталған зерттеулермен белгіленген автогрейдерлердің тиімділігіне әсер ететін параметрлердің оңтайлы мәндеріне байланысты болды.

Бес, алты, жеті және сегіз қырлы плиталар түріндегі пышақтардың зерттелген формаларының ішінен алтыбұрышты пышақ 2-кестеде келтірілген параметрлердің оңтайлы мәндеріне сәйкес келеді.

Алайда, мұндай пышақтың шекті шамасын нақтылау қажет болды. Салыстырмалы сынақтардағы кейінгі өндірістік тәжірибелер осы шаманың бұрын стандартты пышақтар үшін белгіленген мәндерге сәйкестігін анықтауға мүмкіндік берді: S =15...20 мм.



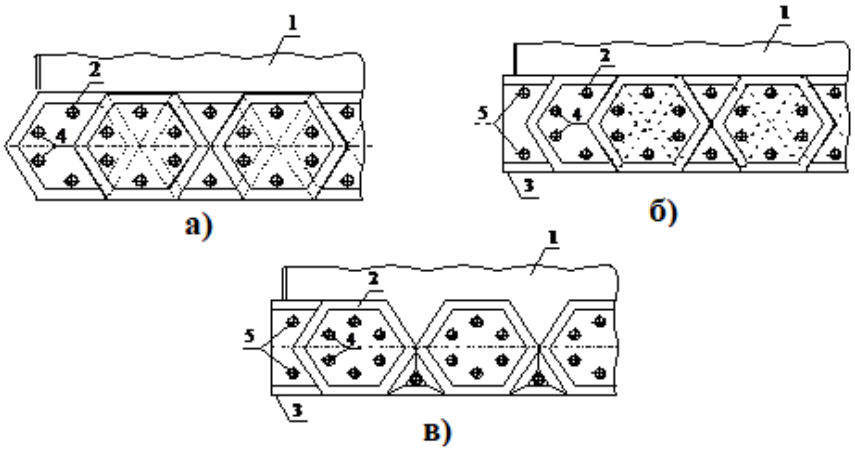
3 сурет - II және III санаттағы топырақтардағы өнімділіктің, атқарымның және игерудің өзіндік құнының өзгеруінің келтірілген тапталу мөлшеріне тәуелділігі: 1 - II санаттағы топырақтарды өңдеудегі өнімділік; 1’ - III санаттағы топырақтарды өңдеудегі өнімділік; 2 - II санаттағы топырақтарды атқарым; 2’ - III санаттағы топырақтарды атқарым; 3 - II санаттағы топырақты игерудің өзіндік құны; 3’ - III санаттағы топырақты игерудің өзіндік құны

1 кесте - Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде орнатылған автогрейдер қайырмасының пышақтары мен кесу бөлігінің параметрлерінің оңтайлы мәндері

№	Қайырма күректің немесе пышақтың кесу бөлігінің параметрлері	Параметрдің оңтайлы мәні
	I. Конструктивтік параметрлері	
1.	Топырақты қайырмамен тікелей кескен кезде пышақтың бүйір қырын ($\alpha'_{зх}$) қармау бұрышы ($\delta_{зх} = 90^0$)	$25^0 \ldots 35^0$
2.	Қайырманың қармау бұрышы өзгерген кезде топырақты бүйір қырлармен көлбеу кесудің неғұрлым кең аймағын қамтамасыз ететін пышақтың пішіні $0<\delta_{зх}<90^0$	алтықырлы
3.	Қайырманың кесу бөлігінің ені	3000 … 3700 мм
4.	Пышақтың ені (қайырмадағы пышақтардың саны)	240…300 мм (20…25 дана)
5.	Пышақтың бүйір бетінің ұстау енінің пышақтың жалпы еніне қатынасы	0,4 … 0,6

II. Технологиялық параметрлері		
1.	Кесу бұрышы α	~ 40^0
2.	Бүйірлік көпбұрышты пышақтармен (n>4) қайырманың көлбеу бұрышы γ	5^0 дейін
3.	Тапталудың шекті мөлшері S	~ 15 мм
4.	Пышақтардың қайырмадағы кескіш қырларын олар тапталған кезде ауыстыру тәртібі	Кезеңмен (аймақ бойынша)

1-кестеден сондай-ақ, алтыбұрышты пышақтар, сондай-ақ басқа да көп қырлы пішінді пышақтар, егер жұмыс сипаты көлбеу бұрышы $\gamma > 5^0$ бар көлбеу позицияны қажет етсе, қайырманың бүйірлік пышақтары ретінде пайдаланыла алмайтындығын көруге болады. Мұнда бүйір беті жұмыс бетіне перпендикуляр болатын пышақтарды қолдану керек. Сондықтан, бұл жағдайда бүйірлік пышақтар ретінде «К»-пішінді пышақтар ұсынылады.



4 сурет - Автогрейдердің қайырмасының кесу бөлігін орындау нұсқалары

Алты қырлы және «К» тәрізді пышақтар негізінде автогрейдер қайырмасының кесу бөлігінің үш конструкциясы әзірленді (4-сурет):

- екі қатарға қайырма күрекке бекітілген алтыбұрышты пышақтармен. Конструкция қайырманың үздіксіз жүзін қамтамасыз етеді және жоспарлау жұмыстары үшін көлденең қайырмамен ұсынылады (4, а сурет);
- ортаңғы және бүйірлік «К» тәрізді пышақтар ретінде екі қатарға қайырма күрекке бекітілген алтыбұрышты пышақтармен. Конструкция үздіксіз жүзді қамтамасыз етеді және қайырманың кез келген еңісінде топырақты кесу үшін ұсынылады (4, б сурет);
- алтыбұрышты, үшбұрышты және «К» тәрізді пышақтар бір қатарға орналастырылған. Конструкция үздіксіз жүзді қамтамасыз етеді және қайырманың кез келген еңісінде топырақты кесу үшін ұсынылады (4, в сурет).

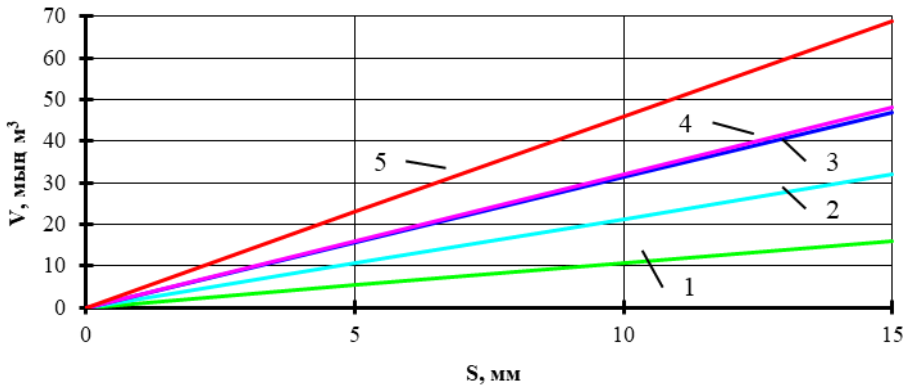
Талқылау.

Салыстырмалы сынақтар нәтижесінде алты қырлы пышақтар жүйелі түрде өзгерген кезде стандартты пышақтармен салыстырғанда өнімділікті 10...15% арттыруға мүмкіндік береді. Пышақтардың ресурсы одан да артады. 5-суретте қазылған топырақ көлемінің пышақтардың сыналған құрылымдары үшін алынған тозудың көрсетілген мөлшеріне тәуелділігі көрсетілген.

Қайырманың кескіш бөлігінің стандартты құрылымен салыстырғанда, төртбұрышты және алтыбұрышты пышақтары бар құрылымдар пышақтың параллель өзгеруімен топырақтың жұмысын сәйкесінше 2 және 3 есе, ал ұсынылған дәйекті өзгеріспен – 3 және 4,3 есе арттырады.

Жұмыс органының параметрлерінен қозғалтқыштың қуатына негізгі әсер қайырманың жерге басу күші әсер ететіні анықталды. Номиналды қуаттың көп бөлігі осы күшті қамтамасыз етуге жұмсалады. Қайырманың басу күші топырақтың кесуге төзімділігіне байланысты, КЭ конструкциясы мен тапталуына байланысты, пышақтардың конструкциясының әсерін және олардың тозу заңдылықтарын, қайырманың кесу бөлігінің конструкцияларын жақсарту және оларды өңдеудің оңтайлы режимдерін әзірлеу мақсатында зерттеудің маңыздылығын дәлелдейді.

Ең маңызды және перспективалы конструкциялар анықталды. Олардың бірі - төрт кесетін жүздері бар төртбұрышты пышақтар, олардың кезектесуі пышақтардың ресурсын арттырады - кесу қырларының санын көбейту бағытында жақсарту үшін негіз ретінде қабылданады. Осылайша, жаңа пышақ төртбұрыштан асатын көпбұрышты пластина түрінде болуы керек екендігі анықталды.



5 сурет - Өндірілген топырақ көлемінің V тозудың келтірілген мөлшеріне тәуелділік графигі S: 1 - стандартты пышақтар; 2 - параллель ауыстыру кезінде төртбұрышты пышақтар; 3 - бірізді ауыстыру кезінде төртбұрышты пышақтар; 4 - параллель ауыстыру кезінде алтыбұрышты пышақтар; 5 - бірізді ауыстыру кезінде алтыбұрышты пышақтар

Қорытынды.

Қайырманы үш құрылымның кескіш бөлігімен – стандартты пышақтармен, төртбұрышты пышақтармен және екі қатарда орналасқан алты қырлы пышақтармен салыстырмалы сынау жүргізілді. Алынған нәтижелер тозған пышақтарды жүйелі түрде ауыстырудың ұсынылған әдісі бойынша өңделген алтыбұрышты пышақпен кесу бөлігінің артықшылығын көрсетті: оның өнімділігі 10...15% - ға жоғары, орташа ресурс стандартты кесу бөлігінің ресурсынан 4 есе жоғары. Ал төртбұрышты пышақтармен салыстырғанда ресурс 1,5 есе жоғары.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Korytov M.S., Shcherbakov V.S., Titenko V.V., Ots D.A. Simulation model for the determination of energy losses during vibrations of the working equipment of a earth-moving machine in the transport mode. Journal of Physics: Conference Series, vol. 1260(11) (2019), 1-10, DOI:10.1088/1742-6596/1260/11/112015;

[2] Kozbagarov R.A., Zhussupov K.A., Kaliyev E.B., Yessengaliyev M.N., Kochetkov A.V., Kamzanov N.C. Development of control suspension of attachment of a bulldozer. News of

the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. Volume 4, Number 442 (2020), 166-174, https://doi.org/10.32014/2020.2518c-170X.97;

[3] Rakhmanov M.L., Saveliev A.G., Mikhailovskaya V.A., Kosov M.A. The method of synthesis of new structural schemes of additional working equipment of the motor grader with the use of graphs and matrices. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Scientific Conference Interstroymeh (ISM 2019) 12th-13th September, Kazan, Russian Federation, 786(1) (2019), 1-10, DOI:10.1088/1757-899X/786/1/012041);

[4] Турдалиев А.Т., Козбагаров Р.А., Абибуллаев А.Н. Влияние износа лезвия ножа автогрейдера на эффективность резания грунта. Алматы, Вестник КазНИТУ, №3 (115), 2016, С.181-184.

Rustem Kozbagarov, candidate of technical sciences, associate professor, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, ryctem_1968@mail.ru

Mahsut Zhiyenkozhayev, candidate of technical sciences, associate professor, Baishev university, Almaty, Kazakhstan, maksut.68@mail.ru

Nurbol Kamzanov, master's degree, Satbayev university, Almaty, Kazakhstan, n.kamzanov@mail.ru

Tasbulat Beketov, master's degree, Satbayev university, Almaty, Kazakhstan, beketov_tasbulat@mail.ru

Sauran Kozhatayev, master's degree, Satbayev university, Almaty, Kazakhstan, kogataev@mail.ru

IMPROVING THE CUTTING ELEMENTS OF THE GRADER BLADE, TAKING INTO ACCOUNT THEIR WEAR RESISTANCE

Abstract. The work contains a research of interdependence of parameters of motor graders working organs by statistical methods with the purpose of detection of the basic tendencies of their development. The basic directions of designing of motor graders working organs and most perspective constructions are detected by a method of analysis of patent solutions. The formulas for account of resistance of ground to cutting by a knife with one direct and two sloping cutting edges with allowance for an angle of declination of a knife and its wear are deduced. The regularities of a wear of the cutting elements of a blade are investigated, its influence to efficiency of work and on parameters of working organs design is detected. The maximum size of wear is determined.

The requirements to motor graders working equipment are defined on the basis of conducted researches, the new constructions of multiple use knives and order of their sequential replacement are developed in correspondence with the research work. It ensures the raise of efficiency of the machine by 10…15 per cent and it increases resource of knives in comparison with a traditional construction 3…4 times as much.

Keywords. Motor grader, cutting element, soil, shovel, cutting.

Рустем Козбагаров, к.т.н., доцент, Академия логистики и транспорта,Алматы, Казахстан, ryctem_1968@mail.ru

Махсут Жиенкожаев, к.и.н., доцент, Баишев университет, Алматы, Казахстан, maksut.68@mail.ru

Нурбол Камзанов, магистр, Satbayev University, Алматы, Казахстан, n.kamzanov@mail.ru

Тасбулат Бекетов, магистр, Satbayev University, Алматы, Казахстан, beketov_tasbulat@mail.ru

Сауран Кожатаев, магистр, Satbayev University, Алматы, Казахстан, kogataev@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ОТВАЛА АВТОГРЕЙДЕРА С УЧЕТОМ ИХ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ

Аннотация. Работа содержит исследование взаимозависимости параметров рабочих органов автогрейдеров статистическими методами с целью выявления основных тенденций их развития. Методом анализа патентных решений выявлены основные направления проектирования рабочих органов автогрейдеров и наиболее перспективных конструкций. Выведены формулы для расчета сопротивления грунта резанию ножом с одной прямой и двумя наклонными режущими кромками с учетом угла наклона ножа и его износа. Исследованы закономерности износа режущих элементов лезвия, выявлено его влияние на эффективность работы и на параметры конструкции рабочих органов. Определяется максимальный размер износа ножа.

На основе проведенных исследований определены требования к рабочему оборудованию автогрейдеров, в соответствии с научно-исследовательской работой разработаны новые конструкции ножей многократного использования и порядок их последовательной замены. Это обеспечивает повышение производительности станка на 10...15% и увеличивает ресурс ножей по сравнению с традиционной конструкцией в 3...4 раза.

Ключевые слова. Автогрейдер, режущий элемент, грунт, отвал, резания.

****

ӘОЖ 621.878/879.06 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-63-71**

Р.А.Козбагаров[1], Ж.К.Жусупов[1], М.А.Жуманов[2], Н.С.Камзанов[3], Т.С.Бекетов[3]
[1]Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан
[2]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
[3]Satbayev University, Алматы, Қазақстан
E-mail: ryctem_1968@mail.ru

ТОПЫРАҚТЫ ИНЕРЦИЯЛЫҚ РОТОРМЕН ТАСЫМАЛДАУДА ЭНЕРГИЯ ШЫҒЫНДАРЫН АНЫҚТАУ

Аңдатпа. Жоғарыдан төмен қарай қазатын ротормен топырақты өңдеу процесі топырақты өз салмағының әсерінен бұзу және жаппай құлату әдісі арқылы пышақтармен массивтен бөлу принципіне негізделген. Жаппай құлаған топырақ жұптасып орналасқан пышақтармен науа бойынша шығарылады да, инерция күштері мен топырақ салмағының әсерінен конвейерге түсіріледі. Осылайша, қазудың жалпы энергия сыйымдылығы кесудің энергия сыйымдылығынан және топырақты конвейерге түсіретін кесу профилі бойынша тасымалдаудың энергия сыйымдылығынан тұрады.

Бұл жұмыста авторлар жылдам қазуды зерттеу нәтижелерін келтіреді және жылдамдықтың әсерін ескере отырып, топырақты инерциялық ротормен (ИР) тасымалдау процесінің энергия шығындарын анықтау әдістемесін ұсынады.

Жұмыста қазу процесінің меншікті энергия сыйымдылығының қазбаны өңдеу кезіндегі жылдамдыққа тәуелділігінің графигін ұсынылған. Бұл графиктен ротор жылдамдығының 2-ден 9 м/сек-қа дейін өзгеруі аралығында қазу процесінің (пышақтар екі қатарлы) меншікті энергия сыйымдылығының 84% - ға, кесу процесінің (пышақтар бір қатарлы) 58% - ға артатынын көруге болады.

Түйінді сөздер. Шөмішті ротор, шөмішсіз ротор, пышақты ротор, инерциялы ротор, қазудың энергия сыйымдылығы.

Кіріспе.

Негізгі жұмыс процестерінің жылдамдығын арттыру жер қазғыш машиналардың ең жоғары өнімділігіне қол жеткізудің перспективалық жолдарының бірі болып табылады. Осыған байланысты, соңғы жылдары жоғары жылдамдықта жұмыс істеуге мүмкіндік беретін жер қазатын машиналардың жұмыс органдарын құру бойынша жұмыстар жүргізілуде.

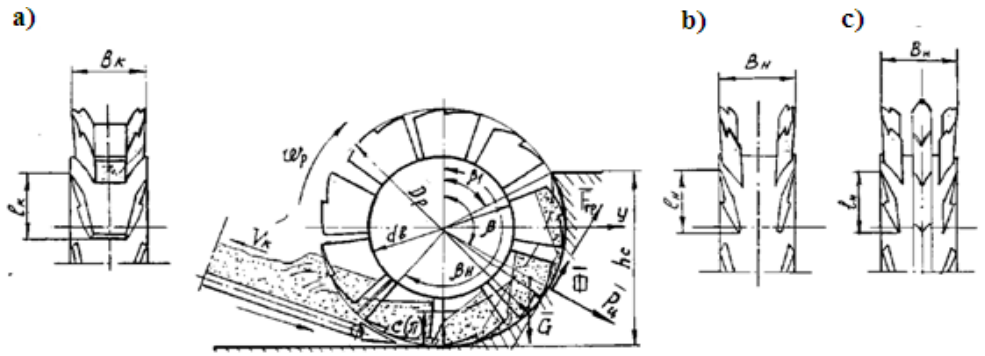
Алайда, жылдамдықты қазу процесінің негізгі көрсеткіштеріне әсер ету мәселелері әлі жеткілікті зерттелген жоқ. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, жылдамдықтың жоғарылауымен топырақты қазу процесінің нақты энергия сыйымдылығы да артады. Бірақ сонымен бірге әртүрлі зерттеушілер белгілеген бұл тәуелділіктің сипаты бірдей емес. Сонымен қатар, көптеген зерттеулер қарапайым кесу элементтерімен жүргізілді және олардың нәтижелері машиналардың жұмыс органдарына таралмайды. Көптеген зерттеулерде қазу процесінің энергия шығыны тұтастай алғанда, құрамдас элементтерге бөлінбестен қарастырылады, бұл жеке факторлардың қазу процесіне әсер ету дәрежесін анықтауға мүмкіндік бермейді. Қазу процесінің энергия шығындарын бөлек анықтаудың қолданыстағы әдістері негізінен шектеулі, жеткілікті дәл емес және таратылмаған.

Топырақ қазу-бұл күрделі процесс, оның барлық факторларын теориялық тұрғыдан ескеру мүмкін емес. Жылдам қазу кезінде қосымша әсер етуші факторлар пайда болады, бұл қазу процесін зерттеуді қиындатады. Бұл мәселе жоғары жылдамдықта жұмыс істеу кезінде, кесу элементтерінің ұтымды формаларын (тістер, пышақтар) таңдағанда және

кесу жылдамдығының кесу жиектерінің [1,2] тозуына әсерін зерттеу мәселесінде одан да күрделі.

Материалдар мен тәсілдер.

Материалдардың қасиеттеріне байланысты инерциялық роторлардың (ИР) кесу-тасымалдау элементтері (КТЭ) шөмішті және шөмішсіз (пышақ) орындалады (1-сурет). Арнайы есептеулер көрсеткендей, ротормен кесілген (төмен түсетін) экскавацияланатын материалдың (ЭМ) кинетикалық энергиясының қоры соңғы «өздігінен» конвейерге қабылдау құрылғысы арқылы қозғалу үшін жеткіліксіз. Осыған сүйене отырып және шамалы ылғалдылықпен (5÷6% - дан аз) анықталатын көптеген сусымалы материалдардың төмен үйлесімділігін ескере отырып, ротордың шөміш конструкцияларын қарастырған жөн. Бұл ретте масштабты факторды-ортадан тепкіш жұмыс элементтері бар машиналарды зерттеу кезінде байқалғандай, конвейерге материалдың қозғалысын берудің кейбір шектеулерін (роторды шөмішсіз орындаған жағдайда) пайдалануға болатын кесу элементтерінің биіктігін қолдану мүмкіндігін ескеру қажет [3].



1 сурет - Сусымалы және тығыз материалдарды экскавациялауға арналған шөміш және шөмішсіз инерциялық роторлардың схемалары: а) шөмішті; б) және с) шөмішсіз

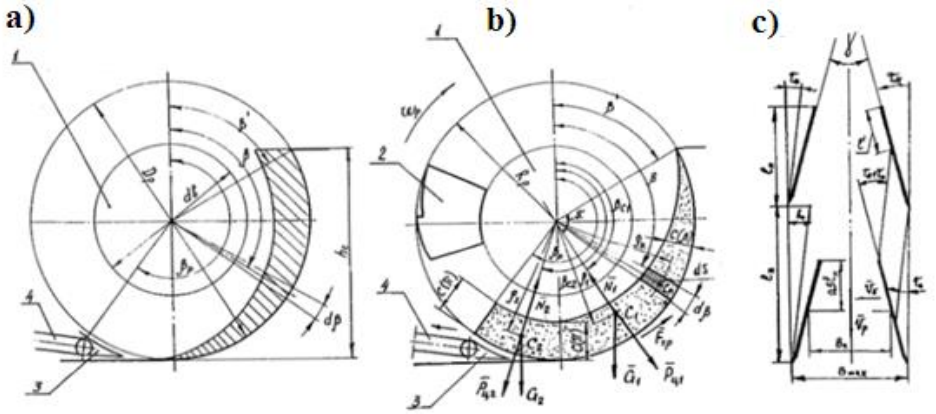
Авторлар ұсынған ИР жоғары жылдамдықты қазу процесінің айырмашылығы айналмалы, топырақты «жоғарыдан төменге» кесіп, оны ішінара бұзады. Орталықтан тепкіш күштің әсерінен топырақ ротордың астында орналасқан таспалы конвейеріне түседі. Конвейердің соңында өңделетін кенжармен үнемі байланыста болатын және топырақтың төгілуіне жол бермейтін қабылдау науасы орнатылған.

Қарастырылып отырған ИР шөміштер дөңгелекте 65 - 67 градус бұрышта орналасқан қос пышақпен ауыстырылады. Гравитациялық, тікелей ағынды және ортадан тепкіш роторлардың дәстүрлі құрылымен салыстырғанда жаңа инерциялық ротордың негізгі артықшылықтары [4]:

- үлкен жылдамдық диапазонында жұмыс процесін жүзеге асыру және жоғары өнімділікті алу мүмкіндігі;
- кесілген топырақты тегістеу және ішінара құлату арқылы қиғаш кесу жүретін қазу процесінің нақты энергия сыйымдылығының едәуір төмендеуі;
- инерциялық ротордың жеңіл салмағы және экскаватордың жалпы салмағының төмендеуі (кесу күштерінен реакция бағытының өзгеруіне байланысты), бұл экскаваторға түсетін момент пен негізгі жүктемені азайтуға мүмкіндік береді;
- пышақтарды кесілген топырақпен автоматты тазарту;
- қабылдау конвейері таспасының қозғалыс бағыты бойынша ротордан топырақты босатудың айтарлықтай бастапқы жылдамдығы.

Осы жұмыста жылдамдықты қазуды одан әрі зерттеу нәтижелері келтіріледі және жылдамдықты ескере отырып, төменгі жүктеменің инерциялық роторымен (ТЖИР) қазу процесінің энергия шығынын (меншікті энергия сыйымдылығын) анықтау әдістемесі ұсынылады.

Кесілген топырақтың құлауымен және оны пышақтардың жұптасқан қатарларымен үздіксіз ағынмен кенжардың бетімен «жоғарыдан төмен» қағидаты бойынша ИР жұмысының ерекшеліктерін ескере отырып, кез келген уақытта em-нің β' бұрышынан β_p -ге дейінгі көлемі тұрақты болуы мүмкін деп қабылдауға болады. Содан кейін ротормен кесілген және тасымалданатын топырақтың бұл көлемін ауырлық күші мен топырақтың үйкеліс күші дамыған қабаттың бетіне әсер ететін қатты зат ретінде қарастыруға болады, сондықтан қозғалыс моментінің өзгеруі туралы теореманы қолдануға болады. Ротормен тасымалданатын топырақтың көлемін β' - ден π-ге дейін және π-ден β_p -ге дейін екі бөлікке бөлеміз, ал осы бөліктерге сәйкес келетін параметрлер 1 және 2 сандарымен белгіленіп, олардың ауырлық орталықтарын анықтаймыз. Топырақтың бұл көлемі тұрақты мән екенін ескере отырып, ротордың айналу жазықтығындағы жазық фигуралардың ауырлық центрін анықтау жеткілікті (2-сурет).



2 сурет - Шөмішсіз (б) инерциялық ротормен пышақтармен кесілген топырақты өңдеу (а), тасымалдау схемалары және жоспардағы РКЭ (с) схемасы:
1-ротор; 2-пышақ; 3-науа; 4-конвейер

2, а суретте біз қарапайым платформаны таңдап, оның ауданын анықтаймыз:

$$dS_k = C(\beta)R_p d\beta\,. \tag{1}$$

Содан кейін табиғи күйде алынған жоңқалардың қарапайым көлемін dV_o қопсыту коэффициенті K_p арқылы кернеусіз күйдегі элементар көлеммен салыстыруға болады: $dV_o = dV_c K_p$;

$$B_c R_p d\beta_c(\beta) = K_p v_b dt S_0 \sin\beta d\beta;$$

мұндағы $dt = \dfrac{d\beta}{w_p}$.

Сонда:

$$\text{м}\, C(\beta) = \frac{K_p V_b S_o}{R_c B_c w_p} \sin\beta d\beta, \tag{2}$$

мұндағы B_c - кесу элементтері (КЭ) арасындағы орташа қашықтық;

V_b - ротордың бүйірлік берілісі;

S_o - алынатын жоңқалардың максималды қалыңдығы;

w_p - ротордың бұрыштық айналу жылдамдығы;

K_p - топырақты қопсыту коэффициенті.

$C(\beta)$ үшін (2) өрнегін қолданамыз, сосын төмендегі өрнекті аламыз:

$$S_1 = R_1 e\left[\sin\beta' + (\pi - \beta')\cos\beta'\right], \tag{3}$$

мұндағы $e = V_b S_o (R_p B_c w_p)^{-1}$ – өлшемсіз коэффициент.

Содан кейін полярлық координаттар жүйесіндегі ауырлық центрінің координаттары анықталады:

$$rc_1 = \left[\int_{\beta}^{x} r_k C(\beta) R_p d\beta\right] S_1^{-1} \text{ и } \beta c_1 = \left[\int_{\beta}^{x}\left(\beta + \frac{d\beta}{2}\right) C(\beta) R_p d\beta\right] S_1^{-1}, \tag{4}$$

мұндаңы r_k және $\left(\beta + \frac{d\beta}{2}\right)$- элементарлық алаңның ауырлық орталығының координаттары

$$r_k = R_p - \frac{C(\beta)}{2}.$$

Осы формулаларға кіретін және біріктірілген барлық шамалардың өрнектерін алмастыра отырып, біз аламыз:

$$r_{c1} = R_p\left[1 - \frac{1}{2}\cdot e \cdot \frac{0{,}75\cdot\sin 2\beta' + (\pi - \beta')\cdot 0{,}5 + \cos^2\beta'}{\sin\beta' + (\pi - \beta)\cdot\cos\beta'}\right] \tag{5}$$

$$\beta_{c1} = \frac{1 + \sin\beta' + \left\{1 + 0{,}5\cdot\left[\pi^2 - (\beta')^2\right]\right\}\cdot\cos\beta'}{\sin\beta' + (\pi - \beta)'\cdot\cos\beta}. \tag{6}$$

Екінші учаскеде β_p орталығы салмағы C_2 бар топырақ тұрақты биіктігі бар $C(\pi)$ науаға тасталады, сондықтан бізде:

$$r_{c2} = R_p - 0{,}5C(\pi);\ \beta_{c2} = (\beta_p - \pi)0{,}5 \text{ и } S_2 = C(\pi)R_p(\beta_p p - \pi). \tag{7}$$

Осылайша, бұл жағдайда ауырлық күші мен үйкеліс моменттерінің өрнектері жеңілдетіліп, содан кейін пайда болады:

$$M_{B1} = -\gamma\cdot B_c\cdot R_p^2\cdot e\cdot\left[\sin\beta' + (\pi - \beta')\cdot\cos\beta'\right]\cdot r_c\cdot\sin\beta_{c1};$$
$$M_{B2} = -\gamma\cdot B_c\cdot R_p^3\cdot e\cdot\left[1 - 0{,}5\cdot e\cdot(1 + \cos\beta')\right](\beta_p - \pi)\cdot(1 + \cos\beta')\cdot\cos(0{,}5\cdot\beta_p);$$
$$M_{TP1} = \gamma\cdot B_c\cdot R_p^3\cdot e\cdot\left[\sin\beta' + (\pi - \beta')\cdot\cos\beta'\right](R_p\cdot\omega^2\cdot g^{-1} + \cos\beta_c);$$
$$M_{TP2} = -\gamma\cdot B_c\cdot R_p^3\cdot e\cdot(\beta_p - \pi)\cdot(1 + \cos\beta')\cdot\left[R_p\cdot\omega^2\cdot g^{-1} + \cos(0{,}5\cdot\beta_p)\right].$$

Алынған барлық мәндерді кинетикалық моменттің өзгеруі туралы теореманың өрнегіне алмастыра отырып, ротор бөлігіндегі моментті анықтау формуласын аламыз:

$$M_{kp} = -\gamma \cdot B_c \cdot R_p^3 \cdot e\langle[\sin\beta' + (\pi - \beta')\cos\beta'] \cdot \left[A\sin\beta_{c1} + \left(\cos\beta_{c2} - \frac{R_p\omega_p^2}{g}\right)\mu_r\right] + (\beta_p - \pi)\cdot(1+\cos\beta)\times$$
$$\times\{[1-0{,}5e(1+\cos\beta')]\cos 0{,}5\beta_p - (\sin 0{,}5\beta_p + R_p\cdot\omega_p^2\cdot g^{-1})\cdot\mu_r\} + R_p\cdot\omega_p^2\cdot g^{-1}\cdot[1-0{,}5e(1+\cos\beta')]^3\cdot(1+\cos\beta')\rangle \quad (8)$$

мұндағы $A = 1 - 0{,}5e\cdot[0{,}75\sin^2\beta' + (\pi-\beta')(0{,}5+\cos^2\beta')]\cdot[\sin\beta' + (\pi-\beta')\cos\beta']^{-1}$.

Алынған тәуелділіктердің күрделілігіне байланысты практикалық қолдану үшін жеңілдетілген формулалар қажет. Роторлы экскаваторларды пайдалану тәжірибесін ескере отырып, олардың мәндерін қабылдай отырып есептеу әдістемесі $\beta = 60^0$; $\beta_p = 125^0$; $\mu_r = 0{,}7$ және өлшемсіз коэффициенттер

$$e = B_b S_o (B_c\cdot\omega_p\cdot R_a)^{-1} = S_o\cdot tg\tau_o\cdot B_c^{-1} \quad (9)$$

және

$$C_v = V_p^2\cdot(gR_p)^{-1} = R_p\cdot\omega_p^2\cdot g^{-1}.$$

(8) формуланы түрлендіргеннен кейін:

$$M_{kp} = -\gamma B_c R_p^3 e[1{,}08 - 0{,}98e - 2{,}84\mu_r C_v - 2{,}22\mu_r + C_v\cdot(1{,}52 - 3{,}4e + 2{,}54e^2 + 0{,}64e^3)]. \quad (10)$$

Нәтижелер.

Өндірістік жағдайдағы машиналардың бірқатар модельдерін эксперименттік зерттеу нәтижесінде орнату, $z = 8\div12$ кесу бұрыштары бар $\tau_H = 15^0\div16^0$ пышақтар жұбы, сондай-ақ ротор радиусының КЭ биіктігіне қатынасын анықтайтын биіктік коэффициенті $K_\varepsilon = 1{,}35\div4{,}0$, пышақтармен кесілген $\tau_0 = 7^0\div8^0$ барлық материалдарды олар қабылдау конвейеріне шығаратындығы анықталды. Бұл ретте РКЭ ИР геометриялық сыйымдылығының коэффициентімен $K_q = 0{,}85\div0{,}95$ анықталатын жұптасқан пышақтар арасындағы көлемнің (85÷95)%-дық толтырылуы байқалды (байланысқан топырақ үшін аз мән, байланыссыз топырақ үшін көбірек мән анықталды). Сондықтан РКЭ мөлшерін анықтау және оларды ротор ернеуіне орналастыру үшін пышақтар арасындағы геометриялық көлемнің экскавацияланатын материалдарды қопсыту коэффициентімен $K_p = 1{,}35\div1{,}5$ кесілген жоңқалар көлеміне теңдігіне сүйену керек:

$$B_c h_\varepsilon l_H k_q = S_o b h_c k_p, \quad (11)$$

мұндағы h_ε және l_H – тиісінше, ротордың айналу жағына бұрышта $90^0 - 2\tau_H$ бөлінетін пышақтар жұптарының биіктігі мен ұзындығы;

b және h_c – тиісінше, кесілген жоңқалардың ені мен максималды биіктігі.

$h_c = 1{,}5R_p$; $S_0 = 0{,}8h_\varepsilon$; $b = 2\pi R_p v_p (z v_p)^{-1}$ қабылдап және 2,с суретін түрлендіріп, сәйкесінше жазуға болады:

$$B_C = 2{,}4\pi K_p R_p^2 tg\tau_O (z l_H K_q)^{-1}; \quad (12)$$

$$l_{\min} = 2\pi R_p tg\tau_o [z(tg\tau_H + tg\tau_o)]^{-1}. \quad (13)$$

(13) мәнін $2 \div 2{,}5$ есе ұлғайту керек, өйткені тығыз топырақты әзірлеу кезінде көлденең жазықтықтағы жебенің тербелмелі қозғалысы нәтижесінде ол осы шамаға есептелгеннен асуы мүмкін.

Алынған тәжірибелік деректерді K_p, K_q, τ_o және τ_H пышақтардың өлшемдерін IV [4] санаттағы топырақтар үшін анықтауға болады:

- екі қатарлы пышақтар үшін:

$$B_c = (0{,}21 \div 0{,}31)D_p;\ l_H = (0{,}21 \div 0{,}32)D_p \text{ және } B_{\max} = (0{,}22 \div 0{,}34)D_p;$$

- үш қатарлы пышақтар үшін:

$$B_c = (0{,}22 \div 0{,}32)D_p;\ l_H = (0{,}21 \div 0{,}32)D_p \text{ және } B_{\max} = (0{,}23 \div 0{,}35)D_p. \quad (14)$$

$K_\varepsilon = 4$ болғанда $z = 12$ үшін аз мән қабылданған жерде; ал көп - $K_\varepsilon = 2$ болғанда $z = 8$. Содан кейін өлшемсіз коэффициенттің $K_\varepsilon = 4$ мәні $e = 0{,}06$ және $e = 0{,}06$ мәні $e = 0{,}08$.

Формулаларды (8 және 14) және тәжірибелік деректерді (9) қолдана отырып, көлік ағынын науаның кесілген беттеріндегі тұрақты масса ретінде қарастырамыз:

- $K_\varepsilon = R_p \cdot h_\varepsilon^{-1} = 4{,}0$ кезінде және $e = 0{,}06$

$$M_{kp} = \gamma \cdot B_c \cdot R_p^3 e(0{,}58 + 0{,}6C); \quad (15)$$

- $K_\varepsilon = R_p \cdot h_\varepsilon^{-1} = 2{,}0$ кезінде және $e = 0{,}08$

$$M_{kp} = \gamma \cdot B_c \cdot R_p^3 e(0{,}57 + 0{,}6C). \quad (16)$$

Осылайша, бірқатар түрлендірулерді жасай отырып, кейбір болжамдармен алдын-ала инженерлік есептеулер үшін ИР пышақтарымен кесілген топырақты тасымалдау моментін анықтаудың қарапайым формуласы алынды.

Содан кейін жылдамдықтың әсерін ескере отырып, инерциялық ротормен қазу процесінің нақты энергия сыйымдылығы туралы өрнек алуға болады

$$E_k = K_v E_p + E_m \quad (17)$$

және

$$E_k = K_v E_p \pm E_b + E_{mp} + E_{raz} + E_{rea}, \quad (18)$$

мұндағы E_i – шығындар элементтері бойынша үлестік энергия сыйымдылығы.

II-III санатты саздардағы осы тәжірибелерден алынған k_v мәндері 1-кестеде келтірілген.

1 кесте - Кесу жылдамдығының әсерін есепке алуға арналған коэффициент

Кесу жылдамдығы	v_p	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кесу жылдамдығының әсерін есепке алуға арналған коэффициент	k_v	1,00	1,00	1,07	1,09	1,22	1,29	1,39	1,48	1,58

Стендтердің сипаттамасы, өлшеу жүйесі, пайдаланылған аппаратураның тізбесі және эксперименттік зерттеулердің әдістемесі [4] еңбектерде жазылған және осы мақалада келтірілмейді.

Кенжарды қазу «жоғарыдан төменге» тік жоңқалармен жүргізілді; екі қатарлы пышақтармен (16 дана) жұмыс істеу кезінде топырақ кенжар бойымен тасымалданып, ротор бойымен түсірілді; пышақтардың бір қатарымен (8 дана) кесу кезінде кесілген топырақ кенжардың түбіне құлады.

Зерттеулер табиғи ылғалдылығы $23 \div 25\%$, көлемдік салмағы 1,95 т/м^3, ішкі үйкеліс бұрышы 20° II-III санаттағы саздарда бірдей мөлшерде жүргізілді.

Процестің меншікті энергия сыйымдылығының және оның компоненттерінің ротор жылдамдығына тәуелділігінің алынған эксперименттік қисықтары

$$y = Ax^2 + Bx + C, \tag{19}$$

бұл басқа авторлардың зерттеу нәтижелеріне сәйкес келеді.

3 - суреттен көріп отырғанымыздай, ротор жылдамдығының өзгеруі шегінде 2-ден 9 м/сек-ке дейін қазу процесінің меншікті энергия сыйымдылығы 84% - ға, кесу процесі (екі қатарлы пышақтармен) 58% - ға (бір қатарлы пышақтармен) артады (1 және 2 қисықтар).

Талқылау.

Инерциялық ротордың өндірісі қазу жылдамдығының артуына пропорционалды түрде өсетінін ескере отырып, оның өнімділігі нақты энергия шығындарының шамалы өсуімен ротордың айналу жылдамдығының артуына байланысты айтарлықтай артуы мүмкін және осылайша оны тиімді пайдалануға қол жеткізуге болады.

Аналитикалық есептелген тасымалдаудың меншікті энергия сыйымдылығының эксперименттік мәндермен жақын сәйкес келуі топырақ массасының өзгеруін ескере отырып, тасымалдауға энергия шығынын есептеудің ұсынылған әдістемесінің дұрыстығын растайды.

Алынған есептеу мәндері ротордың жылдамдығы мен диаметрінің жоғарылауымен энергия шығыны $(2 \div 0{,}5)\%$ едәуір өсетінін көрсетеді. Сонымен, энергия шығынынан жоғары есептелген айырмашылықтардың ең аз пайызы $(2 \div 0{,}5)\%$ ротордың диаметрі $D_p = (4 \div 6)$м, $V_p = (4 \div 5)$м/с және $K_\varepsilon = 2{,}0$ ең жоғары – сол параметрлерде тиісінше (6 2,9)% - ға тең болғанда байқалады. Олардың арасындағы мұндай кішігірім айырмашылықтар топырақты инерциялық ротормен тасымалдауға энергия шығынын анықтаудың өндірілген әдісі практикалық қолдану үшін қолайлы екенін көрсетеді.

Қорытынды.

Зерттеу нәтижелері келесі қорытынды жасауға мүмкіндік береді: ең перспективалы жұмыс органы ТЖИР, оның басты артықшылығы - кесілген топырақтың құлауымен «жоғарыдан төменге» ротордың айналуы кезінде жер массивін өңдеу; топырақты инерциялық ротормен тасымалдаудың энергия шығындарын анықтаудың теориялық тәуелділігі анықталды; өндірістік жағдайларда бірқатар машиналарды зерттеу топырақты 2,0 м/с жылдамдыққа дейін қазу кезінде оның нақты энергия сыйымдылығы қазу жылдамдығына байланысты емес екенін анықтады. Қазу жылдамдығының одан әрі артуы меншікті энергия сыйымдылығының қарқынды өсуіне әкеледі, бұл қозғалтқыштарды таңдау және экскавациялық машиналар жетектерінің энергия шығынын есептеу кезінде ескерілуі керек.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Таукелев Р.Н., Жусупов К.А. Особенности рабочего процесса и перспективы освоения новых экскавационно-транспортных машин с инерционным ротором, Сборник научных трудов «Транспорт Евразии-2008». - Алматы, С.120-121.

[2] Таукелев Р.Н., Жусупов К.А.,Таранов С.В, Искаков К.М. Конструкция инерционных роторов нижней разгрузки и их рабочий процесс. - Алматы, Вестник КазАТК, №6, 2012, С. 42-48.

[3] Жусупов К.А. Выбор конструктивно-кинематических, линейных, силовых и энергетических параметров машин с инерционными роторами. - Алматы, Вестник КазАТК, №6, 2016, -С.52-57.

[4] Zhussupov K.A., Kozbagarov R.A., Kunelbayev M.M., Yesenagliyev M.N.,Taran M.V., Uskembaeva V.E. Comparative analysis of the main indicators you-socio affective inertial rotary, Proceedings of international conference on transportation and Civil Engineering (ICTCE -15). London, 2015, P.75-88.

Rustem Kozbagarov, candidate of technical sciences, associate professor, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, ryctem_1968@mail.ru

Kenes Zhussupov, candidate of technical sciences, associate professor, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, kenes_atabai@mail.ru

Mergen Zhumanov, candidate of technical sciences, associate professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, mergenamir@mail.ru

Nurbol Kamzanov, master's degree, Satbayev university, Almaty, Kazakhstan, n.kamzanov@mail.ru

Tasbulat Beketov, master's degree, Satbayev university, Almaty, Kazakhstan, beketov_tasbulat@mail.ru

DETERMINATION OF ENERGY CONSUMPTION FOR SOI TRANSPORTATIONBY INERTIAL ROTOR

Abstract. The ILUR soil development process is based on the principle of separating soil with knives from the massif by the method of soil chipping and collapse under the influence of own weight. The collapsed soil along the tray is carried out in pairs with knives and unloaded to the conveyor under the influence of inertia forces and soil weight. Then the total energy intensity of digging is made up of the energy intensity of cutting and the energy intensity of transporting soil along the section profile with its subsequent unloading onto the conveyor.

In the present work, the authors present the results of studies of high-speed digging and propose a method for determining the energy consumption of the transportation process by a primer rotor (PR) taking into account the influence of speed.

In the proposed method of determining energy consumption for transportation of PR soil, it is accepted that the number of knives is unlimited large, therefore the width of the peeled chips tends to zero, the soil between the knives is distributed evenly over the width, and along buckets with variable thickness according to some pattern $C(\beta)$. To determine this pattern, an elementary ladle is considered, the position of which in the bottom hole is determined by the angle β, then the formula of the elementary volume of chips cut by the ladle was determined. After applying the kinetic moment change theorem, the average value of the torque developed by the rotor during soil transportation is determined. As a result, by performing a series of transformations, a simple formula for determining the torque on the rotor shaft for preliminary engineering calculations is obtained.

The work shows a graph of the specific energy intensity of the digging process against the speed during the development of the face. It can be seen from the graph that within the limits of rotor speed variation from 2 to 9 m/s the specific energy intensity of the digging process (two rows of knives) increases by 84%, the cutting process (one row of knives) increases -by 58%.

Keywords. Bucket rotor, duck less rotor, knife rotor, inertial rotor, digging energy capacity.

Рустем Козбагаров, к.т.н, доцент, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, ryctem_1968@mail.ru

Кенес Жусупов, к.т.н., доцент, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, kenes_atabai@mail.ru

Мерген Жуманов, к.т.н., доцент, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, mergenamir@mail.ru

Нурбол Камзанов, магистр, Satbayev University, Алматы, Казахстан, n.kamzanov@mail.ru

Тасбулат Бекетов, магистр, Satbayev University, Алматы, Қазақстан, beketov_tasbulat@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ГРУНТА ИНЕРЦИОННЫМ РОТОРОМ

Аннотация. Процесс разработки грунта ИРНР основан на принципе отделения грунта ножами от массива методом скалывания и обрушения грунта под действием собственного веса. Обрушенный грунт по лотку выносится попарно расположенными ножами и разгружается на конвейер под действием сил инерции и веса грунта. Тогда общая энергоемкость копания складывается из энергоемкости резания и энергоемкости транспортирования грунта по профилю среза с последующей разгрузкой его на конвейер.

В настоящей работе авторами приводятся результаты исследований скоростного копания и предлагается методика определения энергозатрат процесса транспортирования грунтаинерционным ротором (ИР) с учетом влияния скорости.

В работе приведен график зависимости удельной энергоемкости процесса копания от скорости при разработке забоя. Из графика видно, что в пределах изменения скорости ротора от 2 до 9 м/сек происходит увеличение удельной энергоемкости процесса копания (два ряда ножей) на 84 %, процесса резания (одним рядом ножей) - на 58%.

Ключевые слова. Ротор ковшовый, ротор бесковшовый, ротор ножевой, инерционный ротор, энергоемкость копания.

****

ӘОЖ 656.225 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-72-79**

Ж.С.Мусаев✉, П.Т.Ахметова, М.Ж.Туркебаев, Н.В. Ивановцева, А.А.Хайдарова
Логистика және көлік академиясы
E-mail: m.zhanat@alt.edu.kz

ҚАЗАҚСТАН ТЕМІР ЖОЛДАРЫНДА КОНТРЕЙЛЕРЛІК ТАСЫМАЛДАРДЫ ДАМЫТУ МӘСЕЛЕСІНЕ

Аңдатпа. Мақалада әлем елдерінің темір жолдарындағы контрейлерлік тасымалдаудың негізгі және перспективалы технологиялары қарастырылған. Қазіргі заманғы қарсы технологиялар нарығы әртүрлі нұсқалармен сипатталатындығы көрсетілген, олардың тиімділігі қоршаған орта жағдайлары мен тапсырмаға байланысты. Бұл қарсы жүйені таңдау үшін ұтымды басқару шешімдерін қабылдау қажеттілігіне байланысты. Атмосфераға зиянды шығарындыларды азайту және жолдардың көп жүктелуі үшін күрес тасымалдаудың осы түрінің пайда болуының негізгі себептері болды. ТМД елдерінде қоғамды автомобильдендірудің қазіргі кезеңінде осы мәселелерді шешуде инновацияларды енгізу бойынша басқа елдердің оң тәжірибесін қабылдау қажет. Сайып келгенде, контрейлерлік тасымалдарды енгізу тек теміржолшыларға ғана емес, мемлекеттің өзіне де тиімді. Авторлар Қазақстан темір жолдарында контрейлерлік тасымалдарды енгізу және дамыту бойынша ұсыныстар жарияланды.

Түйінді сөздер. Контрейлерлік тасымалдау, технология, жылжымалы құрам, талдау, ұсыныстар.

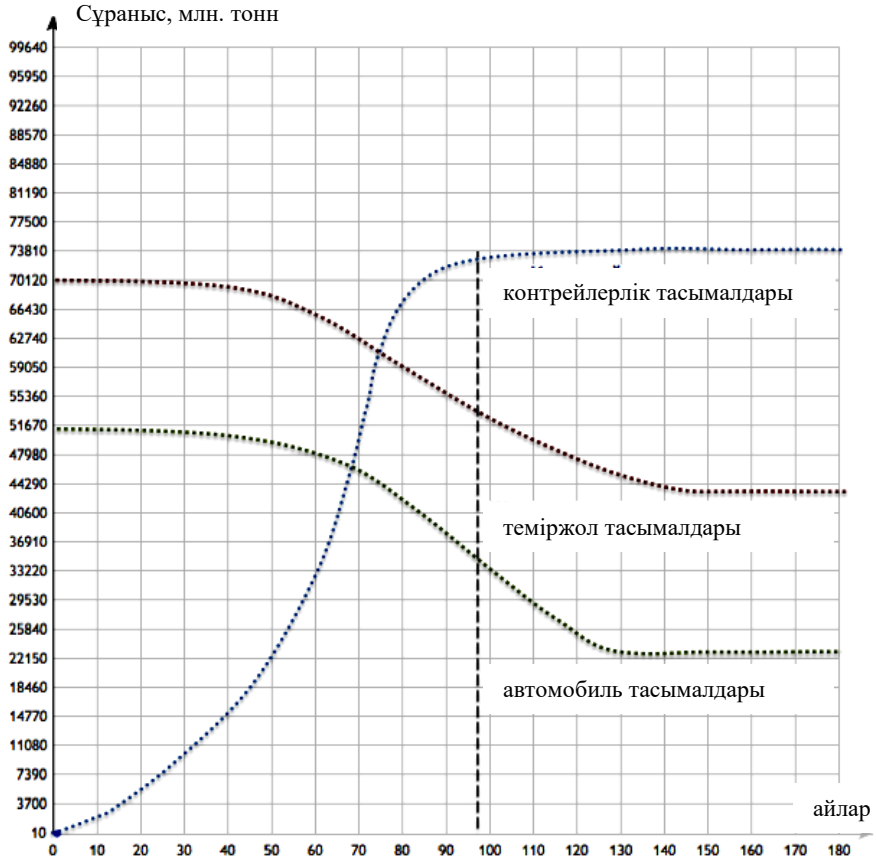
Кіріспе.

Қазіргі уақытта теміржол көлігінің алдында саланың бәсекеге қабілеттілігін арттыру, бәсекеге қабілетті қатысу нарықтарының ауқымын ұлғайту және жаңа жүк иелерін тарту міндеті тұр. Аталған міндеттерді шешу саланы кешенді дамытуда ғана емес, сонымен қатар әртүрлі көлік түрлерін біріктірудің жаңа нысандарын іздеуде де жатыр. Көлік қызметтерінің қазіргі бәсекелестік нарығы жағдайында тұтынушылар оларды ұсыну сапасына жоғары талаптар қояды.

Қазіргі заманғы қарсы технологиялар нарығы өте кең және көптеген түбегейлі әртүрлі ұсыныстармен сипатталады, олардың тиімділігі қоршаған орта жағдайлары мен тапсырмаға байланысты. Бұл қарсы тасымалдауды ұйымдастыру кезеңінде қарсы жүйені таңдаудың ұтымды басқару шешімдерін қабылдау қажеттілігіне байланысты.

Әлемдік тәжірибе көрсеткендей, контрейлерлік тасымалдардың тиімді жұмыс істеуін ұйымдастыру – бұл көптеген сыртқы инфрақұрылымдық, экономикалық, Нормативтік-құқықтық және экологиялық факторларға байланысты кешенді міндет. Осыны ескере отырып, ең маңызды міндеттердің бірі - оларды ұйымдастырудың әртүрлі кезеңдерінде әртүрлі қарама-қарсы процестерді модельдеу екені анық.

Қарама-қарсы тасымалдауды ұйымдастырудың шетелдік тәжірибесін зерттей отырып, бірнеше сәтті, түбегейлі ерекшеленетін қарсы жүйелерді келтіруге болады.



1 сурет - Контрейлерлік тасымалдарға қажеттіліктің өсуін графикалық бейнелеу

Материалдар мен тәсілдер.

Бүкіл әлемде контрейлерлік тасымалдар бұрыннан үйреншікті құбылысқа айналды. 40 жыл бойы Батыс Еуропа елдерінде барлық контрейлерлік тасымалдаушыларды біріктіретін интермодальдық тасымалдарға жәрдемдесудің Еуропалық ұйымы (құрамдастырылған автомобиль-теміржол көлік компанияларының халықаралық одағы – UIRR) жұмыс істейді. Бұл елдерде бастапқыда екі бәсекелесті – автомобиль және теміржол көлігін біріктіруге мүмкіндік беретін үлкен тәжірибе бар. Контрейлерлік тасымалдар-бұл контрейлерлік поездар құрамында тиелген немесе бос күйдегі автопоездардың, автомобильдердің, автотіркегіштердің, жартылай тіркемелердің және алмалы-салмалы автомобиль шанақтарының белгілі маршруттары бойынша тасымалдар.

Теміржолдардың басқа көлік түрлеріне, атап айтқанда автомобильге кеткен жүк жөнелтушілердің бір бөлігін ұстауға деген ұмтылысы қарсы жүк тасымалының дамуына ықпал етті. Автомобиль көлігінің қарқынды дамуы теміржолда тасымалдау көлемін ұлғайтудың жаңа тәсілдерін іздеудің негізгі себебі болды [1].

Контрейлерлік тасымалдарды енгізу көлік желісіндегі «тар жерлерді» азайту проблемасын шешуге және автожолдардың өткізу қабілетін арттыруға мүмкіндік берді. Контрейлерлік тасымалдардың өзі - Қазақстан үшін де, таяу шетелдің қалған елдері үшін де жаңа құбылыс емес.

1950 жылы АҚШ – та контрейлерлік тасымалдаудың баламалы технологиясы – «RoadRailer» (роудрейлер) әзірленді. Бұл ретте трейлерлер арнайы теміржол дөңгелектерін бекіту арқылы платформаларды пайдаланбай тасымалданады, олар автожол бойымен жүру кезінде көтеріледі және рельстерге қою кезінде түсіріледі (2 сурет). Бұл жүйені C&O, Union Pacific және Contrail компаниялары пайдаланды [2]. Тіркеменің қымбаттығынан басқа, бұл технологияның басты кемшілігі-теміржол дөңгелектерімен

жабдықтау оған қосымша салмақ береді. Бұл тасымалдау өнімділігін төмендетеді және автожолдардың белгілі бір санаттары бойынша қозғалыс мүмкіндігін шектейді.

2 сурет - «Road Railer» жүйесінің вагон арбашасы

Қазіргі уақытта шетелде сауда-саттық екінші орында тұр. Бұл еуропалықтар мен Солтүстік американдықтардың өз аумақтарындағы экологиялық жағдайға, ең алдымен, осы елдердің аумағындағы экологиялық және шуды бақылау нормаларының қатаңдатылуына, сондай-ақ жыл сайын энергия бағасының өсуіне байланысты.

Кейінірек Еуропада қарсы жүк тасымалы пайда болды. Мұнда қарсы жүк тасымалы 1960 жылдары басталды. Негізінен контрейлерлік тасымалдардың дамуы автокөлікпен табиғи географиялық кедергіні – Альпі жотасын еңсеру қиындығымен байланысты болды.

Бүгінде Еуроодақ елдерінің контрейлерлік тасымалдары үшін барлық жүк темір жол тасымалдарының жалпы көлемінде шамамен 30% - ды құрайды [3]. Бұған мәжбүрлі жағдайлар ықпал етті, өйткені экономикалық тиімділік тұрғысынан қарсы жүк тасымалдау жүктерді тасымалдаудың тартымды тәсілі емес.

Контейнерлік тасымалдардың тағы бір артықшылығы автожолдар жүктемесінің айтарлықтай төмендеуі болып табылады. Еуропалық Одақ деңгейінде соңғы қабылданған құжаттарда тұжырымдалған Еуропадағы жүк тасымалы нарығының даму үрдістері мынадай стратегиялық бағыттар туралы айтады: еуропалықтар 2030 жылға қарай қолданыстағы барлық жүк ағындарының 30% – ын автомобиль көлігінен теміржол көлігіне, ал 2050 жылға қарай 50% - ын қайта бағдарлауды жоспарлап отыр.

Нәтижелер.

Тасымалдау түрі бойынша қарсы бағдарларды екі түрге бөлуге болады:

- ілесіп жүретін тасымалдар, көлік құралын тасымалдау мамандандырылған платформада жүріп, жүргізуші көлік құралымен бірге бір құрамда және жеке жолаушылар вагонында жүреді;

- тасымалдау жүргізушінің қатысуынсыз жүретін адамдары жоқ. Бұл жартылай тіркемелерді, алынбалы шанақтарды, тіркемелерді тасымалдау.

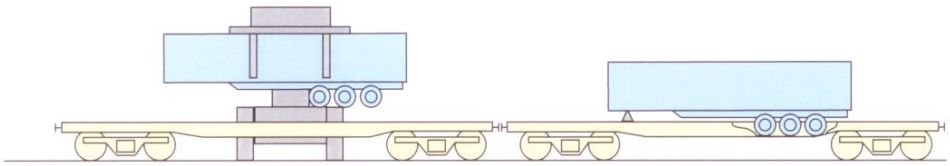
Еуропада ілесіп жүретін тасымалдар көп жағдайда автомобиль және теміржол маршруттары қашықтық бойынша тең бөліктерге бөлінген жерлерде пайдаланылады. Әсіресе, бұл түр трансальпілік маршруттарда қолданылады, онда тау өткелдерін, экологиялық аймақтарды және т.б. еңсеру қажет, ал теміржол арқылы маршруттың жалпы ұзындығының аз бөлігі өтеді.

Теміржол мамандандырылған платформаларына Көлік құралдарын тиеудің бірнеше технологиялары бар. Еуропадағы аралас автомобиль-темір жол тасымалдары арасында ең кең қолданыс «жүгіру тас жолы» жүйесі бойынша тасымалдау тәсілін алды (3 сурет).

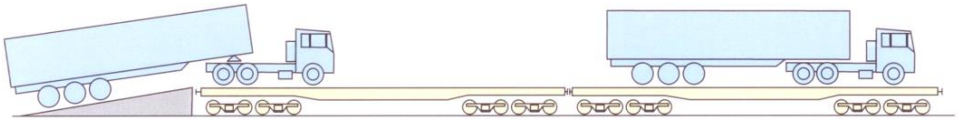
Ең заманауи «Modalohr» технологиясы классикалық «жүгіретін тас жолдан» стандартты өлшемдегі дөңгелектерді пайдалану мүмкіндігімен ерекшеленеді, бұл қозғалыс жылдамдығына шектеулерді алып тастайды және пайдалану шығындарын қысқартуға мүмкіндік береді. Алайда, осы технологияда қолданылатын вагондар құрылымдық жағынан күрделі және бағасы жоғары.

«Modalohr» инновациялық контрейлерлік технологиясын танымал еуропалық көлік құралдарының өндірушісі – «LOHR» Француз компаниялар тобы әзірледі. Компания акцияларының бақылау пакеті (51%) Француз Ұлттық темір жолдарына (SNCF), 49% – жолаушылар мен жүктерді тасымалдауға арналған техникалық шешімдерді әзірлеумен және өндірумен айналысатын «Lohr Industries» компаниясына тиесілі. Жүйе 2003 жылдың қарашасында Францияның Альден қаласы мен итальяндық Турин арасында іске қосылды.

А) тігінен



Б) көлденеңінен



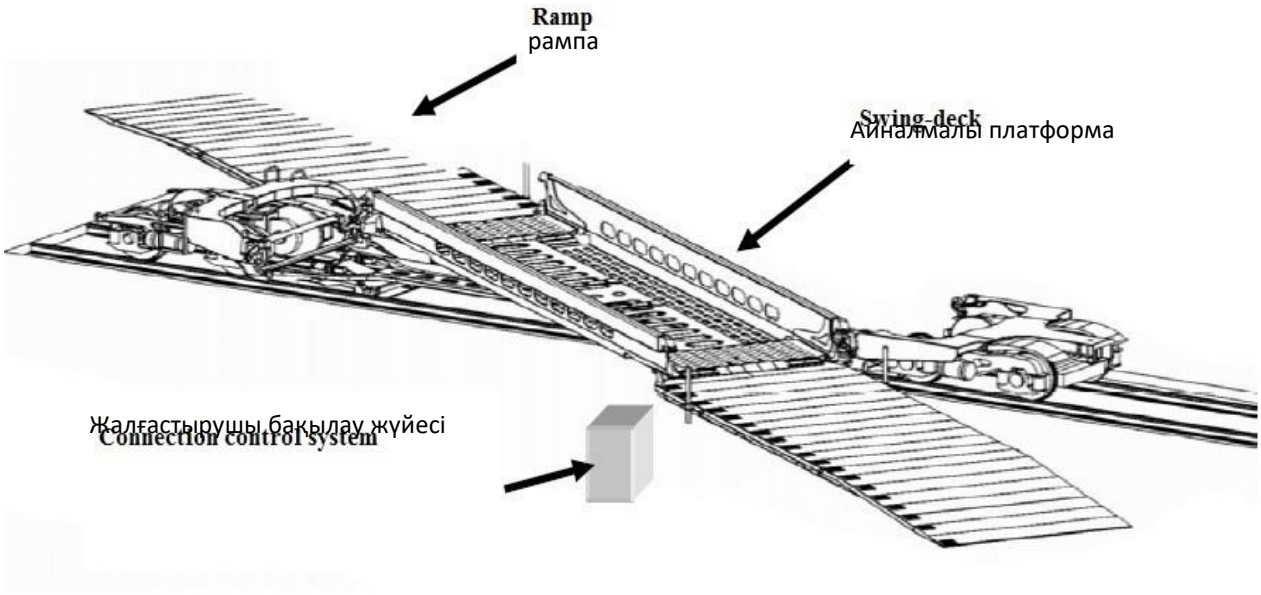
3 сурет - «Жүгіру тас жолы» технологиясы

Жүк автомобильдері мен жартылай тіркемелерді тасымалдауға арналған «Modalohr» вагоны техникалық қатаң шарттарға сәйкес құрастырылған:

- жылжымалы құрамның қолданыстағы габаритіне биіктігі 4 м дейін автокөлік құралдарын жазуға арналған жүк алаңының төмен деңгейі;
- техникалық қызмет көрсету және жөндеу шығындарын қалыпты деңгейде ұстап тұру үшін стандартты арбалар мен доңғалақ жұптарын қолдану;
- бірнеше автокөлік құралдарын бір мезгілде және жылдам өңдеу үшін бүйірден кіру және шығу арқылы көлденең тиеу және түсіру;
- қауіпсіздік пен төмен пайдалану шығындарын кепілдендіру үшін вагондарды біріктірудің және автокөлік құралдарын бұғаттаудың қарапайым және сенімді механикалық жүйесі.

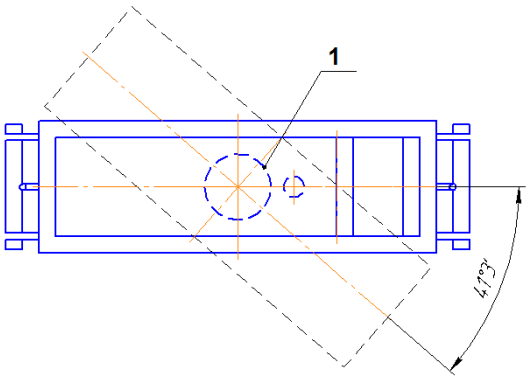
«Modalohr» жүйесінің вагонында жылжымалы жүк платформасы бар, ол терминалға келген кезде 30° бұрышта бұрылады және жер бетімен бір деңгейде бекітіледі (4 сурет). Бұдан әрі автопоезд платформаға өздігінен жүретін көлікпен кіреді, тіркеме платформаға бекітіледі, тартқыш ағытылады, гидрокөтергіш алаңды көтереді және бұралады. Платформа бастапқы күйіне оралады.

Вагонның арнайы жабдығы арбаларға бекітілген және тиеу және түсіру операциялары кезінде жерге сүйенетін тұрақтандырушы пневматикалық тіректерден, сондай-ақ жартылай тіркеме түсірілетін пневматикалық жетегі бар тіреуден тұрады [3].

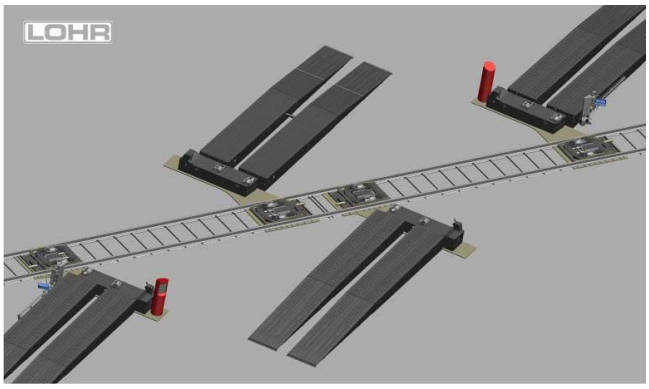


4 сурет - «Modalohr» контрейлерлік платформасы

«Modalohr» терминалы тегіс алаң болып табылады және жайластыруға жоғары шығындарды талап етпейді (5 сурет). Рельстер асфальтқа көмілген. Пандустар автокөлік құралдарының жолдың екі жағына кіруі мен шығуын қамтамасыз етеді. Жүктеу немесе түсіру операциясының алдында ашу жүйесінің гидравликалық құрылғысы жылжымалы жүк алаңын вагонның еден деңгейіне дейін көтеретін және оның айналуын қамтамасыз ететін роликтер мен Ұяларды басқарады.



А)



Б)

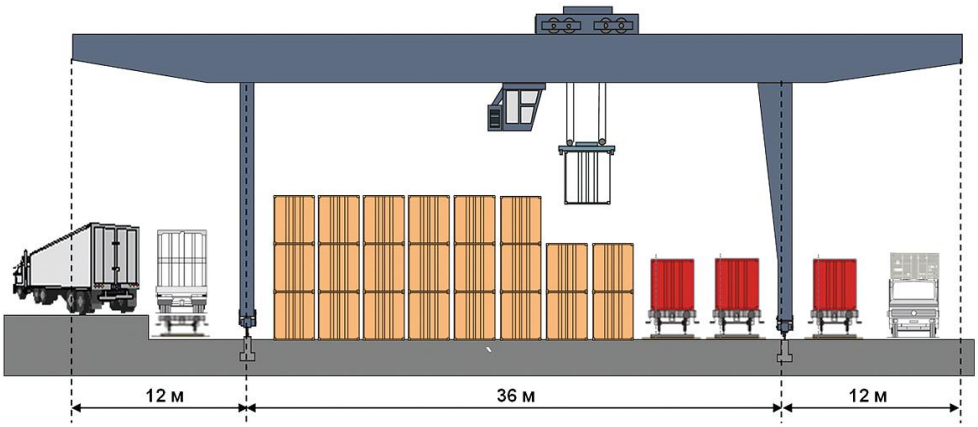
5 сурет - «Modalohr» жүйесінің айналмалы шеңбері (А) және терминалы (Б)

Мамандандырылған терминалдар желісін пайдаланатын трейлерлерді тиеудің бірегей шешімдерінен «Modalohr», «CargoBeamer», «MegaSwing»сияқты технологияларды атап өтуге болады. Осы технологиялардың барлығында өндірушілер әзірлеген және ең аз уақыт ішінде көлік құралдарын жүктеу үшін ерекше техникалық шешімдері бар мамандандырылған жылжымалы құрам қолданылады. Алайда, барлық осы технологиялардың бірқатар кемшіліктері бар, олардың бірі жылжымалы құрамның жоғары бағасы және терминалдардың құрылысы.

Талқылау.

Автомобиль жолдарының өткізу қабілетінің төмендігі - көлік дәліздерінің бәсекеге қабілеттілігінің төмен факторларының бірі. Сарапшылардың айтуынша, шығындар автомобиль жолдарының өткізу қабілетінің төмен болуына байланысты елдер жалпы ішкі өнімнің 3%-ын құрайды, бұл Еуропалық Одақ елдеріне қарағанда 6 есе жоғары. Автожолдардан темір жол көлігіне жүк ағынының бір бөлігін беру мемлекетке жолдарды жөндеуге де қомақты қаражатты үнемдеуге мүмкіндік береді.

Жүргізілген зерттеулер көрсеткендей, Қазақстан темір жолдары үшін желілік шешім ретінде интермодальдық (контейнерлік, контрейлерлік) терминалдың технологиялық схемасы ұсынылуы мүмкін, ол контрейлерлік терминалды тиеу/түсіру фронтының контейнерлік терминалға қызмет көрсететін тірек кранының қосалқы аймағында орналасуымен ерекшеленеді (6 сурет). Осылайша, айтарлықтай күрделі шығындарсыз жүк көтергіш жабдықтың (RMG крандары) көмегімен тиеу-түсіру жұмыстарын жүргізу мүмкіндігі қамтамасыз етіледі.



6 сурет - Интермодальдық терминалдың технологиялық сызбасы

Осы шешімді іске асыру трансорталық-логистік орталықтағы шығындар мен логистикалық процестерді оңтайландыруға ғана емес, сонымен қатар Еуроодақ елдерінің көптеген терминалдық операторлары үшін анағұрлым үйреншікті «Lift-on – Lift-off» технологияларымен үндестіруді қамтамасыз етуге, яғни «1520 кеңістігі» шегінде тұрақты контрейлерлік тасымалдардың бәсекеге қабілеттілігін арттыруға мүмкіндік береді.

Қорытынды.

Теміржолшылардың контрейлерлік тасымалдарды дамытуға мүдделілігін назарға ала отырып, автотасымалдаушылар да осындай ынтымақтастықтан пайда көреді деп айту керек. Контрейлерлік тасымалдарды дамыту автотасымалдаушыларға автокөлікке қызмет көрсету мен жөндеуді үнемдеуге мүмкіндік береді, сондай-ақ отынға жұмсалатын шығындарды азайтады. Бірақ, автотасымалдаушыны қызықтыру үшін мамандандырылған контрейлерлік платформаларда автокөлікті тасымалдауға прогрессивті тарифтер енгізу қажет.

Контрейлерлік құрамның қозғалыс бағыты әзірленуі мүмкін неғұрлым перспективалы бағыт «Батыс Еуропа – Батыс Қытай» бағыты болып табылады. Бұл бағытта жүк ағыны да ұлғаятын болады. Осы бағыт бойынша өтетін жүк ағынының бір бөлігін қарсы рельстерге ауыстырған жөн.

Бұдан басқа, қосымша ынталандыру салықтық жеңілдіктер, төмен пайыздық қарыздар мен несиелер беру, өмірлік цикл келісімшарттарының, концессия шарттарының және т.б. практикасын енгізу нысанында жүзеге асырылуы мүмкін.

Контрейлерлік бизнесті ұйымдастырудың әртүрлі модельдерінің есептеулері оның өтелімділігі мен пайдалылығы қызмет көрсету терминалдарын салу, Жол шаруашылығын дамыту бөлігінде, сондай-ақ тиісті жылжымалы құрамның сериялық өндірісін әзірлеу, сертификаттау және құру тұрғысынан мемлекеттің инвестициялық қолдауы жағдайында ғана мүмкін болатындығын айқын көрсетеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Assessment of intermodal technologies of truck and trailer combinations handling onto railway wagons / K. Kędzierska, J. Tuleja, A. Dembowska, B. Kiszczak // Russian Journal of Logistics & Transport Management. – 2016. – No 1(3). – P. 40-51.

[2] Скорченко, М. Ю. Зарубежный опыт организации регулярного контрейлерного сообщения / М. Ю. Скорченко // Транспортные системы и технологии. – 2018. – Т. 4. – № 1. – С. 19-42. – DOI 10.17816/transsyst2018041019-042.

[3] Алексанкин, Н. Ю. Анализ выбора погрузо-разгрузочной системы при организации контрейлерных перевозок / Н. Ю. Алексанкин, П. С. Моисеев. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 312-316.

Zhanat Musaev, doctor of technical sciences, professor, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, m.zhanat@alt.edu.kz

Patam Akhmetova, candidate of technical sciences, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, p.ahmetova@alt.edu.kz

Mukangali Turkebaev, candidate of technical sciences, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, t.mukangali@alt.edu.kz

Natalya Ivanovtseva, candidate of technical sciences, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, n.ivanovceva@alt.edu.kz

Aliya Khaidarova, Graduate student, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, a.haidarova@alt.edu.kz

ON THE ISSUE OF THE DEVELOPMENT OF PIGGYBACK TRANSPORTATION ON THE RAILWAYS OF KAZAKHSTAN

Abstract. The article discusses the main and promising technologies of piggyback transportation on the railways of the countries of the world. It is shown that the modern market of piggyback technologies is characterized by a variety of different versions, the effectiveness of which depends on the environmental conditions and the task at hand. This makes it necessary to make rational management decisions on the choice of a piggyback system. The struggle to reduce harmful emissions into the atmosphere and high traffic congestion have become the main reasons for the appearance of this type of transportation. At the current stage of the motorization of society in the CIS countries, it is necessary to adopt the positive experience of other countries in introducing innovations in solving these issues. Ultimately, the introduction of piggyback transportation is beneficial not only to railwaymen, but also to the state itself. The authors have proposed recommendations for the introduction and development of piggyback transportation on the railways of Kazakhstan.

Keywords. Piggyback transportation, technology, rolling stock, analysis.

Жанат Мусаев, д.т.н., профессор, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, m.zhanat@alt.edu.kz

Патам Ахметова, к.т.н., Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, p.ahmetova@alt.edu.kz

Мукангали Туркебаев, к.т.н., Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, t.mukangali@alt.edu.kz

Наталья Ивановцева, к. т. н., Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, n.ivanovceva@alt.edu.kz

Алия Хайдарова, магистрант, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, a.haidarova@alt.edu.kz

К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ КОНТРЕЙЛЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ КАЗАХСТАНА

Аннотация. В статье рассмотрены основные и перспективные технологии контрейлерных перевозок на железных дорогах стран мира. Показано, что современный рынок контрейлерных технологий характеризуется множеством различных вариантов исполнения, эффективность использования которых зависит от условий внешней среды и поставленной задачи. Этим обусловлена необходимость принятия рациональных управленческих решений по выбору контрейлерной системы. Борьба за снижение вредных выбросов в атмосферу и высокая загруженность дорог стали основными причинами появления такого вида перевозок. На сегодняшнем этапе автомобилизации общества в странах СНГ, необходимо перенимать положительный опыт других стран по внедрению инноваций в решении этих вопросов. В конечном счете, внедрение контрейлерных перевозок выгодно не только железнодорожникам, но и самому государству. Авторами предложены рекомендации по внедрению и развитию контрейлерных перевозок на железных дорогах Казахстана.

Ключевые слова. Контрейлерные перевозки, технология, подвижной состав, анализ.

****

ҒТАХР 681.519.6 621. **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-80-87**
МРНТИ 50.01.85

Т.Б.Керибаева[1], М.М.Есмагамбетова[2], К.Алибеккызы[3]
[1]Азаматтық Авиация Академиясы, Алматы, Қазақстан
[2] Қазтұтынуодағы Қарағанды Университеті, Қарағанды, Қазақстан
[3] Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан
E-mail: talshyn.keribayeva@agakaz.kz

КӨП ПАРАМЕТРЛІК ЖҮЙЕЛЕРДІ БАСҚАРУДЫҢ СМАРТ ТҮРЛЕНДІРУДІҢ САНДЫҚ ЖАҢА ПАРАДИГМАСЫ

Аңдатпа. Жұмыстың мақсаты – төтенше жағдайлардың мониторингі және алдын алу бойынша аумақтық қызмет жүйесін басқару процесінің сапасын арттыру. Менеджмент жүйесін ақпараттық-аналитикалық қамтамасыз етуді жетілдіру арқылы мақсатқа жету ұсынылып отыр.

Ұсынылған зерттеуде екі ғылыми-практикалық міндет шешілді: басқару агенттерінің статистикалық белгісіздігі жағдайында күрделі көп критериалды ұйымдық-техникалық жүйені басқару сапасын сандық бағалаудың формальды әдісін жасау; бақылау агенттерінің статистикалық белгісіздігі жағдайында шешім қабылдау тәуекелдерін сандық бағалау процесін ресімдеу.

Бақылау және шешім қабылдау тәуекелдерін бағалау және болжау міндеттерін шешу үшін статистикалық белгісіздік жағдайында ықтималдық және имитациялық модельдер әзірленді.

Теориялық болжамдарды тексеру осы мақсат үшін әзірленген бағдарламалық қосымшаны пайдалана отырып, компьютерлік модельдеу арқылы жүзеге асырылады.

Төтенше жағдайлардың мониторингі мен алдын алудың аумақтық жүйесін басқару сапасын кешенді сандық бағалаудың әзірленген көп жақты әдістемесі осындай мәселелерді шешу класында жаңа болып табылады.

Түйінді сөздер. Басқару, төтенше жағдайлар, процесс, модель, тәуекел, бөлу заңы, ақпарат, белгісіздік, мониторинг.

Кіріспе

Әлеуметтік-экономикалық үдерістердің сандық трансформациясындағы қазіргі тенденциялары.

Тәжірибелік басқарудағы күрделі басқарушылық мәселелерді шешу жаңа цифрлық ақпараттық технологияларды қолданбау мүмкін емес болып қалады [1,2]. Басқару процестерінің барлық кезеңдерін қамтитын шешім қабылдау процестерінде ақпараттық технологиялар ерекше рөл атқарады. Ғылыми-техникалық әдістер қарқынды түрде қолданылып, дамыған салалардың бірі – төтенше жағдайларды басқару жүйесі болып табылады. Ғарыштық құралдардың, жаңа ақпараттық технологиялардың, робототехниканың, ұшқышсыз ұшатын аппараттардың (ҰҰА), жасанды интеллекттің (ЖИ), үлкен деректердің (ҮД) және VLC технологияларының пайда болуымен және осы салада операциялық ұйымдарда бизнес-процестерді басқару принциптері төтенше жағдайлар мен жағдайларды бақылау және бақылауы өзгерді [5].

Қазіргі уақытта төтенше жағдайлардың және одан кейінгі өрт, су тасқыны, су тасқыны сияқты қауіп-қатерлер үлкен шығындарға әкелетініне, әсіресе бұл құбылыстар қолайлы құнарлы жерлердің үлкен аумақтарын өндірістен алып тастайтын немесе жоспарлы жұмыстарды тоқтататын ауыл шаруашылығы секторында назар аударылды. Әзірленген ақпараттық жүйелердегі аналитикалық функциялардың сапасын арттыру деректерді өңдеу процестерін интеллектуалдандыру арқылы шешіледі. Барлық

интеллектуалды технологияларды «ақылды» немесе «ойлау» деп түсіндірілетін «SMART» ұғымы бар екені айқын екені рас [6-8]. Көбінесе бұл ұғымға әдебиеттер мен зерттеулерде де қолданылатын басқа «конвергенция» және беріктік терминінің мағынасы беріледі [9, 10].

Соңғы уақытта төтенше жағдайларды басқару және бақылау саласында табиғи және техногендік қауіп-қатерлерді бақылау шешуші рөл атқаратын жаңа нысан пайда болды, бұл жалпы атаудағы жүйе – «Егіншілік шаруашылығы». «Егіншілік шаруашылығы» сөз тіркесі салыстырмалы түрде жақында пайда болды [5].

Материалдар мен тәсілдер.

Ақпараттық қауіпсіздік мәселелерін техникалық деңгейде шешуге жаңа көзқарасын VLC технологияларын қолдану арқылы шешіледі [3]. Бақылау агенттерінің факторлары мен параметрлерінің статистикалық белгісіздігі шешім қабылдау сатысында тәуекелдердің пайда болуына әкеледі.

Бұл фактіні жою мүмкін емес, сондықтан ISO 2015 стандартының соңғы басылымында салалық және заңды бағыныштылығына қарамастан, әрбір жаңа жобада өндіруші тәуекелі мен мен тұтынушы тәуекеліне қарай сараланып, тәуекелдерді сандық бағалауды жүзеге асыру міндетті түрде реттеледі.

Бұл мәселені тек математикалық аппарат пен компьютерлік технологияларды қолдана отырып шешуге болады Бұл мәселе, әсіресе, әлеуметтік-экономикалық объектілердің табиғи және техногендік қауіптерден қауіпсіздігін қамтамасыз ету және алдын алу жүйелерінде өзекті болып көрінеді.

Ұйымдастыру жағынан бұл арнайы мемлекеттік және аумақтық қызметтерді құру арқылы шешіледі. Осы ұйымдарда және жағдайларда шешім қабылдау кезеңдерінде туындайтын тәуекелдер халық үшін орасан зор шығындармен қатар жүреді, сондықтан жаңа ғылыми-техникалық деңгейде тәуекелдерді болжау және мониторингтеу кезек күттірмейтін міндет болып табылады. Қоршаған ортадағы табиғи және техногендік қатерлерді бақылау және бақылау процестерін қамтамасыз ету үшін аумақтық басқарудың арнайы автоматтандырылған жүйелері құрылды және жетілдірілуде. Заманауи автоматтандырылған басқару жүйелерінің құрылымдық-функционалдық моделі негізгі нұсқада қамтиды [9, 10].

Компьютерлік технологиялардағы аппараттық құралдар функционалдық жобалау мақсаттарына сәйкес құрылымдалған және схемалық түрде шешілген. Табиғи және техногендік қауіптерді автоматтандырылған бақылау және бақылау жүйелерінде ғылыми және практикалық көп көңіл аспаптық бақылау-өлшеу жабдықтарына беріледі. Жұмыстың ғылыми-практикалық ерекшелігі мен жаңалығы басқарудың технологиялық процесінде жергілікті агент ретінде емес, жүйелік процесте мультиагенттік қолдаумен мақсатты біріктіру ретінде қарастырылатын ғарыштық бақылау құралдарының қолданылады.

Математикалық бағдарламалық қамтамасыз ету жалпы жүйелі сипаттағы және операциялық технологиялық деңгейдегі техникалық және экономикалық есептерді шешуге бағытталған. Бағдарламалық құрал жүйенің SMART деңгейін анықтайды. Соңғысы басқару және бақылау тәуекелдерін бағалау мен болжауды қамтиды. Қазіргі SMART жүйелеріндегі математикалық бағдарламалық қамтамасыз ету басты рөл атқарады және оның «интеллектінің» деңгейін анықтайды.

Бағдарламалық қамтамассыз ету негізінде жүйенің жоспарлаған идеяларының функцияларын қамтамасыз ететін қолданбалы технологиялық мақсатына ие болады.

Жүйені ақпараттық қамтамасыз етудің өзіндік пәндік ерекшеліктері бар және оны жобалау мен пайдаланудың мақсаттары мен принциптеріне айтарлықтай әсер етеді. Бұл жүйенің концепциясында жалпы басқаруды бір орталықтан жүзеге асыру және жалпы техникалық-экономикалық ақпаратты шоғырландыру қажет. Ағымдағы технологиялық мақсаттағы қажетті ақпарат жергілікті басқару орталықтарының деректер қорында шоғырланған.

Нәтижелер мен талқылау.

Құқықтық нормаларға, өндірістік және әлеуметтік-экономикалық жағдайларға сәйкес ұйымдық, әдістемелік қамтамасыз ету әрбір нақты жағдайда нақты шешімдер мен тәсілдерді талап етеді.

Қарастырылып отырған жүйенің жұмыс істеуінің дәлдігі мен қауіпсіздігіне қойылатын жоғары талаптарға байланысты метрологиялық қамтамасыз етуге жоғары талаптар туындайды. Бұл мәселе бойынша жеткіліксіз білімге байланысты арнайы зерттеулер қажет. Бұл жұмыста ISO 9001:2015 стандартының метрологиялық талаптары қолданылды.

Өлшеу процедурасында кездейсоқ қателік бар [3]. Кездейсоқ қатенің ең маңызды сипаттамасы таралу заңы болып табылады. Зерттеулер кездейсоқ қатені үш заңмен жуықтауға болатынын көрсетеді: Гаусс заңы, Вейбулл заңы және тең ықтималдық заңы.

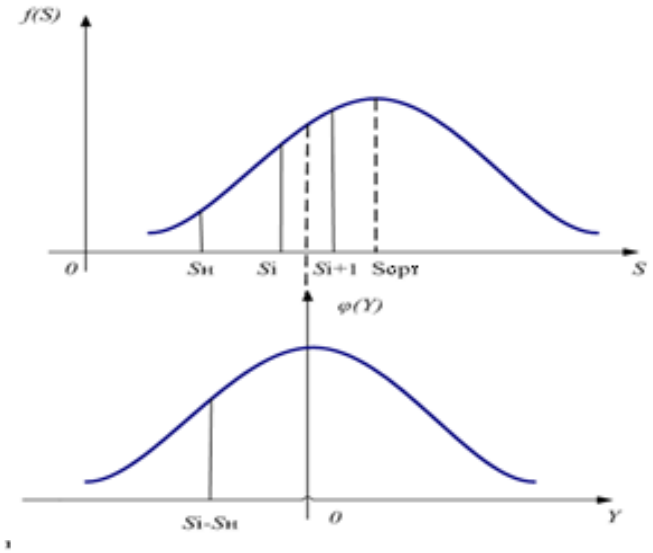
Жалпы қабылданған тәжірибеде бақылау қателіктері көбінесе өлшеу қателіктеріне байланысты деп саналады. Бақылау қателері $P_{жа}$ мен $P_{аа}$-ның жалған және анықталмаған ақауларының ықтималдығы ретінде бағаланады және өндіруші мен тұтынушы тәуекелі деп аталады [4]. Нақты математикалық немесе имитациялық модельмен сипатталады. Бөлу заңдарын таңдау нақты тәжірибелік тапсырмаға байланысты және эксперименталды түрде анықталады. Төтенше жағдайларды басқару ортасындағы бизнес-процестердің сапасын басқару жүйесіне қойылатын талаптардың көппараметрлілігі мен ерекшелігі бақылау процесінің параметрлерін таңдауға оңтайлы тәсіл қажет етеді. Бұл мәселені ресми әдістер мен сандық технологияларды тексеру мүмкін емес.

Есептеу статистикалық сипаттамалардың, заңдардың және нормативтік шарттардың барлық мүмкін комбинацияларының (композицияларының) саны, оларды толық сұрыптау кезінде 729 нұсқаны құрайтынын көрсетеді.

Ұсынылып отырған жұмыста табиғи және техногендік қауіптерді мониторингтеу және бақылау жүйесінде тәжірибелік орындылық көлемінде мақсаттар мен қойылған міндеттерді ұстанатын жуықтау нұсқаларының кейбір композициялары ғана қаралатын болады.

Табиғи және техногендік сипаттағы қауіптерді бағалау және болжау кезінде тәуекелдерді бақылау мен қалыптастырудың әдіснамалық негізгі нұсқаларын қарастырыңыз.

Бір реттік шектеу. Модельдеудің бастапқы кезеңі $S_т$ нормасымен бақыланатын параметрді «төменнен» бір реттік шектеу нұсқасын зерттейді (1 сурет).



1 сурет - Бір реттік шектеу

Параметр мен қателіктердің таралу тығыздығы келесі түрде болады:

$$f(S)=\frac{1}{\sigma_S\sqrt{2\pi}}\cdot e^{-\frac{(S_i-S_{cp})^2}{2\sigma_S^2}};\ \phi(Y)=\frac{1}{\sigma_\varphi\sqrt{2\pi}}\cdot e^{-\frac{Y^2}{2\sigma_\phi^2}}.$$

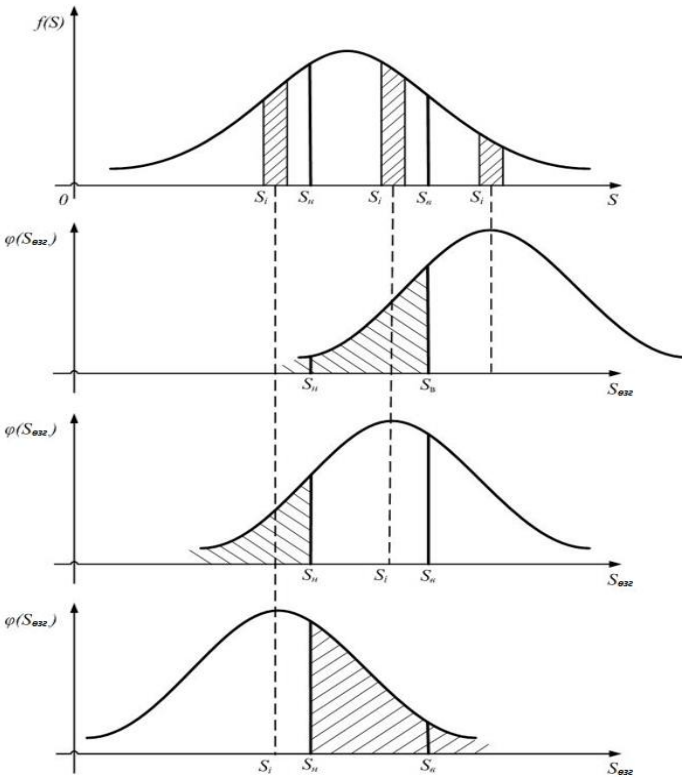
$P_{жа}$ және $P_{аа}$ жуықтау қателері үшін математикалық өрнектер келесі формада болады:

$$P_{лб}=\sum_{t=1}^{n}\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{t_i}^{t_{i+1}}e^{-\frac{t^2}{2}}dt\cdot\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{z_i}^{+3}e^{-\frac{z^2}{2}}dz;$$

$$P_{нб}=\sum_{t=1}^{n}\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{t_i}^{t_{i+1}}e^{-\frac{t^2}{2}}dt\cdot\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-z_i}^{-3}e^{-\frac{z^2}{2}}dz.$$

Ұсынылған формулалар бойынша ықтималдылықты есептеу компьютерлік модельдеудің бағдарламалық кешенінде жүзеге асырылады. Модельдеу нәтижелерін талдау көрсеткендей, $P_{жа}$ мәні көбінесе норматив мәніне байланысты және 30% жетуі мүмкін. $P_{аа}$ ықтималдығы да норматив шамасына байланысты және 15% - ға жетуі мүмкін.

Бақылау қателерін бағалау мен болжаудың әмбебап моделін әзірлеу. Белгілі зерттеулерде төменгі $S_т$ және жоғарғы $S_ж$ стандарттары бақыланатын параметрдің орташа $S_{орт}$-ге қатысты симметрияда болатын шарт қойылды. Алайда, іс жүзінде бұл шарт әрдайым дұрыс бола бермейді және сақталмайды. Сондықтан, бақыланатын орташа параметрге қатысты нормативтердің еркін орналасуы туралы гипотезаны қарастырған жөн. 2-суретте берілген жағдайларда ықтималдық модельдеудің графикалық схемасы көрсетілген.



2 сурет - Бақыланатын параметр өрісінде нормативтердің еркін орналасуы кезінде қателерді қалыптастыру

Жуықтау моделін әзірлеу үшін S параметрінің мәндерінің аралығын $S_{орт}$ - 3бs – тен $S_{орт}$ + 3σs-ке дейін дискретті түрлірінің белгілі бір санына бөлінеді. S параметрінің шын мәні $S_т$-ден үлкен, бірақ $S_ж$-ден кіші болған кезде рұқсат етілген жағдай қарастырылады. Бұл мысалда таралу тығыздығы функциясы бар Вейбулл заңына зерттелген s индикаторының бағынуы туралы гипотеза ұсынылады

$$f(S,\alpha,\beta,\gamma)=\frac{\beta}{\alpha}(S-\gamma)^{\beta-1}\cdot e^{-\frac{(S-\gamma)\beta}{\alpha}},\quad S\geq\gamma.$$

Интегралдық тарату заңы келесідей

$$F(S)=1-e^{-\frac{(S-\gamma)\beta}{\alpha}}. \tag{1}$$

F(S) интегралдық функциясының түрін біле отырып, S параметрінің j мәні үшін жазуға болады:

$$P_{ілб}=\Delta F_i\cdot\left[\int_{S_i-S_в}^{-\infty}\varphi(y)dy+\int_{S_в-S_i}^{+\infty}\varphi(y)dy\right]. \tag{2}$$

(2) ΔFi өрнегін интегралдық функцияға ауыстырғаннан кейін (1) аламыз:

$$P_{ілб}=\left(e^{-\frac{S_i^\beta}{\alpha}}-e^{-\frac{S_{i+1}^\beta}{\alpha}}\right)\cdot\left[\int_{S_i-S_в}^{-\infty}\varphi(y)dy+\int_{S_в-S_i}^{+\infty}\varphi(y)dy\right].$$

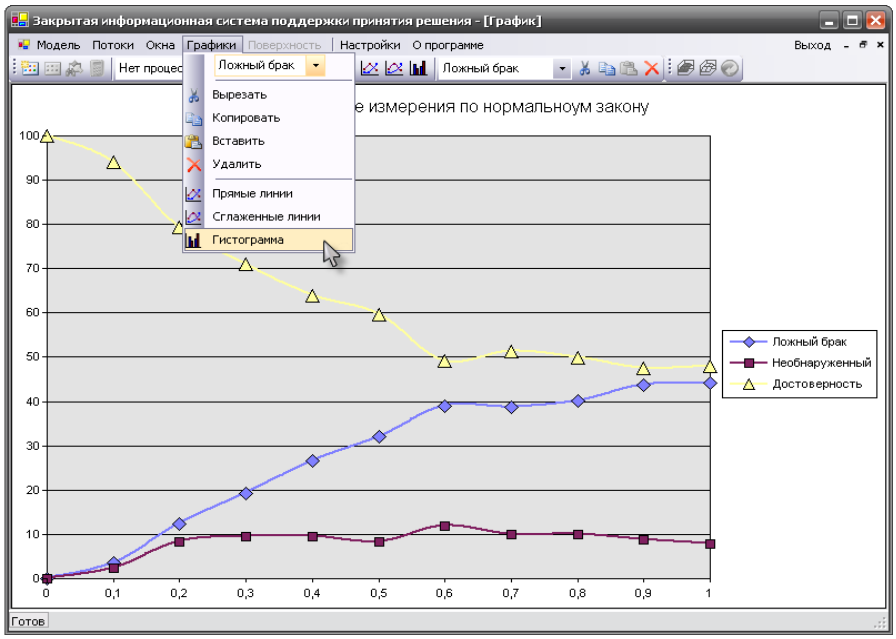
S мәндерінің аралығы бойынша $P_{жа}$ жинақтамасын ұйымдастыра отырып, $P_{жа}$ жуықтау мәнін аламыз:

$$P_{лб}=\sum_{i=1}^{k}\left(e^{-\frac{S_i^\beta}{\alpha}}-e^{-\frac{S_{i+1}^\beta}{\alpha}}\right)\times$$
$$\times\left[\frac{1}{\sigma_y\sqrt{2\pi}}\int_{S_н}^{S_i-3\sigma_y}e^{\frac{y^2}{2}}dy+\frac{1}{\sigma_y\sqrt{2\pi}}\int_{S_в}^{S_i+3\sigma_y}e^{-\frac{y^2}{2}}dy\right].$$

Есептеулер жүргізу, алдыңғы жағдайдағыдай, біз $P_{жа}$ үшін жазамыз:

$$P_{нб}=\sum_{i=1}^{k}\left(e^{-\frac{S_i^\beta}{\alpha}}-e^{-\frac{S_{i+1}^\beta}{\alpha}}\right)\cdot\frac{1}{\sigma_y\sqrt{2\pi}}\int_{S_н}^{S_i-3\sigma_y}e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}}dy+$$
$$+\sum_{i=1}^{k}\left(e^{-\frac{S_i^\beta}{\alpha}}-e^{-\frac{S_{i+1}^\beta}{\alpha}}\right)\cdot\frac{1}{\sigma_y\sqrt{2\pi}}\int_{Sв}^{S_i+3\sigma_y}e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}}dy.$$

Модельдердің статистикалық параметрлерінің тәуекелдер деңгейін зерттеу үшін бағдарламалық қосымша жасалып, компьютерлік эксперимент жасалынып алдынды. Сурет 3- те бақылау жүйесіндегі тәуекелдерді қалыптастыру процесін модельдеу нәтижелерінің бірі көрсетілген.



3 сурет - Бақылау жүйесінде тәуекелдерді қалыптастыру моделін зерттеу нәтижелері

Графиктерден көрініп тұрғандай, жалған ақауды жуықтау анағұрлым сезімтал және қателіктің толеранттылық шамасына өзгермелі қатынасына байланысты. Қателіктің белгісіздігінің бақыланатын параметрдің белгісіздігіне қатынасына ерекше сезімтал бақылаудың жалпы сенімділігі (жоғарғы қисық), ол 50% деңгейіне дейін төмендейді. Мониторинг сапасының артуы нормативтерді қатаңдатудан көрінеді.

Қорытынды.

Қойылған міндеттер көлемінде статистикалық белгісіздік жағдайында бақылау және шешім қабылдау тәуекелдерін бағалау мен болжаудың жуықтау моделі жасалды. Теориялық алғышарттардың тәжірибелік жағдайларға сәйкестігін тексеру үшін бағдарламалық қосымша жасалып, компьютерлік эксперимент жүзеге асырылды. Компьютерлік эксперимент барысында бақыланатын параметрдің белгісіздік нақтылығына сәйкес келетін өлшеу белгісіздігінің мәні кезінде тәуекел 30% - дан асуы мүмкін екендігі анықталды. Сонымен қатар, стандарттардың белгісіздігінің әсері өлшеудің белгісіздігінің әсерінен жоғары екендігі анықталды.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Цифрлық Қазақстан мемлекеттік бағдарламасын бекіту туралы Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2017 жылғы 12 желтоқсандағы № 827 Қаулысы.

[2] Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: доклад. к XXII Международной. научной конференции по проблемам развития экономики и общества. – Москва, 2021 г. – 235 б.

[3] Alibekkyzy K, Wojcik W, Vyacheslav K, Belginova S. Robust data transfer paradigm based on VLC technologies. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2021 Little Lion Scientific. 15th February 2021. Vol.99. No 3.

[4] Морозова О.В., Романова Е.В., Корнев В.А. Моделирование бизнес-процессов сложных организационно-технических систем: Монография: Морозова О.В., Романова Е.В., Корнев В.А. - М.: Изд-во МЭСИ, 2015.-244 б.

[5] Якушев В. В. ТОЧНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА. — СПб.: ФГБНУ АФИ, 2016 год. — 364 б.

[6] Ардашкин И.Б. Смарт-технологии как феномен: концептуализация подходов и философский анализ. являются ли смарт-технологии действительно умными? – Томск, ТГУ. Вестник Томского государственного университета Философия. Социология. Политология. 2018. № 43.

[7] José Luis Carrasco-Sáez, Marcelo Careaga Butter, María Graciela Badilla-Quintana. The New Pyramid of Needs for the Digital Citizen: A Transition towards Smart Human Cities // Sustaina-bility. 2017. № 9, 2258. doi: 10.3390/su9122258 (дата обращения: 27.03.2018).

[8] Gorbunov, D.V. & Nesterov, A.Yu. (2017) Technological future of Russia: the challenge of the "third nature". VestnikSamarskogo universiteta. Aerokosmicheskaya tekhnika, tekhnologii i mashi-nostroyeniye - Vestnik of Samara University. Aerospace And Mechanical Engineering. 16(4). pp.

[9] Nikitina, E.A. (2016) The problem of subjectivity in intellectual robotics. Filosof-skiye prob-lemy informatsionnykh tekhnologiy i kiberprostranstva - Philosophical problems of IT and Cyberspace. 2(12). pp. 31-39. (In Russian). DOI: 10.17726/philIT.2016.12.2.3.

[10] Györök Gy., Lakner J., and Makó M. Robust Electronic Application by PSoC // 10th IEEE Jubilee International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics-SAMI, 2012. – Slovakia, Herlany. – pp. 405-409.

Talshyn Keribayeva, master's degree, senior lecturer, Civil Aviation Academy,Almaty, Kazakhstan, talshyn.keribayeva@agakaz.kz

Marjan Esmagambetova, master's degree, Karaganda University of Kazpotrebsoyuz, Karaganda, Kazakhstan, marzhan1983@mail.ru

Karlygash Alibekkyzy, PhD, senior lecturer, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, Karlygash.eleusizova@mail.ru

A NEW PARADIGM OF DIGITAL TRANSFORMATION OF SMART MANAGEMENT OF MULTIPARAMETRIC SYSTEM

Annotation. The purpose of the work is to improve the quality of the management process of the system of the territorial service for monitoring and prevention of emergency situations. The achievement of the goal is proposed to be solved by improving the information and analytical support of the management system. In the proposed study, two scientific and practical tasks are solved: the development of a formal method for quantifying the quality of management of a complex multi-criteria organizational and technical system under conditions of statistical uncertainty of management agents; formalization of the process of quantitative assessment of decision-making risks in the environment of statistical uncertainty of management agents. Probabilistic and simulation models have been developed to solve the tasks of assessing and predicting the risks of control and decision-making, under conditions of statistical uncertainty. The verification of theoretical prerequisites is implemented by computer modeling using a software application developed for these purposes. The developed multi-approach

methodology of integrated quantitative assessment of the quality of management of the territorial system of monitoring and prevention of emergency situations is new in the class of solving such problems.

Keywords. Management, emergencies, process, model, risk, distribution law, information, uncertainty, monitoring.

Талшын Керибаева, магистр, старший преподаватель, Академия гражданской авиации, Алматы, Казахстан, talshyn.keribayeva@agakaz.kz

Маржан Есмагамбетова, магистр, Карагандинский университет Казпотребсоюза, Караганда, Казахстан, marzhan1983@mail.ru

Карлыгаш Алибеккызы, PhD, старший преподаватель, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан, Karlygash.eleusizova@mail.ru

НОВАЯ ПАРАДИГМА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СМАРТ УПРАВЛЕНИЯ МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Аннотация. Целью работы является повышение качества процесса управления системы территориальной службы мониторинга и предупреждения чрезвычайных ситуаций. Достижение цели предлагается решать путем совершенствования информационно-аналитического обеспечения системы управления. В предлагаемом исследовании решаются две научно-практические задачи: разработка формального метода количественного оценивания качества управления сложной многокритериальной организационно-технической системой в условиях статистической неопределенности агентов управления; формализация процесса количественного оценивания рисков принятия решений в среде статистической неопределенности агентов управления. Для решение поставленных задач оценки и прогнозирования рисков контроля и принятия решений, в условиях статистической неопределенности, разработаны вероятностная и имитационные модели. Проверка теоретических предпосылок реализована компьютерным моделированием с использованием программного приложения, разработанного для этих целей. Разработанная многоподходная методика интегрированного количественного оценивания качества управления территориальной системы мониторинга и предупреждения чрезвычайных ситуаций является новой в классе решения подобных задач.

Ключевые слова. Управление, чрезвычайные ситуации, процесс, модель, риск, закон распределения, информация, неопределенность, мониторинг.

****

ӘОЖ 625.033.3 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-88-95**

Ж.С.Мусаев[1]✉, А.Жауыт[2], К.С.Мустапаев[1], Н.Г. Мусин[1], Б.Б.Курмашев[1]
1Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан
[2]Ғ.Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: m.zhanat@alt.edu.kz

ЖЫЛЖЫМАЛЫ ҚҰРАМНАН ПАЙДАЛАНУ ЖҮКТЕМЕЛЕРІНІҢ ТЕМІР ЖОЛҒА ӘСЕРІ МӘСЕЛЕСІНЕ

Аңдатпа. Вагондардың осьтік жүктемелерінің 23-тен 25 тоннаға дейін ұлғаюы - жолдың типтік конструкцияларындағы күш, жер төсемінің негізгі алаңындағы кернеулердің артуына себеп болды. Кернеулер тек осьтік жүктемелерге және жылжымалы құрамның жүріс бөліктерінің динамикалық сипаттамаларына ғана емес, сонымен қатар жылжымалы құрамдағы осьтердің орналасуына да байланысты.

Осьтік жүктемелердің артуы және вагондар осінің ұлғаюы жер төсемінің серпімді деформацияларының өсуіне және жолдың жоғарғы құрылымының тұрақтылығын қамтамасыз ететін топырақ қабаттарының пайдалану сапасына байланысты бөлігінде балласт призмасының қалдық деформацияларының белсендірілуіне әкеледі.

Мақалада дәстүрлі осьтік жүктемесі 23,5 тоннадан 27 тоннаға дейінгі төрт осьті жартылай вагондардың әсеріне қатысты кернеудің жоғарылауына талдау жасалды. Жер төсемінің серпімді шөгінділерін азайту және жол құрылымдарын күшейту арқылы ондағы кернеулерді азайту мақсатында жер төсемін күшейту бойынша кейбір ұсыныстар жасалды.

Түйінді сөздер. Теміржол жолы, жылжымалы құрам, осьтік жүктеме, пайдалану жүктемесі, жолдың деформациясы, талдау, ұсыныстар.

Кіріспе.

Үздіксіз өсіп келе жатқан жүк айналымы теміржолдардың тасымалдау және өткізу қабілетін арттыру бойынша бірқатар шараларды қажет етеді. Темір жол көлігі перспективаларының болжамдары темір жолдардағы пайдалану жүктемелерінің ұлғаюы әлі де желі ұзақтығының ұлғаю қарқынын өтейтінін көрсетеді. Демек, желілердің жүк кернеулігінің өсуі сөзсіз. Жолдардың тасымалдау қабілетін арттыруға жолдың 1 м жүктемесін және пойыздардың ұзындығын арттыру арқылы пойыздардың салмағының артуы ықпал етеді.

Жүргізілген зерттеулердің талдауы көрсеткендей, бірінші кезекте вагон паркін жетілдіру керек, яғни оны ауыр жүктермен, соның ішінде сегіз осьті, жартылай вагондармен және 1 м жолға 8-8,5 тонна-күш орташа жүктемесі бар цистерналармен, ал болашақта - осындай жүктемелер мен салмақтарға қол жеткізу үшін 11-12 тонна-күш/м дейінгі жүктемесі бар ұлғайтылған габаритті вагондармен толықтыру қажет 8-10 мың тонна-күшке дейінгі пойыздарда вагондардың осьтік жүктемелерін 27 тонна-күш-ке дейін, тепловоздар мен электровоздарды 27-30 тонна-күш-ке дейін арттыру мүмкіндігі зерттелуде. Жылжымалы құрамның динамикалық сипаттамаларының жоспарланған жақсаруына қарамастан, осьтік жүктемелер мен жүктемелердің 1 м жолға артуы жолға күш әсерінің артуына әкеледі. Өсіп келе жатқан пайдалану жүктемелерін қабылдау үшін жолды күшейту және жол шаруашылығын жетілдіру жоспарлануда.

Жолды күшейту үшін осы және басқа шараларды жүргізу белгілі бір дәрежеде өсіп келе жатқан динамикалық жүктемелердің жер төсеміне теріс әсерін әлсіретеді, бірақ оны толығымен жоймайды. Осылайша, болашақта ұзақ уақыт жұмыс істейтін жер төсемін

нығайтудың өзектілігі артады және бұл мәселенің ауырлығы төмендемейді, әсіресе жолдың жоғарғы құрылымын едәуір күшейту кезінде де максималды жүктеме кернеуі бар желілерде.

Жолдың жұмыс жағдайының көрсеткіштеріне жүктеменің артуының әсерін кешенді талдауды Г.М.Шахунянц берген [1]. Бұл жұмыста жоғарыда аталған осьтік жүктемелері бар жылжымалы құрамның бір реттік әсерлері қазіргі рельстерде, шпалдарда, балластта, жер төсемінде бұзылулар тудырмайтындығы көрсетілген. Бірақ, Г.М.Шахунянцтың пікірінше, жол элементтері материалдарының қалдық деформациялары мен шаршау өзгерістерінің рұқсат етілген шекті мәндері және олардың жинақталу қарқындылығы сақталып қана қоймай, жоғары жүктеме жағдайында ерекше айқындыққа ие болады. Жолдың жоғарғы құрылымының элементтерінде зақымданудың жинақталуының сандық көрсеткіштерін белгілей отырып, Г.М.Шахунянц олардың қызмет ету мерзімі қандай шектерде қысқаруы мүмкін екенін және жолдың ағымдағы күтіміне қандай қосымша шығындар қажет болатынын көрсетті. Сонымен қатар, ол осы элементтердің жұмыс беріктігін арттыру бойынша мүмкін болатын іс-шараларды, атап айтқанда жылжымалы құрамның динамикалық қасиеттерін жақсартуды және теміржол жолының жоғарғы құрылымы мен бүкіл құрылымының элементтерінің беріктігін арттыруды, соның ішінде рельс астындағы Плиталық негіздерді төсеу арқылы атап өтті. Қарастырылып отырған жұмыста жер төсемін нығайту бойынша ұсыныстар берілгеніне қарамастан, жоғарыда айтылғандардан жер төсемінің серпімді шөгінділерін азайту және жол құрылымдарын күшейту арқылы ондағы кернеулерді азайту қажеттілігі туралы қорытынды жасалады.

Материалдар мен тәсілдер.

Инновациялық жылжымалы құрамға арналған вагондардың жүріс бөліктерінің конструкциялары әлі де жетілу сатысында, сондықтан олардың жол конструкцияларына күштік әсерін есептік анықтау одан әрі зерттеуді қажет етеді. Алайда, әртүрлі конструкциялардың жылжымалы құрамын пайдалану тәжірибесі мен тәжірибелі вагондарды сынау нәтижелерін ескере отырып, жер төсеміндегі тік кернеулердің өзгеруі әлі де осьтік жүктемелерге байланысты болады және сол сияқты тереңдікте өзгереді деп болжауға болады, өйткені жол құрылымдары мен жылжымалы құрамның тез түбегейлі қайта құрылуы күтілмейді. Көрсетілген болжамдар мен жер төсегіндегі кернеулерді анықтау нәтижелерін ескере отырып, вагондардың осьтік жүктемелері 23,5-тен 27 тонна-күш-ке дейін көтерілген кезде, шпалдардың төменгі төсегінен 80 және 120 см тереңдіктегі кернеулер кестеде келтірілген шамаларға жетеді деп болжауға болады (1 кесте).

1 кесте

Жартылай вагондар	Қабаттың тереңдігі, см	Кернеулер, кгс/см^2, осьтік жүктеме кезінде, тонна-күш		23,5 тонна-күш осьтік жүктемесі бар төрт осьті жартылай вагондардың әсеріне қатысты кернеулердің артуы
		23,5	27	
Төрт-осьті	80	0,625	0,74	1,19
	120	0,422	0,5	1,19
Алты-осьті	80	0,701	0,83	1,33
	120	0,488	0,58	1,38
Сегіз-осьті	80	0,835	0,99	1,59
	120	0,592	0,7	1,67

Жер төсемінің негізгі алаңының деформацияларының кернеулерге және олардың градиенттеріне тәуелділігі әлі анықталған жоқ, ол тек жалпы түрінде белгілі, сондықтан

балласт қабаты мен сазды топырақтардан жасалған жер төсемінің жоғарғы бөлігінің дизайнына сандық талаптар қою қазіргі уақытта мүмкін емес. Алайда, өнеркәсіптік көлік жолдарында осьтік жүктемелері жоғары вагондарды пайдаланудың оң отандық тәжірибесіне, сондай-ақ шетелдік тәжірибеге (АҚШ, Канада және т.б.) сүйене отырып, қалдық деформациялардың шамадан тыс жиналуын болдырмау үшін белгілі бір шаралар қажет деп айтуға болады.

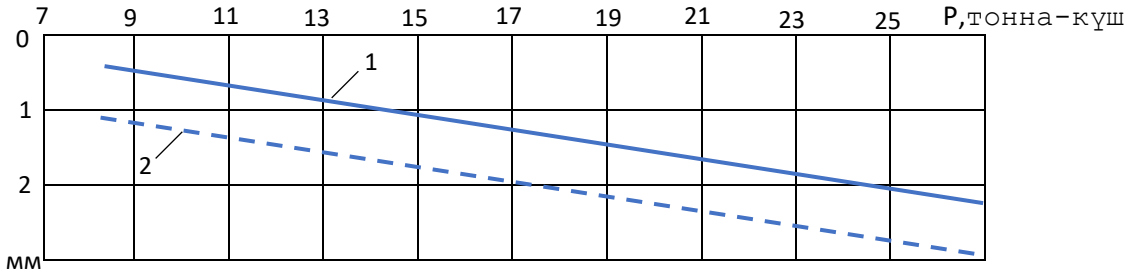
Ұлғайған жүктемелерді қабылдау жолын дайындау кезінде оның тұрақтылығын арттырудың әртүрлі тәсілдері қарастырылуы керек: күрт төмендеу, ал кейбір жағдайларда шұңқырлы деформацияларды (шұңқырлар, көктемгі шөгінділер) толығымен алып тастау; негізгі алаңның топырақтарын нығайту; жолдың жоғарғы құрылымының неғұрлым жетілдірілген конструкцияларына көшу. Әрине, қауіпті деформациялары бар жерлерде (негізгі алаңның балласт ойықтары, беткейлердің ағындары, көшкіндер және т.б.) жер төсемін күрделі жөндеу қажет.

Пойыздар қозғалысында ұзақ үзіліске жол берілмегендіктен, топырақты ауыстыру мүмкіндігі іс жүзінде алынып тасталған қолданыстағы жүк кернеулі теміржолдарда табанның тұрақтылығы деформацияға қарсы жастықшаларды төсеу арқылы артады. Әлбетте, негізгі нұсқалардың ішінде бұл іс-шараны және ұлғайтылған жұмыс жүктемелерін қабылдау жолын дайындау жағдайында қарастырған жөн.

Нәтижелер.

23,5-25 тонна-күш осьтік жүктемелері бар төрт осьті вагондардан вагон паркіне көшу және желілердің жүк кернеулігін бірнеше есе арттыру көктемгі тозуға ұшыраған сазды топырақтардан жер төсемінің жоғарғы бөлігінде дренажды материалдар қабаттарының қалыңдығын 1,2-1,4 м дейін ұлғайту қажеттілігінің басты себептері болып табылады. Осьтік жүктемелерді 27 тонна-күш-ке дейін арттырған кезде бұл мәнді тағы 10-20% арттыруға тура келеді. Бұл жағдай пайдаланылатын жер төсемі конструкцияларының жол салу кезінде жүзеге асырылған конструкциялардан айырмашылықтарын одан әрі тереңдетуге әкеледі.

Төрт-осьті вагондардағы осьтік жүктемелердің артуы серпімді шөгінділердің өсуіне әкеледі, олар 8-25 тонна-күш шегінде жүктемелердің өзгеруіне сызықтық пропорционалды. Бұл вагондардың осьтік жүктемелерін 27 тонна-күш дейін арттыру бұл тәуелділіктің сипатын айтарлықтай өзгертпейді деп болжауға болады. Бұл болжам 25 тонна-күш осьтік жүктемесі бар вагондардың әсерінен жер төсемінің серпімді шөгінділерінің мөлшерін болжауға мүмкіндік береді. Тұнбаның осьтік жүктемелерге белгіленген тәуелділіктерін қолдана отырып және оларға вагон осьтерінің әсерін ескере отырып (1 сурет) осьтік жүктемелер 27 тонна-күш-ке дейін артқан кезде жауын-шашын төрт осьті вагондармен жұмыс істегенде 15-17%-ға және сегізінші вагондармен жұмыс істегенде 35-40%-ға артады деген қорытынды жасауға болады.



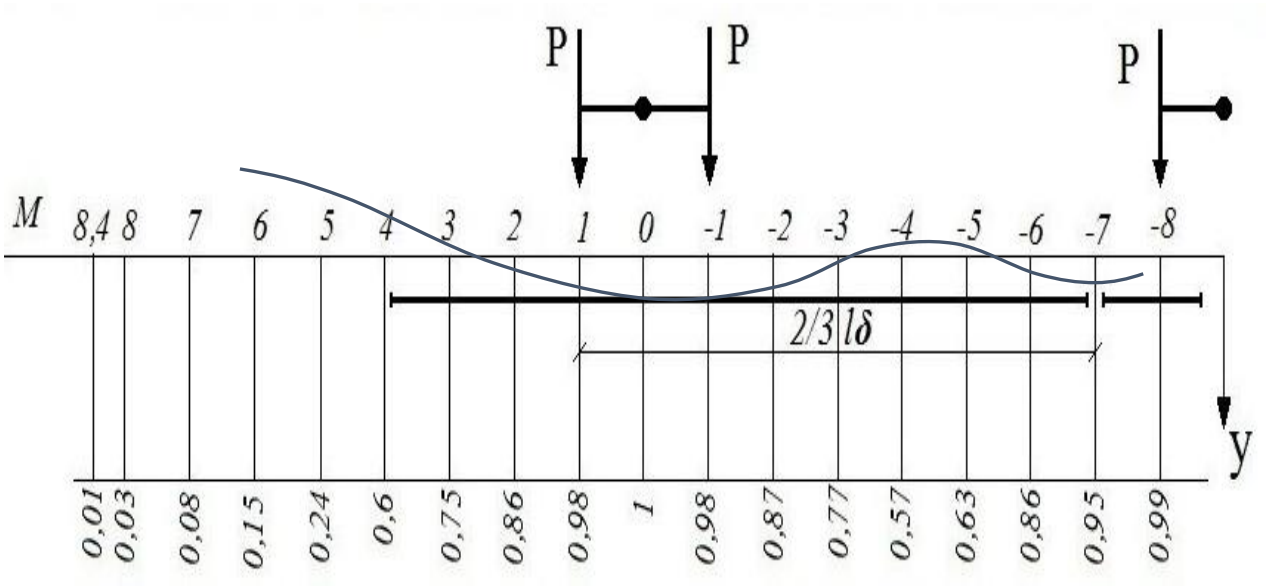
1 сурет - Жер төсемінің серпімді шөгінділерінің осьтік жүктемелерге тәуелділігі
1 – төрт-осьті жартылай вагондардың астында;
2 – сегіз-осьті вагондардың астында

Бұл жағдайда балласт призмасының бүйірлік циклдік қозғалыстарының өсуі (2 сурет) көрсетілген шамалардан біршама асып түседі. Бұл процестің зиянды салдарын жоюға жер төсемі мен жолдың жоғарғы құрылымының мақсатты өзгерістері ықпал етеді. Жолдың жоғарғы құрылымының қолданыстағы конструкциясын негізгі жақсартулар қатарында сақтай отырып, жер төсемінің жоғарғы 2-3 метрлік бөлігіндегі топырақты үлкен серпімділік модулі бар материалдармен (тасты, құмды) ауыстыру, балласттық призманың енін ұлғайту, балласт призмасының бос биіктігін азайту (балласттың шетінен жоғарғы жағына дейінгі қашықтық), берік жыныстардың қиыршық тастарынан балласт материалдарын төсеу деп атаған жөн және т.б. [2].

Теміржолдардың пайдалану сенімділігін арттырудың маңызды резерві жолдың жаңа конструкцияларын, атап айтқанда үздіксіз темірбетон негізімен енгізу болуы мүмкін. Зерттеулердің нәтижелері мен темірбетон негізі бар жолды пайдалану тәжірибесі осы құрылымды одан әрі енгізудің орындылығын көрсетеді, бірақ ірі блокты конструкцияларды, сондай-ақ оларды төсеу және ағымдағы ұстау әдістерін жетілдірген жағдайда. Құрылымдардың едәуір меншікті салмағы және олардың салыстырмалы түрде үлкен сызықтық өлшемдері рельсті шпал жолын ұстаудағы ұқсас жұмыстармен салыстырғанда түзету жұмыстарының күрделілігін арттырады. Бұл жағдай басқалармен қатар маңызды емес, темірбетон конструкцияларымен жол негізінің тұрақтылығына жоғары талаптар қояды. Профильде және жөндеу аралық кезеңдердегі деңгей бойынша темірбетон конструкцияларын түзету қажеттілігін болдырмау үшін жер төсеміне тәуелді бөлікте жоспардағы және профильдегі табан шегіністерінің жинақталу қарқындылығы күрт төмендеп, нөлге жақын болуы керек. Осыған байланысты қолданыстағы талаптардан басқа, жүктемелерді жолдың жоғарғы құрылымынан жер төсеміне беру жағдайларын жақсарту қажеттілігінен туындайтын жаңалары пайда болады.

Талқылау.

Пайдалану тәжірибесі мен зерттеулер көрсеткендей, плиталық блоктар олардың негізінің бүкіл бетімен балласт қабатына тірелмейді және пойыздар қозғалған кезде көлденең оське қатысты бұрылады, нәтижесінде блоктар мен олардың негізі арасында кері соққылар пайда болады. Кері қарсылық мәндері жылжымалы құрамның күш әсерлеріне (осьтік жүктемелер, вагонның конструкциясы), рельс калибрін күтудің мұқияттылығына, темірбетон блоктарының қаттылығы мен өлшемдеріне, жер асты қабатының сығылғыштығына байланысты. Топырақтар 1-1,2 м тереңдікте орналасқан, яғни жеке шпалдардың күш әсері жойылатын жер асты қабаттарының серпімді шөгінділерін өлшеу шөгінділер диаграммасында суретте көрсетілген контурлар бар екенін көрсетті (2 сурет). Осы диаграмманы талдаудан шығатыны, жауын-шашынның ең көп мөлшері арбалардың ауырлық центрлерінің астында болады, жауын-шашын арбаның бірінші осінен 7-8 м қашықтыққа дейін, ал арбалар арасындағы қашықтыққа дейін созылады. 5-8 м арбалар, жылжымалы қондырғылардың ортасының астындағы шөгінділер жоғалмайды және максимумның 50-60% дейін мәні болуы мүмкін. Серпімді іргетас төсемдер диаграммасының сұлбасы серпімді іргетаста орналасқан шекті ұзындықтағы арқалықтардың жүктемелері кезіндегі ауытқулар диаграммасынан ерекшеленеді және бұл салыстырмалы түрде қатты темірбетон плиталары мен олардың іргетасының арасындағы кері шегіністердің пайда болуын сөзсіз етеді.



2 сурет - *P* жүктемелеріндегі жер асты қабатының бойлық қимасындағы серпімді шөгінділердің диаграммасы (*y* – салыстырмалы деформациялар)

Жылжымалы жүктемелердің түрлерін ескере отырып, блоктардың ұзындығын және олардың қаттылық сипаттамаларын таңдау ойын өлшемдерін қажетті минимумға дейін төмендетуі мүмкін. Әлбетте, қысқа блоктарда (0,5-1 м) темірбетон негізі жер төсемі мен балласт қабатының орын ауыстыруынан (шөгінділерінен) кейін айтарлықтай ойынсыз шөгуі мүмкін. Блоктардың ұзындығы 4-6 м және олардың қаттылығы жоғары, берілген диаграммаға сәйкес тұнба (2 сурет) ойын маңызды болады. Блоктардың ұзындығын одан әрі ұлғайту, олардың қаттылығын сақтай отырып, әрине, ойын шамаларының төмендеуіне әкеледі, өйткені жер төсемінің жауын-шашыны жол бойында біркелкі болады. Әрине, блоктардың ұзындығы қалағаныңызша үлкен болуы мүмкін емес. Поездық жүктемелер астындағы жер төсемінің серпімді деформацияларын және тік және көлбеу (соның ішінде көлденең) жүктемелерді қабылдайтын құрылыстарды салу тәжірибесін бақылау деректерін басшылыққа ала отырып, ойынды едәуір азайту үшін блоктардың ұзындығын таңдау керек деп болжауға болады *Lб* блок бір уақытта екі жүктемеден (арбадан) аз қабылдайтындай етіп, ал егер ол тек қана әрекет етсе бір жүктеме, содан кейін ол блоктың ұзындығының орта үштен біріне орналастырылуы керек (2 сурет). Бұл шарт арақатынасқа әкеледі:

$$2L_б/3 \geq L_б \,, \qquad (1)$$

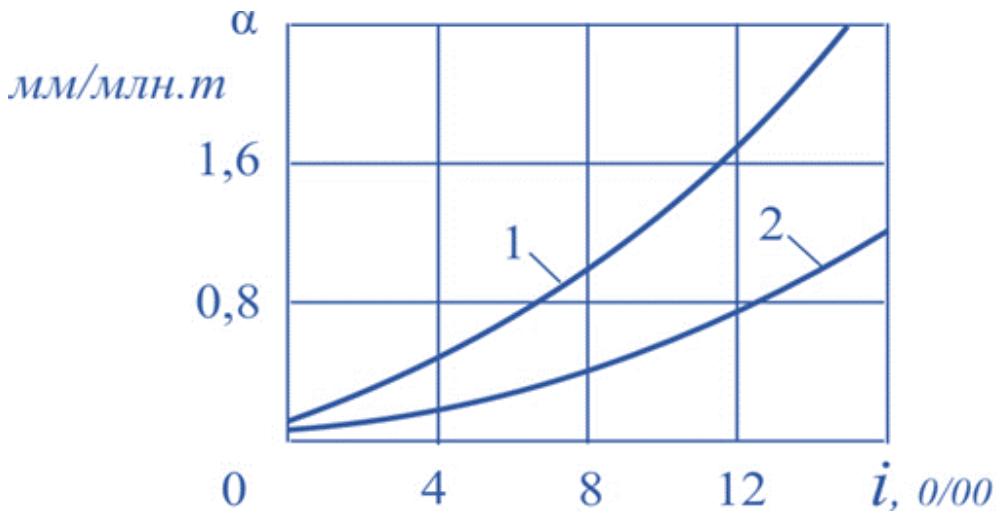
мұндағы *Lb* – есеп айырысу жылжымалы бөлімшесінің негізі.

Жылжымалы құрамның заманауи түрлерімен көрсетілген қатынасты қанағаттандыратын блоктардың ұзындығы шамамен 12-15 м болуы керек, бұл оларды төсеу жұмыстарын айтарлықтай қиындатады. Әлбетте, басқа шешімдер мүмкін, бірақ олар төсеніш қабатының серпімді деформациясын ескеруі керек [3].

Темірбетон негізі бар жолдың құрылымы мен мазмұнының маңызды ерекшелігі - жер төсемінің топырақтарының толып кетуімен бірге қатып қалуға байланысты болатын плиталардың маусымдық қозғалысын азайту қажеттілікті болып көрінеді. Зерттеулер көрсеткендей, темірбетон плиталарының маусымдық деформацияларының мөлшерін балласт призмасының дизайнын өзгерту және жоғарғы құрылымда жылу оқшаулағыш материалдарды қолдану арқылы азайтуға болады, бірақ ең тиімдісі жер төсемінің

жиналуын азайтуға мүмкіндік беретін дренажды топырақты ішінара ауыстыру болды. Жалпы сәулелену шамаларының өзгеруі топырақты ауыстыру тереңдігіне пропорционалды емес, тереңдіктегі сәулелену қарқындылығының белгілі үшбұрышты пішініне сәйкес болды.

Сонымен, тек балласт қабатының бұзылуына және қалдық деформациялардың жиналуына байланысты (3-сурет) жолды тегістеу үшін үлкен қосымша еңбек шығындары қажет, олар орташа есеппен ағаш және темірбетон шпалдармен жолға сәйкесінше 20 және 75% құрауы мүмкін (толқын тәрізді соққылардың 2‰ көлбеуімен).



1-темірбетон шпалдар; 2-ағаш шпалдар
3 сурет - Балласт (а) қалдық деформациялардың жинақталу қарқындылығының і ‰ бұзушылықтардың көлбеуіне тәуелділігі

Қорытындылар.

Қарастырылып отырған проблемамен байланысты жол мен жылжымалы құрамның өзара іс-қимылы саласындағы техникалық прогрестің негізгі бағыттары мыналар болып табылады: жолдың жоғарғы құрылысының қазіргі заманғы типтерін енгізу және жоғары пайдалану төзімділігіне ие жаңаларын әзірлеу; жолдың жоғарғы құрылысын желілердің негізгі пайдалану көрсеткіштеріне (жүк кернеулігі, жүктеме, қозғалыс жылдамдығы) сәйкестендіру; жұмыстың ең жоғары мүмкін көлемін көшіру жоспарлы жөндеу жүргізу кезеңдеріне рельстердің қажетті жай күйін қамтамасыз ету бойынша; темір жолдың тұрақты құрылыстарын - жер төсемі мен жасанды құрылыстарды күшейту.

Жоғарыда айтылғандар жылжымалы құрамның жаңа перспективалық түрлерін және айналымдағы жүктемелерге сәйкес келетін жолдың жоғарғы құрылымының күшейтілген конструкцияларын енгізу осьтік жүктемесі жоғары жылжымалы құрамның айналым перспективасын ескере отырып, жер төсемін уақтылы күшейту қажеттілігін тудыратынын көрсетеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Шахунянц Г.М. Железнодорожный путь. Учебник для студентов и аспирантов вузов железнодорожного транспорта. - Москва: Транспорт, 1987. - 479 с.

[2] Шапетько, К. В. Исследования накопления деформаций железнодорожного пути на участке испытаний вагонов с осевой нагрузкой 27 тс / К. В. Шапетько // – 2017. – Т. 76. – № 4. – С. 238-242.

[3] Мусаев Ж.С. и др. К вопросу расчета угона пути тяжеловесными поездами/ Вестник КазАТК, 2018, №4 (107), с. 60 – 65.

Zhanat Musaev, doctor of technical sciences, professor, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, m.zhanat@alt.edu.kz

Algazy Zhauyt, PhD, associate professor, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, a.zhauyt@aues.kz

Koldasbay Mustapaev, senior lecturer, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, k.mustapaev@alt.edu.kz

Nurlan Musin, assistant teacher, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, n.musin@alt.edu.kz

Baurzhan Kurmashev, senior lecturer, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, b.kurmashev@alt.edu.kz

ON THE ISSUE OF THE IMPACT OF OPERATIONAL LOADS FROM ROLLING STOCK ON THE RAILWAY TRACK

Abstract. An increase in the axial loads of wagons from 23 to 25 tc with standard track designs caused an increase in stresses on the main platform of the roadbed. The stresses depend not only on the axial loads and dynamic characteristics of the running gear of the rolling stock, but also on the arrangement of the axles in the rolling stock.

An increase in axial loads and an increase in the axle capacity of wagons leads to an increase in elastic deformations of the roadbed and activation of residual deformations of the ballast prism in part depending on the operational qualities of the soil layers that ensure the stability of the upper structure of the track.

The article analyzes the increase in stresses relative to the impact of four-axle gondola cars with a traditional axial load of 23.5 tc to 27 tc. Some recommendations have been developed to strengthen the roadbed, in order to reduce the elastic sediments of the roadbed and reduce the stresses arising in it by strengthening the track structures.

Keywords. Railway track, rolling stock, axial load, operational load, track deformation, analysis, recommendations

Жанат Мусаев, д.т.н., профессор, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, m.zhanat@alt.edu.kz

Алғазы Жауыт, PhD, ассоциированный профессор, Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, Алматы, Казахстан, a.zhauyt@aues.kz

Колдасбай Мустапаев, сеньор-лектор, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, k.mustapaev@alt.edu.kz

Нурлан Мусин, ассистент-преподаватель, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, n.musin@alt.edu.kz

Бауржан Курмашев, сеньор-лектор, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, b.kurmashev@alt.edu.kz

К ВОПРОСУ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ НАГРУЗОК ОТ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ПУТЬ

Аннотация. Увеличение осевых нагрузок вагонов с 23 до 25 тс при типовых конструкциях пути, вызвало повышение напряжений на основной площадке земляного

полотна. Напряжения зависят не только от осевых нагрузок и динамических характеристик ходовых частей подвижного состава, но и от расстановки осей в подвижном составе.

Повышение осевых нагрузок и увеличение осевых вагонов ведет к возрастанию упругих деформаций земляного полотна и активизации остаточных деформаций балластной призмы в части, зависящей от эксплуатационных качеств грунтовых слоев, обеспечивающих стабильность верхнего строения пути.

В статье выполнен анализ увеличения напряжений относительно воздействия четырехосных полувагонов с традиционной осевой нагрузкой 23,5 тс до 27 тс. Разработаны некоторые рекомендации по усилению земляного полотна, с целью уменьшения упругих осадок земляного полотна и снижения возникающих в нем напряжений за счет усиления конструкций пути.

Ключевые слова. Железнодорожный путь, подвижной состав, осевая нагрузка, эксплуатационная нагрузка, деформация пути, анализ, рекомендации.

****

УДК 629.423:621.331.02 DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-96-104

С.С.Абдуллаев[1], Б.Ш. Дүйсембаева[2], А.С. Абдуллаева[3], Е.Н. Аскенов[1]
[1]Satbayev University, Алматы, Казахстан
[2]Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
[3]Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан
E-mail: Seidulla@mail.ru

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЛЬСОВОГО ПУТИ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ

Аннотация. Стыковые неровности представляют собой одну из составляющих возмущений, действующих на подвижной состав со стороны железнодорожного пути. Необходимость изучения особенностей стыковых неровностей возникает в ходе решения ряда исследовательских задач: при оценке динамико-прочностных, ходовых свойств нового подвижного состава, при оценке состояния железнодорожного пути и пр. Решение этих и ряда других задач требует построения модели стыковых неровностей и изучения его особенностей. Поэтому задача построения модели стыковой неровности является актуальной и имеющей важные практические применения.

Ключевые слова. Железнодорожный путь, модели стыковой неровностей, экспериментальных записей просадок пути, вагона-лаборатории КВЛ-П 2,0.

Введение.

В нынешнем мире в обстоятельствах повышения перевозочного движения делается важным проблема о переходе в прогрессивные концепции единой диагностики инфраструктуры металлических путей, предоставляющий реализовывать сущность предметов вместе с учётом их практического капиталом, то что гарантирует рациональное расходование вещественных и трудящийся ресурсов.

Потребность формирование высокоскоростного и скоростного движения поездов, строительство новейших ЖД путей потребует существенных дополнительных инвестиций. Один из ориентиров иноваторского развития железнодорожной сферы считаются необходимое условия к безотказности, эксплуатационной готовности, ремонтопригодности и безопасности, в главную очередь ее инфраструктуры.

Поэтому на сегодняшний день становится только важным гарантировать развитие инфраструктуры, ее соотношение абсолютно всем техническим требованиям условиям в обстоятельствах узкого финансирования из-за счет оптимального нахождения, опирающегося на практическое положение инфраструктуры железных путей.

В данной взаимосвязи особенную важность и значимость обретают абстрактные и фактические проблемы изучение динамических свойств в периоды проектирования новейших либо модернизации имеющихся видов подвижного состава. Вместе с учетом влияния соблюдения норм воздействия на путь экипажной части эти вопросы можно успешно решить, если использовать самые современные методы анализа и синтеза динамических систем, широко использовать при этом как вычислительный, так и натурный эксперимент [2] с применением современных ЭВМ и регистрирующей измерения неровности в вагоне-путеизмерителе КВЛ-П 2,0.

Материалы и методы.

Тип экипажа характеризуется набором характеристик: инерционные свойства (массы единичных тел и их факторы инерции), своиства компонентов сочетаний (жесткости и показатели демпфирования), геометрические масштабы.

В процессе движения экипажа согласно рельсовому пути образуются свободные и вынужденные колебания.

Потребность исследования независимых сомнений появляется присутствие переходных (неустановившихся системах перемещения. К примеру, доступ единичной выпуклости дороге, доступ в искривленную, вывод с искривленной, внезапное перемена профиля дороге, атака в стыке рельса, столкновение экипажей и т.д. Диссипативные свойства подвижного состава ЖД путей такие, то что свободные колебания стремительно затухают. Возмущения, инициирующие принуждённые раскачивания, возможно, поделить в три типа: кинематические, силовые и параметрические. Согласно к обстоятельствам деятельность тягового подвижного состава в качестве кинематических возмущений выступают геометрические неровности пути в профиле и плане, неровности на поверхности катания колеса; в качестве силовых – тяговый момент, периодические силы от дисбаланса вращающихся частей дизелей, электрических машин, компрессоров. Параметрические возмущения обусловлены изменениями какого-либо параметра системы.

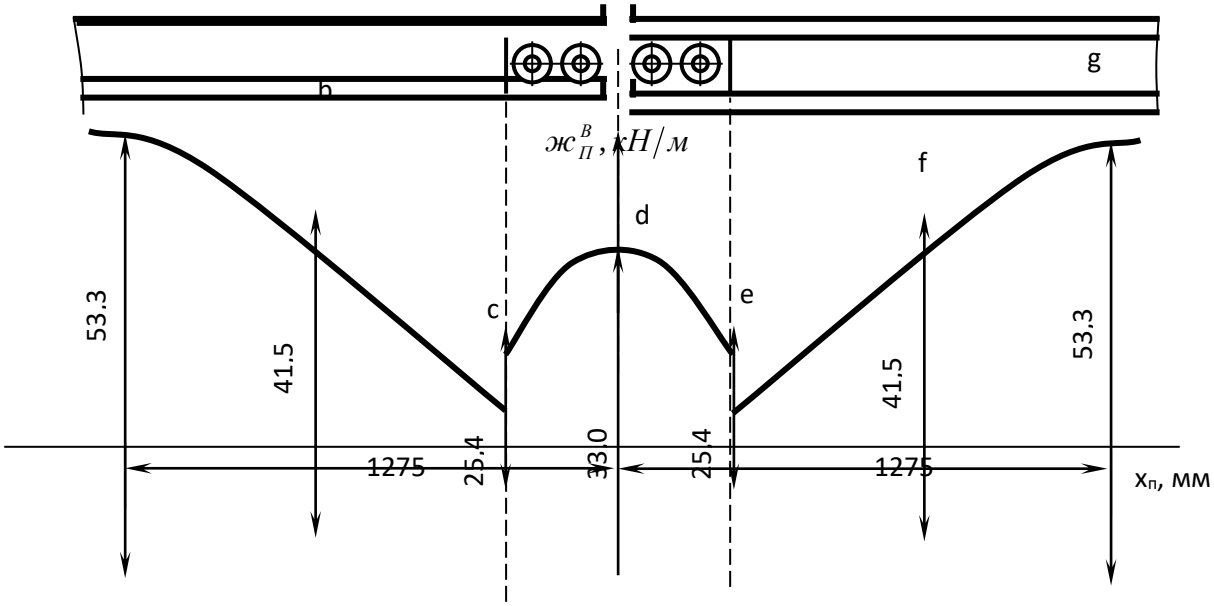


Рисунок 1 - Изменение жесткости пути вблизи стыка рельсов

То, что затрагивает параметрического возмущения, в таком случае воздействие выражается в изменении жесткости пути согласно его протяженности. Согласно грани приближения к стыку вертикальная прочность пути снижается (рисунок 1). Именно этообладает минимальное значение при стыка рельсов – точки *c* и *e*. В центре стыка *c* из-за присутсвия накладки нагрузка переходитв два рельса и прочность несколько разповышается – точка *d*. В рисунке 1 представлены средние значения жесткости и посредственная протяженность стыковой неровности, одинаковая приблизительно 2,55м. В зимнее период прочность ЖД пути способен увеличиваться, в этом количестве и в одностыковой области, в 2,5 – 3 один раз.

В настоящих обстоятельствах перемены жесткости и диссипативных данных согласно координате пути считается случайным. Они находятся в зависимости с системы пути, системы и качества его обслуживания и ремонта, а также от погодных условий. В типичной доли звена отвесная прочность ЖД пути $ж_П^В$ меняется случайно в пределах 30 – 130 кН/мм. В соответствии с данным изменение вертикальной жесткости и параметров диссипации пути согласно его протяженности можно расценивать равно как случайную функцию координат $X_П$.

С целью облегчения измерение кривой можно применять безопасное и элементарное адаптацию конструкции ЦНИИ в типе скобы с целью промера стрел изгиба кривой (рисунок 2). Набор состоит из измерительной линейки и двух схожих скоб со шнуром.

Оседание - неравномерность рельсовой нити в отвесной плоскости согласно взаимоотношению к посредственному степени. Отличия рельсовых нитей в месторасположении согласно степени с нарицательных нормативов находятся в зависимости с множества условий, более значимыми с каковых считаются: разная уровень уплотнения балласта около шпалами, автоугон дороге, различные масштабы шпал, различная насыщенность износа компонентов верхнего постройки дороге, деструкции главной площадки земельного полотна.

Согласно аналогичность и вместе с гармонической кривой, длина ЖД неравномерности общепринято именовать протяженностью волны и в связи с ее величины, просадки делят в длинноватые (вместе с протяженностью волны наиболее 6 м) и краткие (вместе с протяженностью волны вплоть до 6 м).

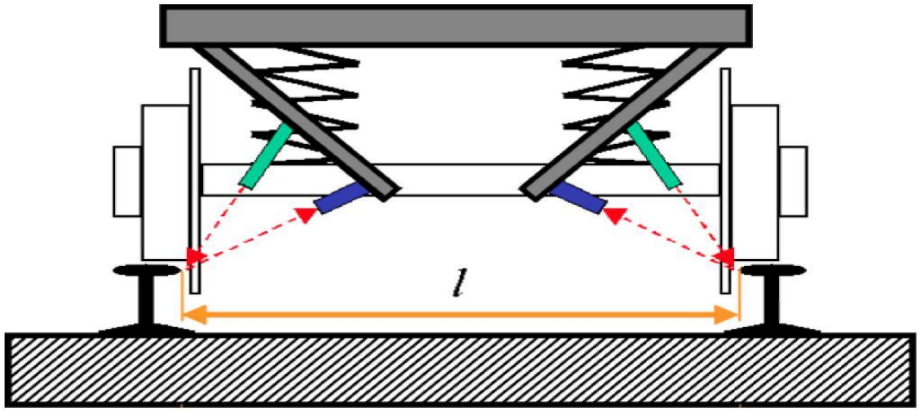


Рисунок 2 - Схема измерения ширины колеи (шаблона)

Строго говоря, процедура появления колебаний в передвигающемся экипаже связан вместе с потребностью изучения нелинейной концепции присутствие параметрических возмущения, так как взаимодействия дороге и подвешивания нелинейно сопряжены вместе с их деформациями. Опытным путем представлено, то что в отвесном течении двух рельсовый подход обладает прочность, меняющуюся согласно грани увеличения перегрузки, подбора промежутков и сжатия около рельсовых подкладок; прочность сначала невысокая существенно увеличивается, а потом остается почти стабильной, т.д. концепция обретает качества прямолинейной.

В путеизмерительных вагонах обычно применяются две схемы замера просадок: в основе кузова вагона и на базе тележки вагона (рисунок 3). Способ замера просадки в базе вагона подразумевает использование трех измерительных колесных пар. Измеряемое смещение средней колесной пары (букса 4) соответствует смещению рельса относительно хорды, соединяющей две соседние колесные пары. В данном случае размер просадки (Δh) обусловливается согласно формулировке, подобному с целью рихтовки, и определяет «понижение» либо «повышение» (бугор) касательно точек хорды 3 и 7 точки 4, отстоящей от них на расстояние b и $L–b$, соответственно.

Разность между исходными просадками и результатом их сглаживания показывает, что вследствие сглаживания имеется вероятность пропуска коротковолновых просадок. В установлении просадок хордовыми способами главной земерной информацией считаются сведения системы датчиков, которые определяют вертикальные передвижения колес относительно кузова вагона. Так как измерения характеристик пути совершаются в условиях динамического взаимодействия, то колебания вагона оказывают значительное влияние на процессы, происходящие в контакте

«колесо-рельс», а, следовательно, вносят дополнительную составляющую в показания датчиков «букса-кузов».

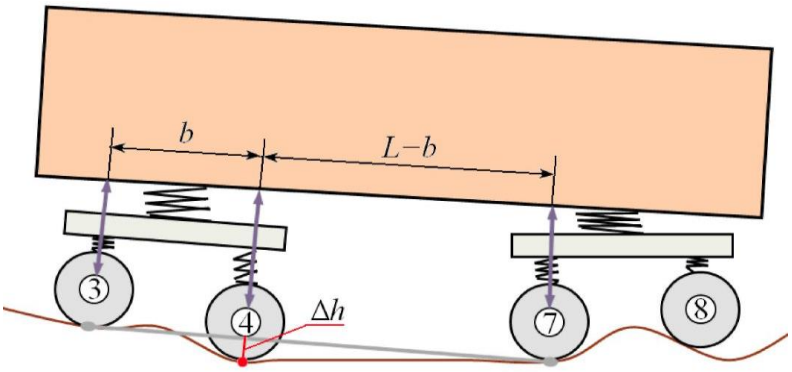


Рисунок 3 – Схема измерения просадки

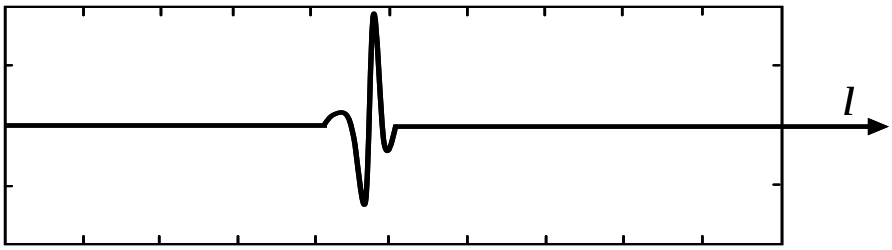
Результаты.

Однако, особенности измерения неровности в вагоне-путеизмерителе КВЛ-П 2,0 [2] значительно влияют на форму регистрируемых стыковой неровностей, что и определяет необходимости построения новой модели стыковых неровностей.

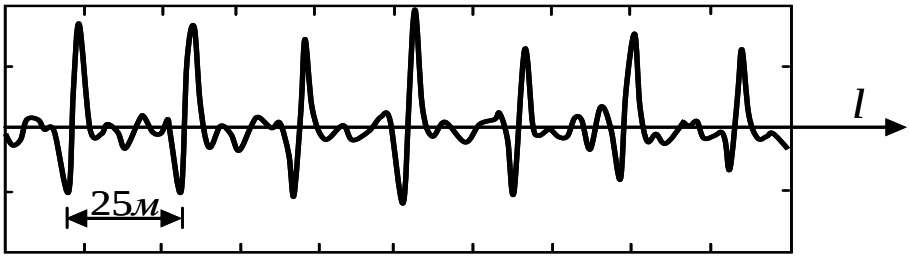
Вагоны КВЛ-П модификаций (контактные) и (бесконтактные) считаются не самодвижущийся, всепогодными Путе измерителями, обеспечивающими при рабочих скоростях (до 80 км/ч – КВЛ-П1, до 120 км/ч – КВЛ-П2,0 и до 160 км/ч – КВЛ-П3) контроль и оценку данных геометрии рельсовой колеи:

1) Взаимного положения двух рельсовых нитей согласно высоте (уровень).
2) Ширины рельсовой колеи (шаблон).
3) Стрел изгиба в плане от несимметричной хорды (рихтовка).
4) Просадок рельсовых нитей в вертикальной плоскости.

Для построения «портрета» стыковой просадок пути на АСОЭД был обработан массив экспериментальных записей просадок пути с визуального различными стыковыми просадками (рисунок 4).



а) одиночная стыковая просадка



б) сигнал, регистрируемый вагоном-путеизмерителем

Рисунок 4 – Просадки пути, регистрируемые вагоном-путеизмерителем

В результате выполненного анализа было выделено 100 «портретов» стыковых просадок амплитудами 8-40 мм, усреднение которых позволило построить «обобщенный портрет» стыковой просадки, а также его аналитическое описание (рисунок 5а):

$$\varphi_c^*(l) = \begin{cases} k(-\frac{1}{3}L) \quad \text{при} \quad l = \overline{0,3}\ м \\ k(-3\frac{2}{9} + \frac{2}{2,7}l) \quad \text{при} \quad l = \overline{3,5,\ 7}\ м \\ k(2\frac{9}{10} - \frac{1}{3}l) \quad \text{при} \quad l = \overline{5,7,\ 8,7}\ м \end{cases}, \tag{1}$$

где k – положительная константа, не влияющая на форму «обобщенного портрета».

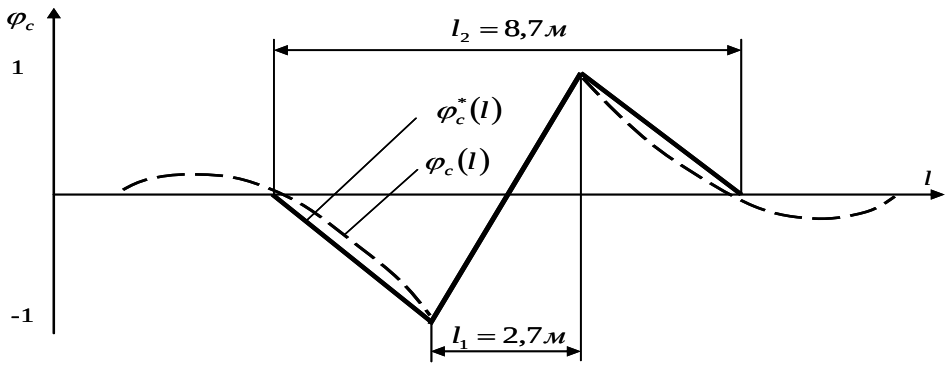


Рисунок 5(а) – «Обобщенный портрет» стыковой просадки

Анализ параметров зарегистрированных стыковых просадок показал, что их период во всех случаях, когда стыковые просадки различимы визуально, составляет 8,7 ± 0,2м, что соответствует 6м ± 0,2м реального железнодорожного пути, так как период просадки, регистрируемой вагоном-путеизмерителем КВЛ-П 2,0 превышает реальную длину вертикальной неровности на величину базы измерительной тележки – 2,7 м (рисунок 5б).

Тот факт, что длины стыковых просадок остаются практически неизменными, может быть интерпретирован следующим образам: рост длины просадки в ходе увеличения её амплитуды происходит лишь при малых значения амплитуд стыковых просадок; начиная с некоторого значения $a_{гр} \approx 8мм$, дальнейшее увеличения амплитуды просадки не сопровождается ростом ее длины.

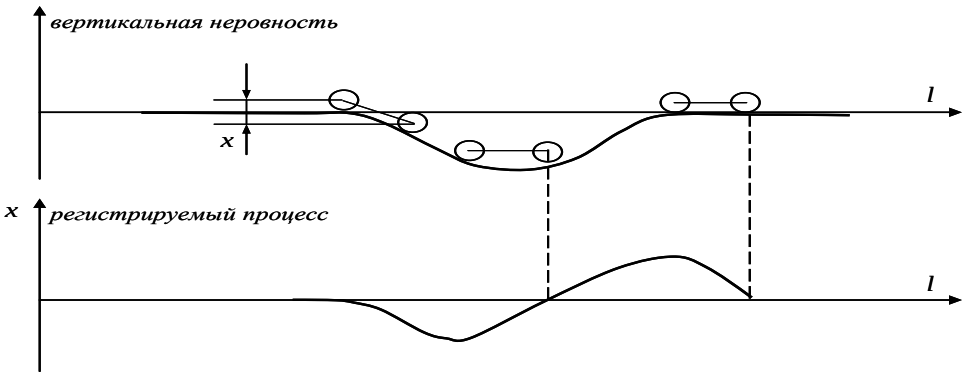


Рисунок 5(б) – Регистрация просадок железнодорожного пути вагоном-путеизмерителем КВЛ-П 2,0

Следует отметить также «боковые лепестки» обобщенного портрета стыковой просадки $\varphi_c(l)$. Их длительности и амплитуды изменяются в широком диапазоне значений (рисунок 6) и обусловлены как самой стыковой просадкой, так и нестыковой просадкой ей предшествующей.

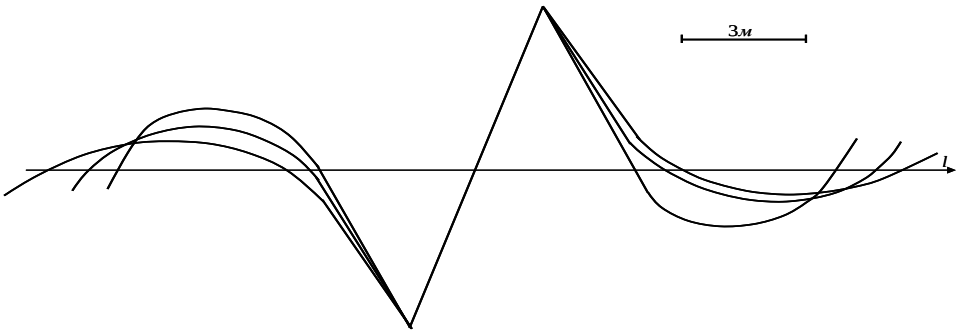


Рисунок 6 – «Боковые лепестки» обобщенного портрета стыковой просадки

Приобретенная форма одностыковой неровности способен являться применена в свойстве одной с элементов восстаний, функционирующих с края пути в динамический структура, присутствие расчетах динамической загруженности подвижного состава железно дорожных путей. Построенный «обобщенный портрет» стыковой просадки может быть применен также для решения задачи выделения и оценки стыковых просадок в сигнале, регистрируемом вагоном-путеизмерителем КВЛ-П 2,0.

Для решения задачи выделения неровностей в зоне стыка рельсов (стыковые просадки), из процесса $x(l)$, регистрируемого вагоном-путеизмерителем, может быть применена линейная фильтрация, записываемая следующим выражением

$$y(l_k) = \int_0^L x(l_k + l)\varphi(l)dl\,, \tag{2}$$

где $\varphi(l)$ – некоторая весовая функция;

L – длина анализируемого отрезка процесса.

Как показано в работе J.E. Jackson, R.A. Bradley. Sequential [4], оптимальная весовая функция для выделения полезного сигнала $V(L)$, скрытого аддитивной помехой $b(l)$ в регистрируемом процессе $x(l)$, определяется выражением:

$$\varphi(l) = kV(l),$$

где k – положительная константа.

Для выделения в регистрируемом процессе составляющей заданной формы необходимо выполнить свертку этого процесса с весовой функцией $\varphi(l)$, определяемой выражением (3), и анализировать полученные таким образом значения. Появления максимума в процессе свертки соответствует наличию в процессе, поступившем на вход решающего устройства, выделяемого фрагмента.

Выделение стыковых просадок в процессе, регистрируемом вагоном-путеизмерителем, на основе метода, изложенного выше, может быть выполнено следующим образом. Для процесса $x(l)$ (поступающего на вход решающего устройства)

протяженностью L вычисляется свертка $y(l)$ с весовой функцией $\varphi_c^*(l)$ согласно выражению (формула приводится для варианта дискретного описания процессов):

$$y_i = \sum_{j=1}^{L1} x_{i+j}\varphi_{cj}^*, \qquad j = \overline{0,(L-L_1)}, \tag{4}$$

где L_1 – длина «обобщенного портрета», выраженная в дискретных отсчетах.

В процессе свертки, описываемом массивом $Y = \{y_j\}$, выделяется семейство максимумов – $\mathrm{Y}_1 = \{y_i^{\max}\}$ – каждому, из которых соответствует наличие просадки в окрестности *i*-й точки исследуемого процесса (x_i), так как форма просадки, характерная для обычной неровности, близка к «обобщенного портрету» стыковой просадки (рисунок 5). Небольшие отклонения форм реальных стыковых просадок от «обобщенного портрета» ведут к уменьшению соответствующего значения $y_c^{\max}$, но, при невысоком уровне зашумления выделяемой просадки, значения максимумов, соответствующих стыковым просадкам – $y_c^{\max}$ – остаются больше значений максимумов, соответствующих нестыковым просадкам – $y_H^{\max}$. Решение о принадлежности просадки к стыковым может быть принято по условию:

$$y_c^{\max} > h, \tag{5}$$

где h – заданное пороговое значение.

Обсуждение.

Обобщая результаты экспериментальных исследований, можно сделать следующие выводы: использование усовершенствованных моделей возмущений в расчетах на этапе проектирования нового подвижного состава позволит получить более достоверные результаты, что способствует сокращению объема необходимых экспериментальных исследований, а, следовательно, уменьшению времени доводки новой конструкции до серийного выпуска. Разработанные вероятностные модели возмущении позволят на этапе проектирования также производить ресурсные (вибрационные) испытания элементов (узлов) конструкции на стендах, не дожидаясь изготовления всего экипажа и получения результатов его испытаний, что также способствует экономии времени на доводку разрабатываемой конструкции.

Заключение.

Таким образом, для выделения стыковой просадки в процессе, регистрируемом вагоном-путеизмерителем, необходимо определить ее «портрет», который и будет являться оптимальной весовой функцией $\varphi(l)$. Для выполнения периодически повторяющихся стыковых просадок весовая функция $\varphi(l)$ будет представлять собой процесс, в котором с периодом, равным длине рельсового звена, будут следовать «портреты» стыковых просадок.

Использование способов автоматического отделения, оценки и систематизации возмущений в основе бортовый электронно-вычислительная машина вагона-лаборатории, созданных в статье, содействует увеличению правдивости и своевременности извлечения итогов присутствие проведении динамико-прочностных тестирований новейшего

мобильного состава. Вероятность извлечения наиболее надёжной данных присутствие изыскании динамических качеств новейшего мобильного состава в периоде его проектирования, снижение размера требуемых опытных изучений, снижение периода доводки системы новейшего мобильного состава вплоть до серийного выпуска устанавливают техническую и финансовую результативность с применения итогов, приобретенных в статье.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Динамические силы на подвижном составе и в пути: сб. науч. тр.// под ред. М.Ф. Вериго, Л.О. Грачевой. – М.: Транспорт, 1976. – Вып. 549. – 93 с.

[2] Высокоскоростной путеизмеритель // Путь и путевое хоз-во. – 1977. – № 9. – С. 46-47.

[3] ИПС ПРИМА: Пакет прикладных программ для микро-ЭВМ «Искра-226»//Т. Бабаян и др. – М.: МЦНТИ, 1985. – Вып. 28. – С. 148-183.

[4] Барра Ж.Р. Основные понятия математической статистики. – М.: Мир, 1974. – 275 с.

[5] Вэйген М. Непосредственная оценка геометрии пути с помощью бортовых ЭВМ путеизмерительных поездов // Ж. д. мира. – 1983. – № 10. – С .60-66.

[6] Бурчак Г.П. Колебания неподрессоренной массы, движущейся по рельсу со случайной геометрической неровностью // Исследование динамики прочности электроподвижного состава: сб. науч. тр.//МИИТ.–1971.–Вып.374.– С. 194-212.

[7] Коган А.Я. Вертикальные динамические силы, действующие на путь // Сб. науч. тр. / ВНИИЖТ. – М.: Транспорт, 1963. – Вып. 402. – 206 с.

[8] Определение естественных режимов железнодорожных путепроводов //С. Абдуллаев, Г.Бакыт. М. Акимбеков. И.Бондарь, Ю. Ауесбаев//Журнал прикладных исследований и технологий, 2021, 19(1), стр. 1-10, ISSN: 1665-6423

[9] Определение допустимой скорости движения локомотивов KZ4AC, KZ8A, TE33A на железнодорожных путях Республики Казахстан. С. Абдуллаев, Токмурзина Н., Бакыт Г. //Журнал «Проблемы транспорта», №1, 2015, стр. 25-35.

Сейдулла Абдуллаев, т.ғ.д., профессор, Satbayev University, Алматы, Қазақстан, Seidulla@mail.ru

Бақытжамал Дүйсембаева, докторант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, sharipovna27@mail.ru

Асель Абдуллаева, магистр, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан, a.abdullayeva@iitu.edu.kz

Ерлан Аскенов, докторант, Satbayev University, Алматы, Қазақстан, erlan.askenov@gmail.com

РЕЛЬС ЖОЛЫНЫҢ ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ӨЛШЕУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

Аңдатпа. Тораптық кемшіліктерін білдіреді бірін құрайтын кернеу жұмыс істейтін жылжымалы құрам тарапынан темір жол. Бірлескен бұзылулардың ерекшеліктерін зерттеу қажеттілігі бірқатар зерттеу мәселелерін шешуде туындайды: жаңа жылжымалы құрамның динамикалық және беріктік, жүру қасиеттерін бағалау кезінде, теміржол жағдайын бағалау кезінде және т.б. осы және басқа да бірқатар мәселелерді шешу түйіспелік бұзылулардың моделін құруды және оның ерекшеліктерін зерттеуді қажет

етеді. Сондықтан, бөкселердің бұзылу моделін құру міндеті өзекті және маңызды практикалық қосымшаларға ие

Түйінді сөздер. Теміржол жолы, түйіспелі кедір-бұдырлардың модельдері, жол отырыстарының эксперименттік жазбалары, квл-п 2,0 вагон-зертханасы.

Seidulla Abdullayev, doctor of technical sciences, professor, Satbayev University, Almaty. Kazakhstan, Seidulla@mail.ru

Bakytzhamal Duisembayeva, doctoral student, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, sharipovna27@mail.ru

Asel Abdullayeva, master's degree, International University of Information Technology, Almaty, Kazakhstan, a.abdullayeva@iitu.edu.kz

Yerlan Askenov, doctoral student, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, erlan.askenov@gmail.com

GEOMETRICAL CHARACTERISTICS OF A RAIL TRACK AND TECHNOLOGIES OF THEIR MEASUREMENT

Abstract. Butt irregularities are one of the components of the disturbances acting on the rolling stock from the side of the railway track. The need to study the features of butt irregularities arises in the course of solving a number of research tasks: when assessing the dynamic strength, running properties of new rolling stock, when assessing the condition of the railway track, etc. Solving these and a number of other problems requires building a model of butt irregularities and studying its features. Therefore, the task of constructing a model of butt irregularity is relevant and has important practical applications.

Keywords. Railway track, models of butt irregularities, experimental records of track subsidence, laboratory car KVL-P 2.0.

****

КӨЛІКТЕГІ ЛОГИСТИКА, ТАСЫМАЛДАУДЫ ҰЙЫМДАСТЫРУ
ЛОГИСТИКА НА ТРАНСПОРТЕ, ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК
TRANSPORT LOGISTICS, ORGANIZATION OF TRANSPORTATION

ӘОЖ 629.12(045) **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-105-114**

А.Ө. Табылов✉, Н.Б. Суйеуова, А.А. Юсупов, К.С. Рзаева, Г.И. Билашова
Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті,
Ақтау, Қазақстан
E-mail: tabylov62@mail.ru

ТЕҢІЗ ПОРТЫНЫҢ АЙЛАҚТАРЫ БОЙЫНША ЖҮК АҒЫНДАРЫН ОҢТАЙЛЫ БӨЛУ МӘСЕЛЕСІН ШЕШУ ҮШІН СЫЗЫҚТЫҚ БАҒДАРЛАМАЛАУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ

Аңдатпа. Мультимодальды тасымалдауды ұйымдастырудың қазіргі жағдайында теңіз порттарының бәсекеге қабілеттілігі мен өткізу қабілеті көбінесе теңіз портының айлақтары бойынша жүк ағындарын бөлуді оңтайландырумен анықталады. Теңіз порттарында материалдық ағындар жүк ағындары түрінде болады, оларға кеңістікте және белгілі бір уақыт аралығында физикалық қозғалыс үшін логистикалық операциялар қолданылады.

Мақалада теңіз портының айлақтарында жүк ағындарының оңтайлы таралуын таңдау кезінде дұрыс шешім табуға мүмкіндік беретін сызықтық бағдарламалау әдістерін қолдана отырып, оңтайландыру мәселесін шешудің ерекшеліктері көрсетілген. Орындау әдістемесі және теңіз портының айлақтары бойынша жүк ағындарының оңтайлы таралуын есептеу мысалы қарастырылады. Теңіз портының айлақтары бойынша жүк ағындарын оңтайлы бөлу мәселесін шешу үшін сызықтық бағдарламалау әдістерін қолдану коммерциялық және жүк операциялары кезінде кемелердің тоқтап қалу сомасын төмендететіні, бірдей мақсатты мақсаты бар бірнеше гетерогенді экономикалық элементтерді қамтитын кешенді шығындардың аз шамасын қамтамасыз ететіні анықталды.

Түйінді сөздер. Сызықтық бағдарламалау, оңтайландыру мәселесі, теңіз порты, айлақтар, жүк ағындары, математикалық модельдеу, уақытты үнемдеу кірістері.

Кіріспе.

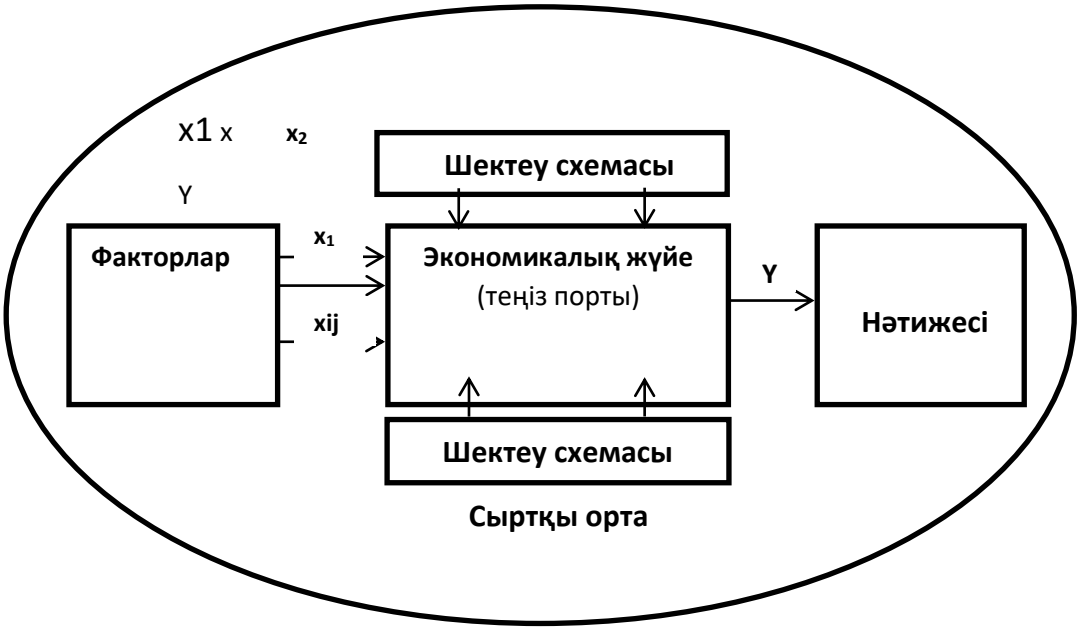
Теңіз көлігінде стивидорлық компаниялардың жұмысын басқару процесінде көбінесе оңтайландыру міндетін шешу қажет, мұнда техникалық ресурстарды немесе басқа құралдарды пайдаланудың бірнеше мүмкін мүмкіндіктерінен оңтайлы таңдау қажет – сапалық сипаттамаларды белгілі бір мәндерге келтіру.

Теңіз көлігіндегі сызықтық бағдарламалаудың негізгі мақсаты жүктер мен жолаушыларды тасымалдау процесінің математикалық моделін құру, теңіз көлігі жүйесінің құрылымдық элементтерінің жұмыс істеуі теңіз болып табылады [1]. Сонымен қатар, көлік қызметін зерттеу қолданбалы математикада қолданылатын әдістерге негізделген – күрделі жүйелерді бөлу теориясы және операцияларды зерттеу.

Материалдар мен тәсілдер.

Математикалық модельдеу - бұл оңтайландыру мәселелерін шешудің теориялық негізі, таңдалған индикатордың максималды сапалық мәніне қол жеткізуді қамтамасыз ететін басқару параметрлерінің маңызды сандық мәндерін анықтау әдістерін зерттейді.

Басқару критерийлерінің бұл мәндері оңтайлы жоспарды анықтайды. 1-суретте оңтайландырудың құрылымдық түрі көрсетілген. Оңтайландыру міндеті ресурстардың шектеулі болуымен туындайды, осылайша оңтайлы жоспар басқару параметрлеріне қолма - қол ресурстар қойған шектеулерді сақтайтын жобалар арасында анықталады.



1 сурет - Оңтайландыру тапсырмасының құрылымдық көрінісі

1 кесте - Порт стивидорлық компанияның жұмысын басқарудың оңтайландыру міндеттерін шешу кезеңдері

Құрылыс кезеңдері	Сипаттама
1	2
1. Бірінші кезең	
Басқару параметрлерін таңдау	Зерттеушінің міндеті - анықтаушы факторлар мен екінші дәрежелі факторларды бөліп көрсету. Жоспарлау мен басқарудың түпкі мақсаты үшін маңызды параметрлерді ғана таңдау маңызды. Басқа, шамалы параметрлерге келетін болсақ, олардың ықтимал әсері туралы жалпы түсінікке ие болу жеткілікті.
2. Екінші кезең	
Сапа көрсеткішін (нысаналы функция) таңдау	Мақсатты функцияны таңдағанда, осы тапсырма қарастырылатын нақты жағдайға сүйену керек. Кейбір жағдайларда оңтайландыруға болатын нәрсе басқаларында тиімсіз болуы мүмкін. Мысалы, жағдай орындалатын жұмыс көлемін (шығарылатын өнім, тасымалдау және т.б.) оңтайландыру қажет екенін түсінуі мүмкін. Бірақ басқа жағдайларда ресурстардың шығындарын (мысалы, олар өте тапшы болған кезде) немесе шұғыл жұмысты орындауға кететін уақытты және т. б. азайтуға әкелуі мүмкін.

3. Үшінші кезең	
Бастапқы ақпаратты дайындау және өңдеу	Оңтайландыру мәселесін шешу үшін теңіз портының қызметтері мен бөлімдерінен аналитикалық ақпаратты алу және өңдеу қажет. Сапалы ақпарат алуда және оны топтастыруда бірыңғай орталықтандырылған дерекқордың болмауына, қызмет қызметкерлерінің жұмыспен қамтылуына, сондай - ақ құжаттардың құпиялылығына, экономикалық және техникалық көрсеткіштерге байланысты үлкен қиындықтар бар [2,3]. Сондықтан, осы кезеңде, егер қажет болса, қосымша автоматтандырылған деректерді жинау жабдығын, қажетті бағдарламалық жасақтама пакеттерін және т. б. сатып алған жөн.
4. Төртінші кезең	
Математикалық бағдарламалау мәселесін шешу үшін әдісті таңдау	Есепті шығарғаннан кейін оны әртүрлі компьютерлік бағдарламалардың көмегімен шешуге болады, мысалы MatLab – «Matrix Laboratory» әртүрлі деңгейдегі математикалық есептеулерді шешуге арналған қуатты бағдарлама, сонымен қатар бағдарламалау тілі; матрицаларға негізделген мәліметтер құрылымы; функциялардың кең спектрі; объектіге бағытталған мүмкіндіктер.
5. Бесінші кезең	
Алынған нәтижелерді талдау және жұмыс бағдарламасын жасау	Бұл кезең тапсырма белгілі бір әдіспен шешіліп, оңтайлы жоспар алынғаннан кейін пайда болады. Бірақ оңтайлы жоспар әрдайым іс жүзінде жүзеге асырыла бермейтінін есте ұстаған жөн. Практикалық қолдану үшін оған жиі түзетулер енгізу қажет: біріншіден, белгілі бір себептермен математикалық модельге енгізілмеген шектеулерді ескеру қажет. Содан кейін оңтайлы жоспар өндіріс немесе көлік процесінің жекелеген буындары бойынша ресурстардың үлкен бөлінуіне әкеліп соқтыруы мүмкін. Алынған оңтайлы жоспар қанағаттандырмайтын осы мақсатқа тән басқа талаптар туындауы мүмкін. Мұның бәрі оңтайлы жоспарды кейбір талдауларға ұшырату қажеттілігіне әкеледі. Нәтижесінде жұмыс бағдарламасы пайда болатын түзетулер енгізу қажеттілігі анықталады; оны іске асыруға ұсынуға болады.

Нәтижелер.

Осылайша, желілік бағдарламалау құралдарының көмегімен порттың жұмысын басқаруды жетілдіруге қол жеткізуге болады, атап айтқанда АҚ «ҰК АТСП» (Ақтау теңіз сауда порты) стивидорлық компаниясының жүк ағындарына айлақтарды неғұрлым ұтымды бекітуді есептеу

Айталық «ҰК «Ақтау теңіз сауда порты» АҚ-да 16, 18 және 20 айлақтарда делік Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 (мың тонна) мөлшерінде әртүрлі бағыттағы бас генералдық жүктердің төрт жүк ағынын қайта өңдеу жоспарлануда.

Әрбір бағыттағы жүктерді тасымалдауды белгілі бір техникалық-пайдалану сипаттамалары бар кемелермен жүзеге асыратын болады, ал әрбір айлақта қайта тиеу процесінде белгілі бір технология қолданылатын болады.

Айлақтардың жұмыс уақытының күнтізбелік бюджеті тәулікке сәйкес келеді: $T_1 = t_2 = t_3 = t_4 = 90$ күн. Pij (тәулігіне мың тонна) жүктің белгілі бір түрін қайта тиеу кезінде әрбір айлақтың өткізу қабілеттілігінің көрсеткіштері және Cij (мың ам. долл.) барлық айлақтарында барлық бағыттағы жүктерді қайта өңдеу бойынша тәуліктік шығыстардың кешенді (флот пен порт бойынша) нормативтік көрсеткіштері белгілі [4,5].

Ең аз кешенді шығындарды қамтамасыз ете отырып, айлақтарды жүк ағындарына оңтайлы бекітуді табу ұсынылады. Бастапқы деректер 2-кестеде келтірілген. Әрбір айлақ пен жүк ағыны үшін Pij тордың төменгі сол жақ бұрышында, ал Cij жоғарғы оң жақ бұрышта орналасқан.

Белгілейміз x_{ij} – i -ші айлақтың жұмыс уақыты (күн). j-ші жүк ағынын қайта өңдеуде. Есептің математикалық моделін қалыптастыруды шектеу критерийлерін жазудан бастайық.

Айлақ уақытының бюджеті бойынша шектеулер:

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} \le 90; \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} \le 90; \\ x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} \le 90. \end{cases} \quad (1)$$

2 кесте - Бастапқы деректер тапсырмалар

Айлақ	Жүк ағындары								*Si*	*ti*	90-*ti*
	1		2		3		4				
16	0	12	0	21	0	4,0	0	5,0	12,35	90	0,0
	0,9	0	0,8	0	1,0	70	0,7	20			
18	5,33	1,2	4,25	22	-1,0	5,0	-0,29	6,0	10,98	84,62	5,38
	1,3	84,62	1,0	0	1,0	0	0,8	0			
20	6,0	14	11,75	25	–2,2	7,0	–0,15	8,0	10,59	75,56	14,44
	1,5	0	1,4	42,86	1,2	0	1,1	32,7			
Q	110		60		70		50				
S_{ij}	13,33		26,25		4,0		7,14				

Осы теңсіздіктердің әрқайсысы барлық жүктерді өңдеудегі бір айлақтың жалпы жұмыс уақыты жоспарланған кезеңдегі айлақтың жұмыс уақытының белгіленген бюджетінен аспауы керек деген шартты көрсетеді.

Қайта өңделетін жүктің саны бойынша шекті шектеулер:

$$\begin{cases} 0{,}9x_{11} + 1{,}3x_{21} + 1{,}5x_{31} = 110; \\ 0{,}8x_{1,2} + 1{,}0x_{22} + 1{,}4x_{32} = 60; \\ 1{,}0x_{13} + 1{,}0x_{23} + 1{,}2x_{33} = 70; \\ 0{,}7x_{14} + 0{,}8x_{24} + 1{,}1x_{34} = 50. \end{cases} \quad (2)$$

Осы теңдіктердің әрқайсысы барлық айлақтарда белгілі бір бағыттағы жүкті толық өңдеу шартын білдіреді.

Теріс емес талап:

$$x_{ij} \geq 0,\ i=1,2,3;\ j=1,2,3,4$$

Кешенді шығындарды азайтатын мақсатты функция:

$$Z = 12x_{11} + 21x_{12} + 4x_{13} + 5x_{14} + 12x_{21} + 22x_{22} + 5x_{23} + 6x_{24} + 14x_{31} + 25x_{32} + 7x_{33} + 8x_{34} \rightarrow \min. \quad (3)$$

Бұл мәселені шешу үшін «ең үлкен айырмашылықтар» әдісінің есептеу алгоритмін қолдану қажет:

1. Әр айлақ үшін әртүрлі Si жүк ағындарын өңдеудің орташа күрделі шығындарының мәндерін формула бойынша анықтайық:

$$S_1 = \frac{12+21+4+5}{0,9+0,8+1,0+0,7} = 12,35 \text{ (ам.долл./т);}$$

$$S_2 = \frac{12+22+5+6}{1,3+1,0+1,0+0,8} = 10,98 \text{ (ам.долл./т);}$$

$$S_3 = \frac{14+25+7+8}{1,5+1,4+1,2+1,0} = 10,59 \text{ (ам.долл./т).}$$

Алынған есептеу мәндері 2-кестеге Si бағанына енгізіледі.

2. Салыстыру базасы ретінде біз 16 айлақты қабылдаймыз, өйткені:

$$\max\{12,35;10,98;10,59\} = 12,35 \text{ (ам.долл./ т).}$$

3. 16 айлақ үшін әрқайсысының өңдеу құнын анықтаймыз жүк ағыны:

$$S_1 = \frac{12}{0,9} = 13,33;$$
$$S_2 = \frac{21}{0,8} = 26,25;$$
$$S_3 = \frac{4}{1,0} = 4;$$
$$S_4 = \frac{5}{0,7} = 7,14.$$

Нәтижелерді 2-кестенің Sij жолына енгізейік.

4. Формула бойынша әр ұяшық үшін δ_{ij} бағасының мәнін табамыз:

$$\delta_{11} = 13,33 \cdot 0,9 - 12 = 0$$

$$\delta_{12} = 26,25 \cdot 0,8 - 21 = 0$$

$$\delta_{13} = 4 \cdot 1 - 4 = 0$$

$$\delta_{14} = 7,14 \cdot 0,7 - 5 = 0$$

$$\delta_{21} = 13{,}33 \cdot 1{,}3 - 12 = 5{,}33$$

$$\delta_{22} = 26{,}25 \cdot 1 - 22 = 4{,}25$$

$$\delta_{23} = 4 \cdot 1 - 5 = -1$$

$$\delta_{24} = 7{,}14 \cdot 0{,}8 - 6 = -0{,}29$$

$$\delta_{31} = 13{,}33 \cdot 1{,}5 - 14 = 6$$

$$\delta_{32} = 26{,}25 \cdot 1{,}4 - 25 = 11{,}75$$

$$\delta_{33} = 4 \cdot 1{,}2 - 7 = -2{,}2$$

$$\delta_{34} = 7{,}14 \cdot 1{,}1 - 8 = 0{,}15$$

δ_{ij} мәндерің 2-кестенің әр ұяшығының жоғарғы сол жақ бұрышына енгіземіз.

Бағалаудың оң мәні осы "АТСП" (Ақтау сауда теңіз порты) ҚТЖ айлағында жүктің әрбір түрін қайта өңдеуден шығыстарды үнемдеудің тәуліктік мөлшерін оны №16 айлақта қайта өңдеумен салыстырғанда сипаттайды [6,7]. Мысалы, бағалау $\delta_{21} = 13{,}33 \cdot 1{,}3 - 12 = 5{,}33$ бірінші жүк ағынын қайта өңдеуден бастап 16 емес, 18 айлақ тәулігіне 5,33 мың ам үнемделеді.долл.

Бағалаудың теріс мәні күнделікті шығындарды сипаттайды Бағалаудың теріс мәні күнделікті шығындарды сипаттайды, мысалы, $\delta_{23} = 4 \cdot 1 - 5 = -1$ мың ам. долл.

Бағалау минус 1 мың ам.долл. егер үшінші жүк ағыны №16 емес, №18 айлақта қайта өңделетін болса, тәулігіне шығын мөлшерін көрсетеді. Бағалаудың ең үлкен мәні; $\delta_{32} = 26{,}25 \cdot 1{,}4 - 25 = 11{,}75$; одан жүк ағындарын айлақтарға бекіту жоспарын құруды бастау керек:

$$x_{32} = min\left\{90; \frac{60}{1{,}4}\right\} = 42{,}62.$$

Демек, екінші жүк ағыны порттың 20-шы айлағы жартылай қайта өңделеді және 90 – 42,86 = 47,14 күн әлі де қалады., осы айлақта басқа жүктер қайта өңделуі мүмкін.

Әрі қарай, 2-кестенің қалған бөлігінде (2-бағанды қоспағанда, яғни. 2 жүк ағыны) біз торды қайтадан максималды бағамен табамыз $\delta_{21} = 13{,}33 \cdot 1{,}3 - 12 = 5{,}33$.

Бірінші жүк ағынын қайта өңдеу бойынша №18 айлақтың жұмыс уақытын нықтаймыз, яғни:

$$x_{21} = min\left\{90; \frac{110}{1.3}\right\} = 84{,}62.$$

Және т. б. жүк ағындарының барлық көлемі бекітілгенге дейін алынған мәндер 2 - кестеде келтірілген.

Шешім нәтижесінде бізде:

$$x_{13} = 70 \quad x_{14} = 20 \quad x_{21} = 84{,}62 \quad x_{32} = 42{,}86.$$

Мақсатты функцияны есептейміз:

$$Z = 4 \cdot 70 + 5 \cdot 20 + 12 \cdot 84{,}62 + 25 \cdot 42{,}86 + 8 \cdot 32{,}7 = 2728{,}54 \text{ мың ам. долл.}$$

Талқылау.

Жүк ағындарын бөлудің ұсынылған әдісін қолдана отырып, 16, 18, 20 айлақтары 70,18 күн жұмыс істейді деп қорытынды жасауға болады. Олар 2728,54 мың ам. шығындар кезінде жүктердің барлық санын өңдеуді қамтамасыз етеді.долл. және жұмсалмаған уақыттың қалдықтары 18-ші (5,38 күн) және 20-шы (14,44 күн) айлақтар. 18-ші және 20-шы айлақтардың үнемделген уақытынан түскен кірісті анықтау үшін біз келесі есептеулерді жасаймыз:

№1 кең пирсте 1 күн үшін қайта өңделген жалпы жүктердің санын табамыз:

$$q= Q_1/365, \quad (4)$$

мұндағы, Q_1 - №1 кең пирстегі қайта өңделген жүктің мөлшері:

Әрі қарай, біз портты 18-ші және 20-шы айлақтарда үнемделген уақыт ішінде қайта өңдей алатын жүктің мөлшерін анықтаймыз [8]:

$$q = 5080800/365= 13920 \text{ тонна.}$$

Әрі қарай, біз портты 18-ші және 20-шы айлақтарда үнемделген уақыт ішінде қайта өңдей алатын жүктің мөлшерін анықтаймыз:

$$Q_2 = q\times t_{\text{пайдалан.}} \quad (5)$$

$$Q_2 = 13920 \times 19,82 = 275894,4 \text{ тонн.}$$

Бір жыл ішінде: 275894,4 × 12 = 3310732,8 т.

№1 пирсте қайта өңделетін жүктің жаңа жалпы мөлшерін табамыз:

$$Q_3 = Q_1 + Q_2. \quad (6)$$

Бір жылдағы жалпы жүк айналымының көрсеткіші мәнге ие болады:

$$Q_3 = 3310,7 + 5080,0 = 8390,7 \text{ мың.т.}$$

18-ші және 20-шы айлақтарда үнемделген уақыттан түскен кірісті келесі формула бойынша есептейміз:

$$D = f\times Q_2, \quad (7)$$

мұндағы, f- бір тонна жүкті қайта өңдеу ставкасы, ам. долл./ т.

$$D = 8,97 \times 3310,7 = 29697 \text{мың дол.}$$

Жалпы кірістер
:

$$D' = Do + D, \quad (8)$$

мұндағы, D-бастапқы кірістер, мың тг.;

D-үнемделген уақыттан түскен табыс, мың тг.

$$D' = 45567,6 + 29697 = 75264,6 \text{ мың долл.}$$

Демек, жүктерді айлақтар бойынша ұтымды бөлу және үнемделген уақытты пайдалану есебінен, бұл ең төменгі кешенді шығындарды қамтамасыз етеді, максималды экономикалық нәтижеге қол жеткізіледі.

Қорытынды.

Сызықтық бағдарламалау базасында орындалған теңіз көлігіндегі тасымалдау процесін математикалық модельдеу, порттың жүк ағындарын жүк айлақтары бойынша ұтымды бөлуді іске асыру мақсатында коммерциялық және жүк операциялары кезінде кемелердің тоқтап қалу уақытын барынша азайтуды қамтамасыз етеді, бұл нысаналы мақсаты бірдей кешенді шығыстардың төмендеуінен көрінеді және тұтастай алғанда теңіз порттарының өнімділігінің, өткізу қабілеттілігінің және жұмыс істеу тиімділігінің өсуіне ықпал етеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Винников В.В. Системы технологий на морском транспорте (перевозка и перегрузка): Учебное пособие//В. В. Винников, Е. Д. Крушкин, Е. Д. Быкова; под общ. ред. В. В. Винникова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ТрансЛит, 2010. — 576 с.

[2] Вепринская Т.А. Применение теории запасов для оптимизации парка контейнеров в портах контейнерной линии. - Спб.: Современные проблемы управления материальными запасами и их роль в повышении общественного производства. - Рукопись депонирована в ЦНИИ ТЭИМСе. 1981. - №10(120). - 6 с.

[3] Ветренко Л.Д. Управление работой морского порта. - СПб.: ЗАО «Строка». 2000. - 264 с.

[4] Воропаева Е.А. Проблемы управления портами в современных условиях//Е.А. Воропаева // Материалы международной научно-технической конференции «П.О.И.С.К.-2009». - Владивосток. 42. - 146-148 с. http://dalrybvtuz.ru/files/3039.pdf

[5] Вильский Г.Б. Управление морским портом//Г.Б. Вильский, И.Н. Гончаров, Ю.Ю. Крук, Е.Д. Крушкин. - Одесса: Фешкс, 2010. - 428 с.

[6] Винокуров В.А. Организация стратегического управления на предприятии. - М.: Центр экономики и маркетинга. 1996. - 160 с.

[7] Махуренко Г.С., Смирнов И.С. Концептуальные модели корпоративного управления морским портом//Методы и способы управления развитием транспортных систем. 2008. - №14. - 62-79 с.

[8] Крушкин Е.Д. Моделирование и оптимизация управления основной деятельностью порта//Развитие методов управления на транспорте. Вып. №25. – Одесса: ОНМУ, 2007. – С. 24–52.

Abzal Tabylov, candidate of technical sciences, docent, Sh. Esenov Caspian State University of Technology and Engineering, Aktau, Kazakhstan, tabylov62@mail.ru

Nabat Suyeuova, senior lecturer, Sh. Esenov Caspian State University of Technology and Engineering, Aktau, Kazakhstan, nsuyeuova@mail.ru

Asgerbek Yusupov, senior lecturer, Sh. Esenov Caspian State University of Technology and Engineering, Aktau, Kazakhstan, askerbek_usa@mail.ru

Kamar Rzayeva, senior lecturer, Sh. Esenov Caspian State University of Technology and Engineering, Aktau, Kazakhstan, sisenkyzy@mail.ru

Гульмира Билашова, senior lecturer, Sh. Esenov Caspian State University of Technology and Engineering, Aktau, Kazakhstan, ms.bilashova@mail.ru

APPLICATION OF LINEAR PROGRAMMING METHODS FOR SOLVING THE PROBLEM OF OPTIMAL DISTRIBUTION OF CARGO FLOWS ALONG THE BERTHS OF THE SEAPORT

Annotation. In modern conditions of the organization of multimodal transportation, the competitive and throughput capacity of seaports is largely determined by the optimization of the distribution of cargo flows along the berths of the seaport. In seaports, material flows exist in the form of cargo flows, to which logistics operations for physical movement in space and in a certain period of time are applied.

The article describes the features of solving the optimization problem using linear programming methods, which allow you to find the right solution when choosing the optimal distribution of cargo flows along the berths of the seaport. The methodology of implementation and an example of calculating the optimal distribution of cargo flows along the berths of the seaport are considered. The methodology of implementation and an example of calculating the optimal distribution of cargo flows along the berths of the seaport are considered. It is determined that the use of linear programming methods to solve the problem of optimal distribution of cargo flows along the berths of the seaport reduces the amount of downtime for commercial and cargo operations, provides a minimum of complex costs, including several heterogeneous economic elements having the same purpose.

Keywords. Linear programming, optimization problem, seaport, berths, cargo flows, mathematical modeling, income from saving time.

Абзал Табылов, к.т.н., доцент, Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш.Есенова, Актау, Казахстан, tabylov62@mail.ru

Набат Суйеуова, старший преподаватель, Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш.Есенова, Актау, Казахстан, nsuyeuova@mail.ru

Асгербек Юсупов, старший преподаватель, Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш.Есенова, Актау, Казахстан, askerbek_usa@mail.ru

Камар Рзаева, старший преподаватель, Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш.Есенова, Актау, Казахстан, sisenkyzy@mail.ru

Гульмира Билашова, старший преподаватель, Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш.Есенова, Актау, Казахстан, ms.bilashova@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГРУЗОПОТОКОВ ПО ПРИЧАЛАМ МОРСКОГО ПОРТА

Аннотация. В современных условиях организации мультимодальных перевозок конкурентно и пропускная способности морских портов во многом определяется оптимизацией распределения грузопотоков по причалам морского порта. В морских портах материальные потоки существуют в виде грузопотоков, к которым применяются

логистические операции по физическому перемещению в пространстве и в определенный промежуток времени.

В статье изложены особенности решения оптимизационной задачи с помощью методов линейного программирования, которые позволяют найти правильное решение при выборе оптимального распределения грузопотоков по причалам морского порта. Рассмотрены методология выполнения и пример расчета оптимального распределения грузопотоков по причалам морского порта. Определено, что применение методов линейного программирования для решения задачи оптимального распределения грузопотоков по причалам морского порта снижает сумму простоев судов под коммерческими и грузовыми операциями, обеспечивает минимум комплексных расходов, включающих несколько разнородных экономических элементов, имеющих одинаковое целевое назначение.

Ключевые слова. Линейное программирование, оптимизационная задача, морской порт, причалы, грузопотоки, математическое моделирование, доходы от экономии времени.

****

ӘОЖ 339.18(076) **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-115-122**

Ж.Ғ.Жанбиров✉, Ж.Б.Елешова
Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан
E-mail: 7997709@mail.ru

КӨЛІК-ЛОГИСТИКАЛЫҚ ОРТАЛЫҚТАРДА ТӘУЕКЕЛДЕРДІ БАСҚАРУ

Андатпа. Заманауи логистикалық жобаны жүзеге асыру кезінде оның қандай тәуекелдермен бірге жүретінін анықтау, тәуекелдерді топтастыру және сипаттау маңызды. Тәуекелдерді талдауға, бағалауға және басқаруға байланысты мәселелерді шешу үшін әдістемелік құрал ретінде жүйелік тәсіл пайдаланылды, ол проблемалық жағдайларды, соның ішінде бірінші кезекте жүйеден тыс жағдайларды, яғни сыртқы ортадағы тәуекелге байланысты жағдайларды анықтауды талап етеді.

Жұмыстың ғылыми жаңашылдығы көлік-логистикалық орталықтарына әсер етуі мүмкін ішкі, сыртқы техникалық, технологиялық факторлармен қатар, саяси тұрақсыздық, әлеуметтік шиленістермен экономикалық жағдайды қарастыруында. Сол мақсатта заманауи ақпараттандыру және коммуникация жүйелері негізінде басқарушылық шешімдер қабылдау үшін тәуекелдер туралы нақты ақпараттар алуында.

Тәуекелдерді басқару жүйесін құру көлік-логистикалық орталықтың объектілері мен активтерін, сондай-ақ тәуекелдерді басқару процесін анықтаудан басталуы тиіс деп қорытынды жасауға болады.

Түйінді сөздер. Логистика, жоба, тәуекел, факторлар, талдау, басқару, әдістеме, сыртқы, ішкі орта.

Кіріспе.

Қазіргі экономикалық жағдайда тәуекел - бұл бизнестің өз ресурстарының бір бөлігін жоғалту, табыс таппау немесе бизнесті жүргізу үшін қосымша шығындарды талап ету мүмкіндігі [1].

Экономикалық ғылым тұрғысынан осы құбылыстың мәнін ашқан отандық және шетелдік авторлар берген тәуекел анықтамалары [2,3]:

1) Жоғалту ықтималдығы. Тәуекел ұғымы жобаны іске асыру барысында қолайсыз жағдайлардың туындау ықтималдығымен байланысты және онымен байланысты белгісіздік деп түсініледі.

2) Жоспарланған кірістен аспайтын шығындар ықтималдығы.

3) Болашақ қаржылық көрсеткіштерімізге қатысты белгісіздік.

4) Табыс алудағы белгісіздік дәрежесі.

5) Оқиғаның маңыздылығын зиян келтіру мүмкіндігін көрсету.

6) Қауіптілік ықтималдығы, жоғалту және жарақат алу қаупі.

7) Бизнесті жүргізу шарттары өзгерген кезде қозғалыс (қаржылық, материалдық, мүліктік) тіркесінде жоспарлар мен есептеулерде көзделгеннен заңды болып қалу мүмкіндігі [4].

8) Дисперсия шамасы ауытқу нәтижесінде бағалау көрсеткіштерінің бірнеше болжамдары (кірістілік, меншікті капиталдың рентабельділігі және т.б.). қарастырылып отырған жоба.

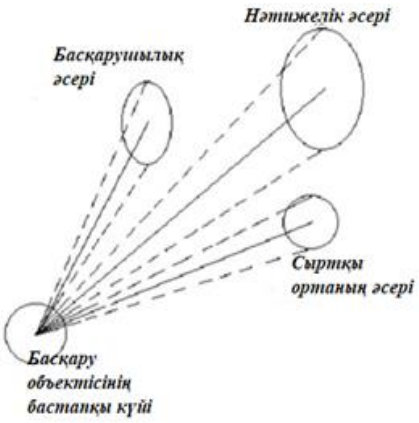
9) Белгіленген көлемде жұмыс мақсатына және шаруашылық қызметке қол жеткізбеу тәуекелі. Бұл жағдайда күтілетін орташа жұмыс орнына байланысты нашар жағдай болып саналады, мысалы, белгілі бір сомаға кірістің төмендеуі [5].

Материалдар мен тәсілдер.

Тәуекелдерді талдауға, бағалауға және басқаруға байланысты мәселелерді шешу кәсіпорындардың алға қойған мақсаттарына жету қабілетіне әсер ететін барлық факторларды мұқият зерттеуді қажет етеді. Сондықтан әдістемелік құрал ретінде жүйелік тәсіл пайдаланылды, ол проблемалық жағдайларды, соның ішінде бірінші кезекте жүйеден тыс жағдайларды, яғни сыртқы ортадағы тәуекелге байланысты жағдайларды анықтауды талап етеді. Тәуекелдерді талдау статикалық, ішкі шартты параметр ретінде емес, оның деңгейіне және талап етілуіне әсер ететін басқару параметрі ретінде қарастырылды.

Нәтежелері.

Тәуекелдерді басқарудың бір ерекшелігі - басқару объектісін екі түрге бөлу. Біріншісі басқаруды ұйымдастырудың (CGT) қабылданған әсерлерін қамтиды. Екіншіден, күрделі жүйемен байланыс басқару элементінің болуына байланысты. Бұл әсерлер әдетте сыртқы орта деп аталады. Сыртқы орта – мемлекеттің немесе басқару объектісінің параметрлеріне әсер ету көзі.



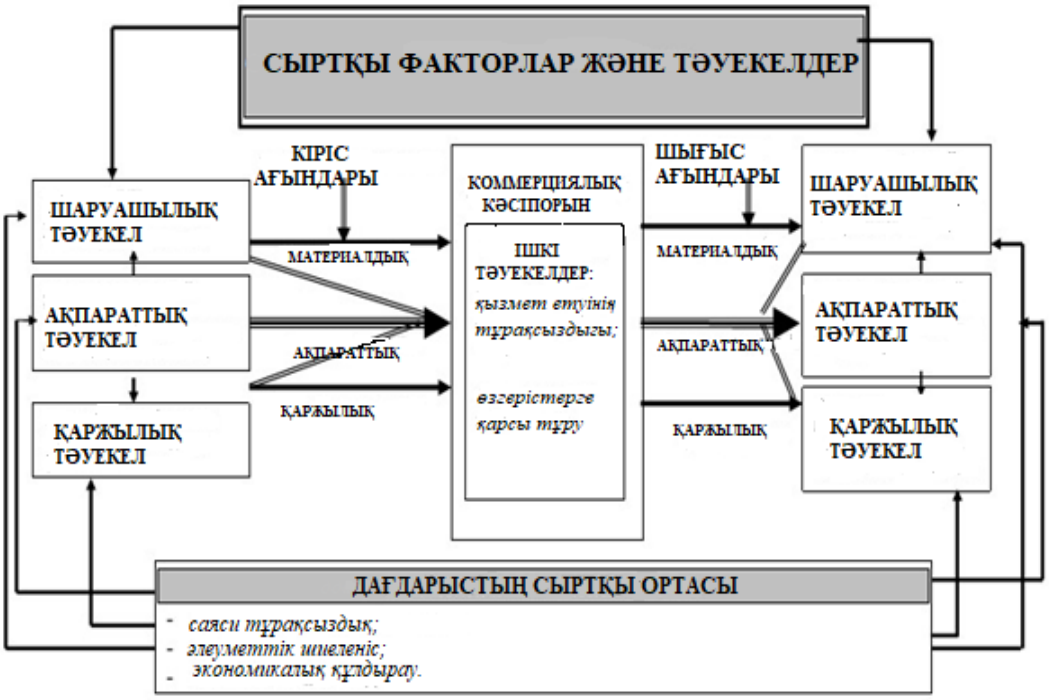
1.1 сурет - Басқару және қоршаған ортаға әсер ету шешімдерін қабылдауға арналған коммуникациялар [6]

Осылайша, белгілі бір мәндерге әкелетін басқару объектісіне әсер етумен сыртқы орта әсерінің қосындысына тең вектор ретінде анықталады.

Бұл жағдайда объектіні басқарудың негізгі проблемасы қоршаған ортаға әсер етудің кездейсоқтығы болып табылады, жеңілдетілген түрде (1.1 сурет) объект векторының ұзындығы да, бағыты да кездейсоқ шамалар болып табылады.

Қоршаған ортаның белгілі бір жағдайы белгісіздік факторларына байланысты. Бұл С.Н. Воробьевтің жұмысында келтірілген қауіп факторларының анықтамасына сәйкес келеді [7]: мақсаттан ауытқу ықтималдығы қауіп факторлары деп аталатын белгілі бір себептерге байланысты туындайды. Осылайша, қауіп факторлары қоршаған ортаның айқын жағдайларын емес, осы бірнеше факторлардың әрқайсысында қоршаған ортаның болу ықтималдығын көрсетеді. Ол үшін келесі анықтаманы қолдануға болады: тәуекел факторлары - бұл қоршаған ортаның әртүрлі жағдайларына ықпал ететін себептер, сондықтан шешім қабылдаудағы белгісіздік [8, 9].

Төмендегі суретте сыртқы ортаның тұрақтандырушы факторларының кәсіпорынның тәуекел жүйесін қалыптастырумен байланысы көрсетілген.



1.2 сурет - Қоршаған орта факторларының кәсіпкерлік тәуекелдерге тұрақтандырушы әсері

Кәсіпорынның логистикалық қызметінің тәуекелдерді басқару әдіснамасындағы «тәуекел факторлары» ұғымымен қатар тәуекелдің келесі сапалық және сандық көрсеткіштерін бөліп көрсету қажет [10,11].

Тәуекел деңгейі - сандар логистикалық процестің нашар динамикасын және логистикалық бизнестің нашар байланыстарының ықтималдығын көрсетеді.

Тәуекел мөлшері – бұл логистикалық бизнестің әлеуетті сөзінің сандық мәні, яғни инвестор тәуекелге ұшырайтын экономикалық көрініс.

Тәуекел критерийі - қызметтің тіркесіндегі шығындарды немесе сыртқы ортадағы қолайсыз өзгерістерді көрсетеді.

Ірі логистикалық жобаларға тән шекті мерзімдерге байланысты тәуекелдер жобаның уақтылы орындалмауына әкелуі мүмкін, бұл қосымша шығындарды қажет етеді.

Тәуекел аймағы - пайда болу ықтималдығына байланысты тәуекел деңгейінің сапалық сипаттамасы және былайша бөлінеді:

- тәуекел аймағы - тәуекелдің пайда болуы компанияның қаржылық жағдайының нашарлауына әкелмейді;

- қауіпті құбылысқа байланысты туындайтын залалдар басқа салалардағы пайдамен өтеледі;

- жоғары тәуекел жағдайында компанияның қаржылық жағдайының нашарлауы-жоғары тәуекел аймағы;

- тәуекел аймағы - қауіпті құбылыс компанияның банкроттығына әкеледі.

Тәуекелдің рұқсат етілуі мен орындылығы туралы басқарушылық шешім қабылдаған кезде шығындардың рұқсат етілген деңгейінен асып кету ықтималдығын анықтау маңызды.

Логистикалық жобаны іске асыру туралы шешімді негіздеу кезінде орташа квадраттық кірістің көлбеу көрсеткішін қолдануға болады. Осылайша, айырмашылық неғұрлым аз болса, яғни әр жоба бойынша орташа ауытқу болса, нәтиже соғұрлым көп болуы мүмкін және тәуекел деңгейін төмендетеді.

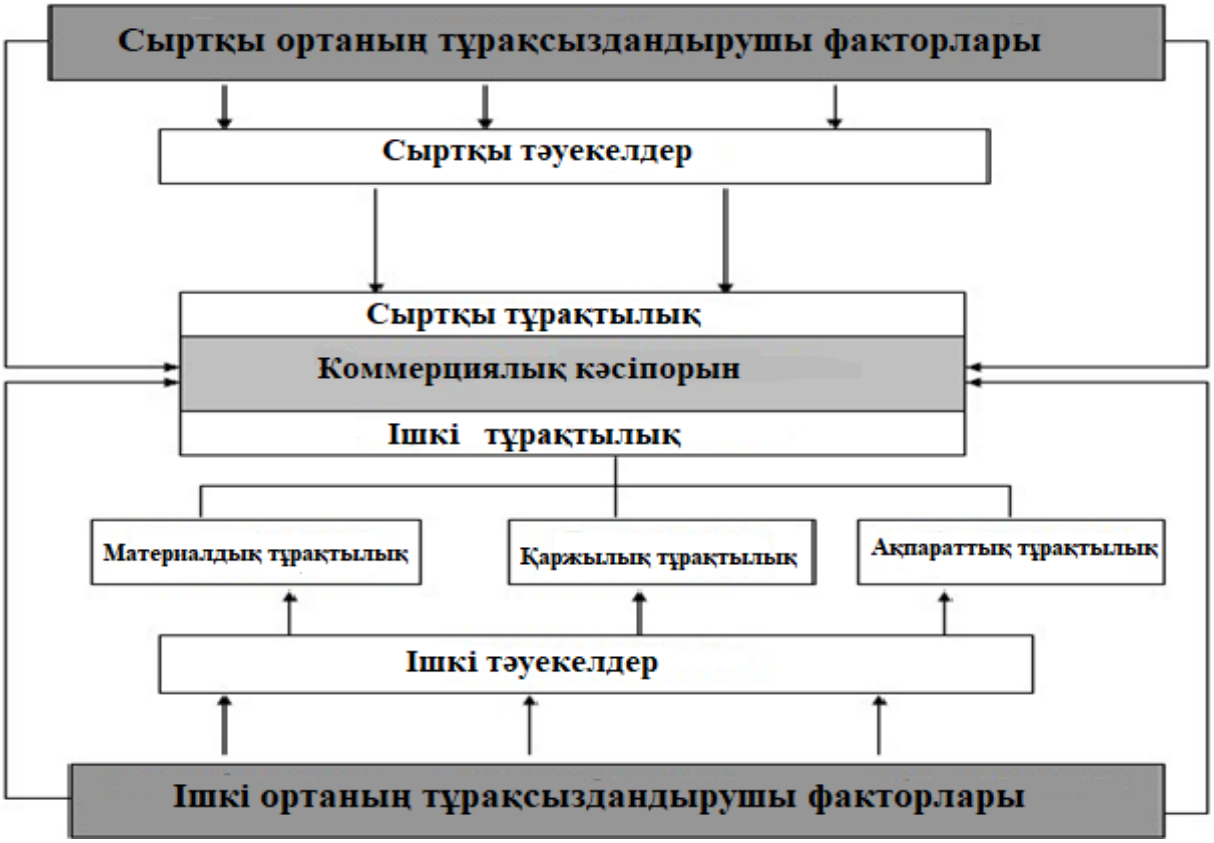
Әрбір жобаның өмірлік циклі алдын ала сату кезеңінде жоспар құрудан бастап, пайдалану кезеңінде аяқталуға дейінгі әртүрлі тәуекелдермен байланысты. Сол үшін әр кезеңде ұтымды басқару шешімдері қабылдануы керек:

а) өзара еркін (бір шешім қабылдау екіншісінің шешіміне қайшы келеді);

б) өзара (шешімдердің өзара іске асырылуына ықпал етеді);

в) өзара эксклюзивті (шешімдер бір уақытта қабылданбайды).

Бұл шешімдердің ішінде міндетті түрде қабылдануы керек шешімдер кездесуі мүмкін. Бұл реттілік «шешім ағашын» құрайды. Сонымен қатар белгілі бір себептермен қабылдауға тыйым салынған ашық шешімдер «шешім ағашының» құрылымдары болуы мүмкін. Ал сауда құрылымдарының тәуекел шамасының белгіленген/логистикалық ағындар жүйесінің күтілетін мәндерінен ауытқу ықтималдығының критерийі ретінде кәсіпорынның өндірістік, экономикалық, қаржылық және ақпараттық тұрақтылығы мәселесінің маңызды аспектілерін, демек, материалдық, қаржылық және ақпараттық тәуекелді есептеу қарастырылады (1.3 сурет).



1.3 сурет - Кәсіпорынның тұрақтылығы мен қауіп факторларының байланысы

Материалдар ағындарының тұрақтылығы өнімді өндіру және сату процесінің тұрақтылығын, сондай-ақ оның кеңеюі мен жаңаруын қамтамасыз етеді.

Қаржылық тұрақтылық өз мақсаттарын жүзеге асыра отырып, ақшаны еркін басқара алатын кәсіпорынның қаржылық ресурстарының жағдайын көрсетеді.

Ақпараттық тұрақтылық кәсіпорынның экономикалық және қаржылық тұрақтылығының қажетті шарты болып табылады, басқарушылық шешімдер қабылдау үшін ақпараттық-аналитикалық базаны қамтамасыз етеді.

Осылайша, кәсіпорынның тәуекелдерді басқару проблемасы өндірістік-экономикалық тәжірибеде үлкен маңызға ие. Қазіргі әдебиеттерде тәуекелдерді басқарудың келесі анықтамалары бар [11], мысалы:

- тәуекелдерді басқару кәсіпорынды басқару жүйесінің ажырамас бөлігі болып табылады және дұрыс емес шешімдер қабылдау тәуекелін азайту және кәсіпкер қабылдаған шешімдерді іске асыру процесінде кері байланысты азайту мақсатында іс-әрекеттерді жүзеге асыру процесін білдіреді;
- тәуекелдерді басқару - бұл кездейсоқ факторлардың өндірістік тізбектермен кері байланысын болдырмау немесе азайту және ең бастысы жоғары пайда алу мақсатында кәсіпорын жүйесінің белгісіздігіне бейімделген тұжырымдамалар мен бағдарламаларды ұзақ мерзімді болжауға, стратегиялық жоспарлауға, әзірлеуге негізделген тәуекелдерді басқару ғылымы мен өнері;
- тәуекелдерді басқару - қолайсыз байланыстарды және оларды іске асыру нәтижесінде туындауы мүмкін шығындарды азайтуға бағытталған басқарушылық шешімдерді қабылдау және іске асыру процесі;
- тәуекелдерді басқару - тәуекелдерді маркетинг процесінде табылған сындарлы, технологиялық, ұйымдастырушылық, қаржылық құралдарды пайдалана отырып, белгілі бір мақсаттарға қол жеткізу процесінде ресурстар, адамдар, мақсаттар арасындағы тепе-теңдікке жәрдемдесу;
- тәуекелдерді басқару әр басқарумен қатар жоспарлауды, мотивацияны, ұйымдастыруды және бақылауды қамтуы керек.

Талқылау.

Тәуекелдерді басқару институтымен, сақтандырушылар және тәуекел менеджерлері қауымдастығымен және экономика секторындағы ұлттық тәуекел менеджерлері форумымен (Ұлыбритания) бірлесіп әзірленген тәуекелдерді басқару стандартына сәйкес [12] тәуекелдерді басқару кез келген стратегиялық басқарудың орталық бөлігі болып табылады. Бұл ұйымдарды әр қызмет түріндегі ұзақ мерзімді кірістілік мақсатында олардың қызметіне байланысты тәуекелдер туралы үнемі хабардар ету процесін білдіреді.

Осылайша, тәуекелдерді басқару жүйесін орындалатын жұмыстың сапасын және тұтастай басқарудың жүйелілігін арттыруға бағытталған кәсіпорынды басқару жүйесін үнемі жетілдірудің қосымша құралы деп атауға болады.

Басқа жүйелерге ұқсас тәуекелдерді басқару жүйесінің негізгі элементтері:

- тәуекелдерді басқару жүйесінің объектісі;
- тәуекелдерді басқаруды ұйымдастыру;
- тәуекелді басқару процесі субъектінің жүйе объектісіне әсерін анықтайды.

Тәуекелдерді басқару жүйесінде құбылыстың ықтималдықтары мен байланыстарының жиынтығы болып табылатын тәуекел бар.

Тәуекелдерді басқарудың әр басқару әрекетімен қатар өзіндік процедурасы (реттілігі) бар. Экономикалық әдебиеттерде тәуекелдерді басқару кезеңдері мен атауларын ажыратудың әртүрлі тәсілдері бар. 1.4-суретте тәуекелдерді басқару процесінің кеңейтілген кезеңдері келтірілген [13].

Суретте көрсетілгендей логистикалық жүйелерде тәуекелдерді басқару процесі циклдік болып табылады. Технологиялық цикл әдетте нормативтік талаптардың өзгеруімен, жаңа өндірістік қуаттардың енгізілуімен және т.б. байланысты жүреді.

Сондықтан көлік-логистикалық орталықтарда тәуекелдерді басқару процесін үйрену тәуекелдерді анықтаудан басталады. Жоспарлы сәйкестендіру әдетте статистика жинау, құжаттарды талдау, сұхбат жүргізу немесе сарапшылардан жазбаша сауалнама жүргізу арқылы жүзеге асырылады.

Сонымен қатар, анықталған басқа қауіптер түрлері бойынша жіктеледі және тәуекелдер тізіліміне енгізіледі. Тәуекелдер тізілімі - компанияның тәуекелдерін жинау және ұйымдастыру құралы, сондай-ақ барлық анықталған тәуекелдердің дерекқоры.

Сол себепті көлік-логистикалық орталықтарында үнемі аудиттер мен тәуекелдер тізілімін ауыстыру жүргізілуі тиіс. Негізгі тәуекелдер анықталғаннан кейін әрбір тәуекелдің шамасы бағаланады. Бұл жеке тәуекелдің пайда болу ықтималдығын және ол пайда болған жағдайда байланыстың әсер ету дәрежесін анықтаудан тұрады.

1.4 сурет - Тәуекелдерді басқару процесі

Қорытынды.

Ақпараттандыру және коммуникация кезеңі тәуекелдерді басқару жүйесі мен кәсіпорынды басқарудың басқа жүйелері арасындағы негізгі буын ретінде қызмет етеді және басқарушылық шешімдер қабылдау үшін тәуекелдер туралы жаңа ақпарат береді. Тәуекелдерді басқару жүйесін қалыптастыру көбінесе байланыс процесінің қаншалықты ұйымдастырылғандығына, қауіп туралы ақпараттың қаншалықты маңызды және қажет екендігіне байланысты.

Тәуекелдерді басқару жүйесін құру көлік-логистикалық орталықтың объектілері мен активтерін, сондай-ақ тәуекелдерді басқару процесін анықтаудан басталады деп қорытынды жасауға болады. Кейіннен қажетті нормативтік-әдістемелік негіз әзірленеді, автоматтандыруға техникалық жағдай жасалады. Қарастырылып отырған кезеңдер объектілердің, активтердің пайда болуындағы айырмашылықтары бар кез келген басқару жүйесін құруды, процестің логикасын және басқару жүйесіне қатысты нормативтік құжаттардың мазмұнын білдіреді.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Бродецкий Г.Л. Управление рисками в логистике: учебное пособие для студ. учреждений высш. проф. Образования//Г.Л. Бродецкий, Д.А. Гусев, Е.А. Елин. – М.: Academia, 2010. – 192 с.

[2] Воробьев С.Н. Системный анализ и управление рисками в предпринимательстве//С.Н. Воробьев, К.В. Балдин. - М.: МПСИ, МОДЭК, 2009. – 760 с.

[3] Балдин К. В. Риск-менеджмент: учебное пособие//К. В. Балдин, С. Н. Воробьев. – М.: Гардарики, 2005. – 285 с.

[4] Васин С.М. Управление рисками на предприятии: учебник// С.М. Васин, В.С. Шутов. – М.: КноРус, 2010. – 299 с.

[5] Вяткин В.Н. Управление рисками фирмы. Программы интегративного риск-менеджмента// В.Н. Вяткин. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 400 с.

[6] Гончаренко Л.П. Риск-менеджмент: учебное пособие//Л.П. Гончаренко, С.А.Филин. – М.: КноРус, 2010. – 215 с.

[7] Дамодаран А. Стратегический риск-менеджмент. Принципы и методики// А. Дамодаран; пер. с англ. – М.: Вильямс, 2010. – 496 с.

[8] Ермасова Н.Б. Риск-менеджмент организации: учебное пособие//Н. Б. Ермасова. – М.: Дашков и Ко, 2010. – 380 с.

[9] Королькова Е.М. Риск-менеджмент: управление проектными рисками: учебное пособие для студентов экономических специальностей//Е. М. Королькова. – Тамбов: Издво ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 160 с.

[10] Круи М. Основы риск-менеджмента//М. Круи, Д. Галай, Р. Марк; пер. с англ.; под науч. ред. В. Б. Минасян. – М.: Юрайт, 2011. – 390 с.

[11] Куликова Е.Е. Управление рисками: инновационный аспект//Е.Е. Куликова. – М.: Бератор-Паблишинг, 2008. – 224 с.

[12] Логистика: Интеграция и оптимизация логистических бизнес-процессов в цепях поставок / Учебник: Полный курс MBA. Под ред. проф. В.И. Сергеева//В.В. Дыбская, Е.И. Зайцев, В.И. Сергеев, А.Н. Стерлигова. – М.: Эксмо, 2008. – 944 с.

[13] Савицкая Г.В. Анализ эффективности и рисков предпринимательской деятельности: методол. Аспекты//Г.В. Савицкая. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 271 с.

Galymzhan Zhanbirov, master's degree, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, 7997709@mail.ru

Zhanna Yeleshova, master's degree, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, zhanna_elesheva@mail.ru

TRANSPORT AND LOGISTICS CENTERS RISK MANAGEMENT

Annotation. When implementing a modern logistics project, it is important to determine what risks it accompanies, group and describe the risks. To solve problems related to the analysis, assessment and management of risks, a systematic approach was used as a methodological tool that requires identifying problem situations, including those that are primarily outside the system, that is, those related to risk in the external environment.

It can be concluded that the creation of a risk management system should begin with the definition of objects and assets of the transport and logistics center, as well as the risk management process.

The scientific novelty of the work lies in the consideration of the economic situation with political instability, social shillings, along with internal, external technical, technological factors

that can affect transport and logistics centers. For the same purpose, it is necessary to obtain accurate information about risks for making managerial decisions based on modern informatization and communication systems.

Keywords. Logistics, project, risk, factors, analysis, management, methodology, external, internal environment.

Галымжан Жанбиров, магистр, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, 7997709@mail.ru
Жанна Елешова, магистр, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, zhanna_elesheva@mail.ru

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРАХ

Аннотация. При реализации современного логистического проекта важно определить, какие риски он сопровождает, сгруппировать и описать риски. Для решения проблем, связанных с анализом, оценкой и управлением рисками, в качестве методологического инструмента был использован системный подход, требующий выявления проблемных ситуаций, в том числе тех, которые находятся в первую очередь вне системы, то есть тех, которые связаны с риском во внешней среде. Можно сделать вывод, что создание системы управления рисками должно начинаться с определения объектов и активов транспортно-логистического центра, а также процесса управления рисками. Научная новизна работы заключается в рассмотрении экономической ситуации с политической нестабильностью, социальными потрясениями, наряду с внутренними, внешними техническими, технологическими факторами, которые могут повлиять на транспортно-логистические центры. С этой же целью необходимо получить точную информацию о рисках для принятия управленческих решений на основе современных систем информатизации и связи.

Ключевые слова. Риск, факторы, анализ, управление, методология, внешняя, внутренняя среда.

****

УДК 536.2(07) **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-123-133**

Д.К. Ергобек[1], З.Б.Ахметова[1], Қ.А.Мұса[1], С.С. Ыдырыс[2]
[1]Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан
[2]Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, Түркістан, Казахстан
E-mail: musa_karlygash.kz@mail.ru

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Аннотация. Отмечается активное развитие рынка логистических услуг в Казахстане. Логистические центры необходимы и производителям, и импортерам, и дистрибьютерам, и розничным сетям и логистическим, и транспортным компаниям и государственным структурам. Однако важно оценить, насколько логистические центры нового поколения будут действительно эффективны в условиях Республики Казахстан.

Цель работы: обоснование наиболее значимых факторов, от которых зависит эффективность логистических центров нового поколения в Республике Казахстан.

Научная и практическая значимость работы заключается в выявлении зависимостей для логистического рынка Казахстана, имеющих научную и прикладную ценность.

Для выполнения поставленной цели использован метод корреляционного анализа между рейтинговыми показателями логистики в Казахстане и статистическими метриками транспортно-логистической системы Республики Казахстан.

Практическая ценность итогов работы в том, что установлено, что в модель оптимизации организационно-функционального механизма логистических центров должны быть включены предложения по вовлечению государственных институтов в развитие транспортно-логистической системы в Казахстане и создание логистических центров нового поколения.

Ключевые слова. Логистика, логистические центры, транспортно-логистическая система, индекс эффективности логистики, логистический рынок Казахстана.

Введение.

Жизнеспособность современных коммерческих организаций напрямую зависит от устойчивости взаимодействия поставщиков и потребителей. Такое взаимодействие осуществляется посредством институциональных механизмов и процессов транспортно-логистической системы (ТЛС), включающей в себя логистические центры (ЛЦ), транспортную и логистическую инфраструктуру, транспортные объекты. Деятельность ТЛС чрезвычайно важна для государства. Экономический рост и процветание любой страны зависят от состояния ТЛС. Поэтому задачи формирования и развития ТЛС являются стратегически важными как на уровне отдельно взятых компаний, так и на уровне отраслей экономики, экономических территорий и государства в целом. Формирование и развитие транспортно-логистической системы происходит под влиянием возможностей (предпосылок) и угроз.

Мировой опыт свидетельствует, что инвестиции в порты, железные дороги, транспортные магистрали, логистические центры и другие объекты ТЛС выгодны и способны окупаться за несколько лет при грамотно выстроенном планировании и внедрении инновационных систем управления. Помимо прямых имеют место и косвенные выгоды: повышение пропускной способности ТЛС позволяет снизить издержки в экономике и содействует активизации деловой активности. Экономические эффекты во многом определяются эффективной работой транспортных узлов и логистических центров [1].

Значимость развития транспортно-логистической инфраструктуры в РК определена в законодательных инициативах и Посланиях Президента РК народу «Казахстанский путь - 2050: Единая цель, единые интересы, единое будущее» от 17 января 2014 г., «НҰРЛЫ ЖОЛ - путь в будущее» от 11 ноября 2014 г., «Третья модернизация Казахстана: глобальная конкурентоспособность» от 31 января 2017 г. В каждом из этих посланий стоят задачи развития инфраструктуры логистики и транспорта для расширения и увеличения международных экономических связей и регионального развития. В государственной программе инфраструктурного развития «Нұрлы жол», которая была утверждена в указе Президента в 2015 г. за № 1030, одной из ключевых задач выделено формирование ТЛИ на основе лучевого принципа. Лучевой принцип развития инфраструктуры предполагает создание сети логистических связей и центром в Астане. Одним из элементов транспортно-логистической инфраструктуры являются сухие и морские порты, терминалы, хабы, логистические центры. Также входит задача цифровизации транспорта и логистики. Согласно целевому индикатору программы «Цифровой Казахстан», рост производительности труда по секции «Транспорт и складирование» в 2022 г. составит 21,2 % [2].

Сегодня транспортно-логистический комплекс РК обеспечивает 7,8% валового внутреннего продукта против 7,6% годом ранее [3].

Учитывая важность развития транспортно-логистической системы в Казахстане, важно оценить наиболее значимые факторы, определяющие перспективы развития логистических центров нового поколения в Республике Казахстан.

Материалы и методы.

Транспортно-логистический сектор – важнейшая составляющая экономики РК. С точки зрения международной логистики Казахстан находится в выгодном географическом положении в самом центре Евразийского континента. Это открывает перспективы Казахстану брать на себя роль связующего звена между Азией и Европой, реализуя транзитные направления грузов Восток - Запад и Север - Юг.

Соответствие ТЛС международным стандартам принято оценивать по международным индексам и рейтингам.

Первым из перечня таких рейтингов является специальный индекс, оценивающий степень удобства доставки и распределения транспортных потоков. Эффективность логистики определяется индексом Logistics Performance Index, LPI Всемирного банка. Данный показатель оценивает удобство реализации поставок товаров и состояние торговой логистики на национальном и международном уровне. Казахстан достиг успехов в этом направлении за 2018 г. занял 71-е место среди 160 стран данный индекс рассчитывается один раз в два года, данные за 2020 г. пока не доступны [3]. Для расчета индекса используются критерии:

1) эффективности деятельности таможенных органов в РК;
2) компетенций в логистике среди объектов ТЛС;
3) соблюдения договорных сроков доставки.
4) качества состояния логистической инфраструктуры;
5) возможности отслеживания всей цепочки поставок (для клиентов, надзорных органов и других заинтересованных лиц) [4].

В Республике Казахстан в период 2016 - 2018 гг. улучшились три критерия 1 - 3 в представленном выше списке). По остальным критериям 4 – 5 имело место несущественное снижение.

К 2020 г. ожидалось дальнейшее улучшение позиций, занять в рейтинге 40-е место.

По мнению экспертов улучшения индекса обусловлено сразу несколькими факторами:

- увеличение объемов инвестиций в ТЛС РК;
- реализация крупных инфраструктурных проектов в сфере транспорта;
- реализация некоторых организационно-технических мероприятий, позволивших сократить продолжительность пересечения границы;
- наметившаяся тенденция повышения качества самих услуг, оказываемых субъектами частного предпринимательства в структуре транспортно-логистической системы в Казахстане.

Отмечается стремительный и уверенный рост логистического рынка в Республике Казахстан. На конец 2020 г. в РК существовало более 6000 ТЛК, в основном все эти компании находятся в г. Алматы. В основном бизнес представлен небольшими коммерческими компаниями, индивидуальными предпринимателями, специализирующимися на узких, конкретных логистических операциях. Несмотря на значительное присутствие малого бизнеса, клиенты склонны отдать свой выбор в пользу крупных и средних предприятий в данном сегменте [5].

По коэффициенту обеспечения местами для хранения товаров населения Казахстана на 1000 жителей Казахстан почти в два раза отстает от европейских показателей – 227 м^2 (в Европе 420 м^2). Считается, что различие обусловлено объективными причинами – меньшим объемом торговли и меньшей плотностью населения в Казахстане (складская логистика на пороге изменений, 2020).

Рынок нашей страны обладает серьезным потенциалом, так потенциал складских помещений приблизительно в 7730 тыс. м^2. Причем повышенный спрос наблюдается на склады класса «А». В 2019 г. совокупный объем складов класса «А» составил 562 тыс. м^2. Повышенная востребованность складов класса «А» объясняется следующими причинами:

- высокие технические стандарты логистических услуг и процессов;
- возможность получения дополнительных логистических и сопутствующих услуг, например, таможенное оформление, упаковка и др.;
- участие международного бизнеса в ТЛС Казахстана, требующего соответствия качества услуг мировым стандартам;
- характер грузом, требующих особых условий складирования.

Для складов класса «В», «С», «D» отмечается меньший спрос. Такие склады большей частью популярны среди строительных и промышленных компаний, для которых наиболее важны площадь и цена аренды. А такие факторы как вентиляция, температурный режим и прочие особые условия большого значения не имеют [6].

Современный логистический центр нового поколения предполагает возможность внедрения современных логистических и управленческих концепций, что открывает перспективы обеспечения высокой клиентоориентированности, востребованности и конкурентоспособности (рисунок 1).

В совокупности перечисленные характеристики формируют клиентоориентированность логистики в логистическом центре. ЛЦ нового поколения можно называть информационно-логистическими центрами.

Из зарубежного опыта ЛЦ нового поколения успешность деятельности ЛЦ во многом зависит от обоснованного применения технических достижений и инноваций. Логистический центр нового поколения клиентоориентирован и относится к своей деятельности не просто как к доставке груза из пункта «А» в пункт «Б», а учитывает, что клиент заинтересован в экономии затрат и времени. Поэтому требуется внедрение оптимизации потоков и управления ими.

Важное место в деятельности ЛЦ нового поколения отводится информационным технологиям. Предполагается, что информационные технологии должны обеспечить

переход на безбумажный документооборот в логистике, обеспечивать комплексный мониторинг процессов логистического центра, а также состояние объектов логистической инфраструктуры. Главной движущей силой в современных логистических системах становится потребность в высокоэффективном транспорте и логистических технологиях по обслуживанию клиентов. Также крайне важны планы действий по предотвращению угроз и снижению рисков потребителей услуг логистических центров [8].

Рисунок 1 – Характеристики логистического центра нового поколения
Примечание: составлено по материалам [7]

За основу взят корреляционный метод по данным статистической отчетности.

С помощью корреляционного анализа была рассчитана матрица парных коэффициентов корреляции и сформирован апостериорный набор предикторов, оказывающих набольшее влияние на зависимые переменные.

Результаты и обсуждение.

Проведена оценка эффективности организационно-экономического механизма функционирования логистических центров РК на основе анализа рейтингов. В международной практике эффективность ТЛС принято оценивать рейтингами:

1) Индекс эффективности логистики (Logistics Performance Index, LPI);
2) Глобальный индекс конкурентоспособности в компоненте «Инфраструктура»;
3) Индекс логистики развивающихся рынков.

Причины роста рассмотрены выше в обзоре литературы.

Рисунок 2 – LPI среди ЕАЭС (место в рейтинге)
Примечание: источник [9]

Также уровень логистической системы оценивается Глобальным индексом конкурентоспособности в компоненте «Инфраструктура» (Global Competitiveness Report 2019, 2018, 2020). Данный индекс оценивается Всемирным экономическим форумом (рисунок 3).

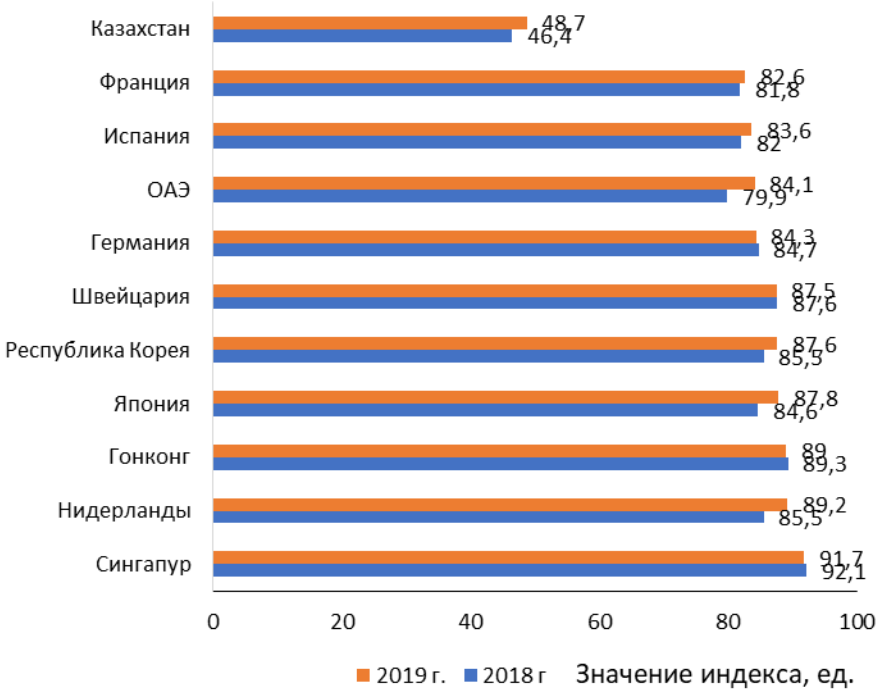


Рисунок 3 – Топ-10 стран и Казахстан в рейтинге «The Global Competitiveness Index» и Казахстан (значение индекса)
Примечание: источник [9]

Несмотря на некоторые улучшения, улучшение позиции в рейтинге, основные запланированные показатели госпрограммы «Нұрлы жол» так и не были достигнуты. Одна из причин тому – усиление конкуренции на рынке транспортно-логистических услуг Казахстана.

Данные по субиндексу «Transport infrastructure» по Республике Казахстан представлены на рисунке 4.

Рисунок 4 – Субиндекс «Transport infrastructure» 2019 г.
Примечание: источник [10]

Также состояние логистической инфраструктуры в стране может оцениваться по Индексу логистики развивающихся рынков (в индекс включено 50 стран) (EMLI, Emerging Market Logistics Index), который основан в 2010 г. Британским исследовательским институтом «Transport Intelligence» [11].

До 2019 г. для расчета EMLI использовались три составляющих индикатора:

- объем и характеристики рынка;
- сочетаемость рынков;
- развитие транспортно - логистических коммуникаций.

С 2019 г. методология расчета индекса EMLI изменилась – в основу расчета взяты три индикатора:

- логистические возможности внутри страны;
- логистические возможности за пределами страны;
- развитие предпринимательства.

В обновленном понимании индекс EMLI позволяет соизмерить возможности и потенциальные рыночные предложения в будущем.

Место Казахстана в рейтинге индекса EMLI стабильно росло до 2017 г. включительно (рисунок 5). Затем наблюдалось некоторое снижение, обусловленное укреплением конкурентных позиций других стран.

Улучшению индикаторов логистики способствовала ключевая позиция в проекте КНР «Belt & Road», существенные инвестиции в инфраструктуру, а также улучшение бизнес-среды и увеличение прямых иностранных инвестиций особенно среди стран США, Германии и Японии.

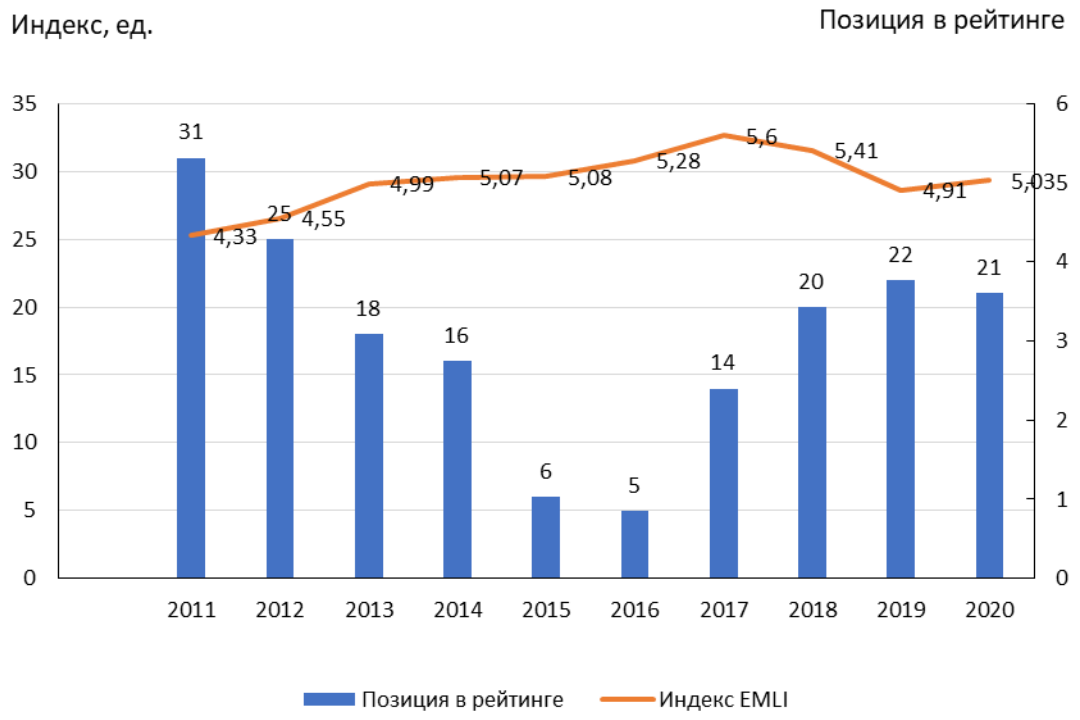


Рисунок 5 – Изменение позиции Казахстана в рейтинге Agility Emerging Markets
Примечание: источник [11]

Исходные данные для корреляционного анализ взяты из открытых данных Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан (таблица 1).

Таблица 1 – Исходные данные для корреляционного анализа

Год	Индекс EMLI	Пассажиро-оборот	Грузо-оборот	Объем производства промышленной продукции (товаров, услуг)	Протяженность железнодорожных путей сообщения
		млн пкм.	млрд т-км	млн тг.	км
2011	4,33	188 939,2	448,8	15 929 052	14 892
2012	4,55	213 035,7	478,0	16 851 775	15 333
2013	4,99	235 738,4	495,4	17 833 994	15 341
2014	5,07	246 958,5	554,9	18 529 225	15 341
2015	5,08	251 250,8	546,3	14 903 099	15 341
2016	5,28	266 784,2	518,6	19 026 781	16 104
2017	5,6	273 193,4	564,0	22 790 209	16 614
2018	5,41	281 484,1	609,5	27 218 063	16 635
2019	4,91	295 516,6	597,6	29 380 342	16 061

Год	Протяженность авто - дорог	Магистральные трубы	Судоходные пути
	км	км	км
2011	86 217	20 230	4 094
2012	87 140	20 238	4 151
2013	86 581	20 238	4 151
2014	86 419	23 196	4 151
2015	86 244	23 276	4 151
2016	87 029	23 271	4 151
2017	81 814	23 268	4 151
2018	83 240	23 334	4 081
2019	84 834	23 439	4 106
Примечание: источник [12]			

В целях определения актуальности результатов данных рейтингов была определена корреляционная зависимость между индексом и показателями развития промышленности и логистики Казахстана за 2011 - 2019 гг. Выбраны факторы:

Y – Индекс EMLI, ед.

Z1 – Пассажирооборот, млн. п-км.

Z2 – Грузооборот, млрд. т-км.

Z3 – Объем производства промышленной продукции (товаров, услуг), млн. тг.

Z4 – Протяженность железнодорожных путей сообщения, км.

Z5 – Протяженность автомобильных дорог с твердым покрытием общего пользования, км.

Z6 – Протяженность магистральных трубопроводов, км.

Z7 – Протяженность внутренних водных судоходных путей общего пользования, км.

Методом корреляционного анализа в электронной таблице Excel построена матрица корреляции (таблица 2).

Результаты анализа показали, что наибольшее влияние на индекс EMLI оказывает пассажирооборот (r_{yx1} = 0,79), грузооборот (r_{yx2} = 0,96), эксплуатационная длина железнодорожных путей (r_{yx4} = 0,83) и протяженность магистральных трубопроводов (r_{yx6} = 0,75). Результаты корреляционного анализа выявили, что между индикаторами

развития транспортной системы страны и результирующим показателем – индексом EMLI – есть корреляционная зависимость. Выявлены факторы, в наибольшей степени влияющие на индекс EMLI:

- грузооборот;
- пассажирооборот;
- эксплуатационная длина железнодорожных путей общего пользования;
- протяженность магистральных трубопроводов [11].

Таблица 2 – Матрица парных коэффициентов корреляции

Показатели	Y	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7
Y	1	-	-	-	-	-	-	-
Z1	0,7845825	1	-	-	-	-	-	-
Z2	0,7178562	0,92425	1	-	-	-	-	-
Z3	0,4352458	0,78582	0,79624	1	-	-	-	-
Z4	0,8215425	0,84215	0,7545582	0,771861	1	-	-	-
Z5	-0,638014	-0,56557	-0,643584	-0,66384	-0,78356	1	-	-
Z6	0,7478289	0,851297	0,8559973	0,529495	0,669518	-0,47416	1	-
Z7	0,1894823	-0,08896	-0,24808	-0,54122	-0,19432	0,340857	-0,02628	1
Примечание: результаты корреляционного анализа исходных данных								

Улучшая перечисленные показатели, можно достигнуть заданных рейтинговых показателей. Реализуемость данных показателей зависит от деятельности различных стейкхолдеров транспортно-логистической системы: государственных институтов власти, органов местного самоуправления, а также логистических центров. Перспективным направлением улучшения перечисленных показатели является создание в РК логистических кластеров. Эта идея невозможна к реализации без активного участия государства.

Исследование подтверждает обоснованность гипотезы о том, что развитие логистических центров РК должно быть в комплексе со всей транспортно-логистической системой Республики Казахстан. В отрыве от общей программы развития ТЛС проекты оптимизации ЛЦ не обеспечат необходимого объема услуг.

Таким образом, эффективность деятельности ЛЦ зависит не только от организации внутренних процессов, но и во многом определяется состоянием самой ТЛС. Поэтому в модель оптимизации организационно-функционального механизма логистических центров должны быть включены предложения по вовлечению государственных институтов в развитие ТЛС в Казахстане и создание логистических центров нового поколения. Требуются определенные законодательные, организационные и институциональные инициативы на уровне государства по развитию ТЛС, развитие логистических кластеров.

Заключение.

У Казахстана, как у участника глобальных логистических проектов, существуют возможности зарекомендовать себя в качестве эффективно развивающегося, транзитного хаба Центральной Азии. В настоящее время в Республике Казахстан сложились благоприятные условия для развития логистического рынка. В связи с этим руководство ЛЦ РК ставит перед собой планы развития на ближайшие годы по увеличению объемов оказываемых услуг, расширению перечня услуг, увеличению представленности на рынке. Однако реализация этих планов возможна только при условии заинтересованности

клиентов, главным образом, иностранных. Поэтому логистические центры Казахстана должны удовлетворять современным международным требованиям.

Для выполнения поставленных государственных задач развития важна модернизация транспортно-логистической системы с созданием ряда ЛЦ нового поколения, востребованных для широкого спектра логистических услуг международного уровня. Благоприятные рыночные условия, сформировавшиеся в настоящее время в транспортно-логистическом секторе экономики, заставляют участников рынка активно развиваться, чтобы не упустить эту возможность. Для привлечения на рынок иностранных клиентов необходимы проекты модернизации логистических центров.

Общие черты ЛЦ нового поколения (информационно-логистических центров):

- многофункциональность;
- высокий уровень автоматизации, роботизации, информатизации;
- адаптация организационно-экономического механизма к современным логистическим и управленческим концепциям.

Результаты проведенного исследования показали, что эффективность деятельности логистических центров зависит не только от организации внутренних процессов, но и во многом определяется состоянием самой ТЛС. Таким образом, гипотеза исследования является доказанной. Требуются определенные законодательные, организационные и институциональные инициативы на уровне государства по развитию ТЛС, развитие логистических кластеров, повышение привлекательности казахстанских хабов.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Kongkiatpaiboon S. Logistics improvement: A case study of automotive part distribution / S. Kongkiatpaiboon, P. Chutima//International Scientific Journal of Engineering And Technology (Isjet). 2019, 1(1), pp. 31-35.

[2] Государственная программа инфраструктурного развития РК «Нұрлы жол» на 2020-2025 годы [Электронный ресурс]. URL: https://primeminister.kz/ru/gosprogrammy

[3] Габдуллина Л.Б. (2020). Развитие транспортно-логистической системы Республики Казахстан // Экономика знаний: экономика, практика, перспективы развития: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летнему юбилею ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. Нур-Султан, 2020. С. 743-752.

[4] Элиманова Р.А., Аспанбетов Д.А. (2020)/ Транзитные перевозки Казахстана: проблемы и решения//Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XXXIV Международной научно-практической конференции. Пенза, 2020, С. 24-26.

[5] Кегенбеков Ж.К., Конгуева А.Ж., Сапрыкина Н. М. (2020). Перспективы развития транспортно-логистического кластера в городе Алматы//Научные проблемы водного транспорта. 2020, Вып. 64, С. 144-154.

[6] Складская логистика на пороге изменений // Forbes Kazakhstan. – 2020. – 6 января. – [Электронный ресурс]. – 2020. – URL: https://forbes.kz/stats/3pl_drayver_razvitiya_riteyla/.

[7] Некрасов А.Г., Синицына А.С. (2017). Транспортно-логистические системы нового поколения в цифровой экономике // Сила систем. 2017, №3(4), С. 11-23.

[8] Shmatko A. Barykin S., Sergeev S., Thirakulwanich A. (2021). Modeling a Logistics Hub Using the Digital Footprint Method –The Implication for Open Innovation Engineering // J. Open Innov. Technol. Mark. Complex. 2021, № 7. C. 59.

[9] LPI Aggregated Rankings (2020) // The world Bank. – [Electronic resource]. Rezhim dostupa: https://lpi.worldbank.org/international/aggregated-ranking.

[10] Global Competitiveness Report 2019, 2018//Официальный сайт Всемирного экономического форума.–[Электронный ресурс].–2020.–
URL: https://www.weforum.org/reports.gdasdfewfgd.ruls.

[11] Emerging Market Logistics Index 2011-2020 (2020) // Agility. [Electronic resource]. URL: https://www.agility.com/insights/emerging-markets-logistics-index/overview/.

[12] Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан (2020). [Электронный ресурс]. URL: https://stat.gov.kz/official/industry/20/statistic/8/.

Димаш Ергобек, докторант, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан, yedk2017@mail.ru

Зауреш Ахметова, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан, zaurebolat@mail.ru

Қарлығаш Мұса, оқытушы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан, musa_karlygash.kz@mail.ru

Серикбай Ыдырыс, э.ғ.д., профессор**,** Қ.А.Яссауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан serikbay-s@mail.ru

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДАҒЫ ЖАҢА БУЫН ЛОГИСТИКАЛЫҚ ОРТАЛЫҚТАРЫНЫҢ ДАМУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫН ФАКТОРЛЫҚ ТАЛДАУ

Аңдатпа. Қазақстанда логистикалық қызметтер нарығының белсенді дамуы байқалады. Логистикалық орталықтар өндірушілерге де, импорттаушыларға да, дистрибьюторларға да, бөлшек желілерге де, логистикалық және көлік компаниялары мен мемлекеттік құрылымдарға да қажет. Алайда жаңа буынның логистикалық орталықтары Қазақстан Республикасы жағдайында қаншалықты тиімді болатынын бағалау маңызды.

Жұмыстың мақсаты: Қазақстан Республикасындағы жаңа буын логистикалық орталықтарының тиімділігіне байланысты болатын неғұрлым маңызды факторларды негіздеу.

Жұмыстың ғылыми және тәжірибелік маңыздылығы Қазақстанның логистикалық нарығына ғылыми және қолданбалы құндылығы бар тәуелділіктерді анықтау болып табылады.

Қойылған мақсатты орындау үшін Қазақстандағы логистиканың рейтингтік көрсеткіштері мен Қазақстан Республикасы көлік-логистика жүйесінің статистикалық көрсеткіштері арасындағы корреляциялық талдау әдісі пайдаланылды.

Жұмыс қорытындыларының тәжірибелік құндылығы логистикалық орталықтардың ұйымдық-функционалдық тетігін оңтайландыру моделіне Қазақстанда көлік-логистикалық жүйені дамытуға және жаңа буынның логистикалық орталықтарын құруға мемлекеттік институттарды тарту жөніндегі ұсыныстар енгізілуге тиіс екендігі анықталды.

Түйінді сөздер. Логистика, логистикалық орталықтар, көлік-логистикалық жүйе, логистика тиімділігінің индексі, Қазақстанның логистикалық нарығы.

Dimash Yergobek, doctorate student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, yedk2017@mail.ru

Zauresh Akhmetova, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, zaurebolat@mail.ru

Karlygash Musa, teacher, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, musa_karlygash.kz@mail.ru

Serikbay Ydyrys, doctor of economic sciences, professor, Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan, serikbay-s@mail.ru

FACTOR ANALYSIS OF NEW GENERATION LOGISTICS CENTERS DEVELOPMENT PROSPECTS IN THE KAZAKHSTAN REPUBLIC

Annotation. The market of civilized logistics services in Kazakhstan is actively developing. The need for logistics centers that meet specific requirements is experienced by literally everyone - manufacturers, importers, distributors, retail networks, logistics, transport companies and government agencies. However, it is important to assess how much the logistics centers of the new generation will be really effective in the conditions of the Kazakhstan Republic.

The purpose of the work is to substantiate the most significant factors on which the effectiveness of new generation logistics centers in the Kazakhstan Republic depends.

The scientific and practical significance of the work is the identification of scientific and applied value dependencies.

The method of correlation analysis between the rating indicators of logistics in Kazakhstan and the statistical metrics of the Kazakhstan Republic transport and logistics system is used to fulfill this goal.

The practical value of the work results is that it is established that the model of the organizational optimization and functional mechanism of logistics centers should include proposals on the involvement of state institutions in the development of the transport and logistics system in Kazakhstan and the creation of a new generation logistics centers.

Keywords. Logistics, logistics centers, transport and logistics system, logistics efficiency index, logistics market of Kazakhstan.

****

ӘОЖ 629.02:331.435 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-134-147**

Г. Қайратқызы✉, М.Айкумбеков
Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан
E-mail: gulistan.kairatkyzy@gmail.com

АУЫР ӨНЕРКӘСІП САЛАСЫНДА АВТОКӨЛІК ТАСЫМАЛДАРЫНЫҢ СЕНІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕМЕСІ

Аңдатпа. Қазіргі заманғы көлік тізбегі - бұл, керісінше, оның сенімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз ететін ерекше күрделі материал. Көп жағдайда жол желісінің қауіпсіздігі күмән тудырады. Тізбектің қай бөлігінде бақыланбайтын кедергілер бар екенін алдын-ала анықтау мүмкін емес. Демек, тұрақты және сенімді көлік желісін құру үшін бірыңғай абоненттік жүйені құру қажет. Жаңа логистикалық желілер материалдарды басқару процестерін автоматтандыру, көлік компанияларына қаржылық ақпарат беру үшін алдыңғы қатарлы технологиялар негізінде құрылуы керек, ал сенімді жүргізушілер мен қызметкерлер әрдайым соңғы оқиғалардан хабардар болады. Сондықтан маңызды міндеттердің бірі-қызметкерді жұмыс орнындағы жарақаттардан тиімді қорғау және сенімді өндірісте психологиялық қызмет көрсету бойынша шаралар кешенін әзірлеу, адам өмірі мен денсаулығы үшін маңызы бар.

Түйінді сөздер. Сенімділік, көлік процесі, жүргізуші, психофизиологиялық жағдайы, «ФРАМ» әдісі, қауіпсіздік.

Кіріспе.

Еліміздегі ашық тәсілмен пайдалы қазбаларды өндірудің үздіксіз циклі бар тау-кен өндіру кәсіпорнында автомобиль көлігінің негізгі мақсаты өндірілген шикізатты қабылдау пунктіне тасымалдау болып табылады [1]. Өндірудің технологиялық процесінің өндірістік қызметін қамтамасыз ету үшін технологиялық автомобиль жүк көлігімен жүзеге асырылатын көмекші материалдарды, жабдықтарды, пайдалану сұйықтықтарын жеткізу маңызды болып табылады. Өкінішке орай, аталған көлік технологиясы үшін аталған материалдарды өндірушіден көлік қызметтерін тапсырыс берушіге ауыстырудың логистикалық тізбегін әзірлеу туралы ақпарат жоқ. Бұл, әдетте, тасымалдауды ұйымдастыру процесі жағдайларының нашарлауына әкеледі, бұл алынған шикізатты өндіру көлемінің төмендеуіне және тау-кен өндірісі жағдайында технологиялық көлік құралдарының жұмысының нашарлауына әкеледі.

Нәтижесінде - соңғы өнімнің қымбаттауы орын алады. Сондықтан, технологиялық көліктің жүк тасымалдаушыларға қойылатын негізгі талаптардың бірі тасымалдардың сенімділігін қамтамасыз ету болып табылады, ол объективті сипаттама болып табылады және жүк автомобильдерінің тоқтаусыз жұмыс істеу ықтималдығымен бағаланады [2], бұл оларды пайдалану көрсеткіштерімен ғана емес (істен шығу, ұзақ мерзімділік, жөндеуге жарамдылық және сақталғыштық), сондай-ақ жүкті кеңістікте жылжытудың бүкіл тізбегінің функционалдығымен айқындалады.

Яғни, осы контексте сенімділік бірқатар қауіп факторларын біріктіретін белгілі бір уақыт ішінде міндеттемелерді орындау мүмкіндігі ретінде қарастырылады: физикалық, экономикалық, технологиялық және ұйымдастырушылық.

Материалдар мен тәсілдер.

«Жүргізуші-автомобиль-жол-орта» жүйесіндегі (бұдан әрі – «ЖАЖО» жүйесі) сенімділікті бағалау мәселелерін Р.В. Ротенберг, В. А. Трикозюк, Э. М. Лобанов сияқты

танымал ғалымдар егжей-тегжейлі зерттеді. Алайда, олардың зерттеулерінде кездейсоқ факторлар жоқ, олар ТҚР соңғы нәтижесіне айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Осыған сүйене отырып, сыртқы ортада болып жатқан өзгерістерге жедел ден қоюды, көлік қызметтерін тұтынушылардың құбылмалы мінез-құлқын, нормативтік талаптарды және жүктердің тиісті түрін тасымалдауға сұранысты қамтамасыз ететін тау-кен өндіру кәсіпорны жағдайында тасымалдау тиімділігін бағалаудың жаңа әдістерін іздеуде өзекті міндет туындайды.

Соңғы зерттеулер мен жарияланымдарды талдау. Соңғы жылдары карьерлік автомобиль көлігімен жүктерді тасымалдаудың тиімділігі мен сенімділігін қамтамасыз ету туралы жарияланған ғылыми зерттеулерде өнімділікті арттыруға және жүктердің тиісті түрін тасымалдау шығындарын азайтуға, яғни экономикалық мәселелерге көп көңіл бөлінеді, ал автокөліктермен тасымалдау процесінің сенімділігі, өкінішке орай, назар аударылмаған [3]. Сонымен қатар, аталған мәселелер жалпы мақсаттағы автомобиль көлігі үшін өте мұқият пысықталады. Осылайша, көлік процесінің сәйкес келмеуінің негізгі себептеріне жол-көлік оқиғаларының (ЖКО) басталуы жатады. Нақты [4] деректері бойынша, жыл сайын ЖКО нәтижесінде 1,3 млн. жуық адам қайтыс болады, ЖКО нәтижесінде көптеген елдер көтеретін залал олардың жалпы ішкі өнімінің 3%-ына жетеді. Жыл сайын ЖКО нәтижесінде 1,3 млн. ер адамның өмірі үзіледі. Тағы 20-50 миллион адам өлімге әкелмейтін жарақат алады, бұл көптеген жағдайларда мүгедектікке әкеледі. Статистика бойынша [5] Еуропалық Одақ елдерінде 2020 жылы жол апатынан 18800 адам қайтыс болды. 2019 жылмен салыстырғанда ЖКО санының бұрын-соңды болмаған 17%-ға төмендеуі орын алды. Бұл 2020 жылы Европа одағы жолдарында 2019 жылмен салыстырғанда 4000-ға жуық адам қайтыс болды дегенді білдіреді. Covid-19 пандемиясының салдарынан трафиктің төмендеуі жолдардағы өлім-жітімге айқын әсер етті. Украина жағдайлары үшін [6] мәліметтері бойынша 2020 жылы ЖКО – ның жалпы саны – 168107 құрады, онда 3541 адам қайтыс болды, ал 31974 адам жарақат алды. 01.01-31.08.2021 жылдар кезеңінде қайғылы статистика келесі мәліметтерден тұрады: ЖКО жалпы саны – 15613, онда 1914 адам қаза тапты, ал 19309 адам жарақат алды.

Зерттеулерге сәйкес [7,8] бұл жағдай жүргізушілерді кәсіби емес іріктеуден туындады; автокөлікпен тасымалдауды орындау кезінде жүргізушінің ауыр еңбек жағдайлары; жүргізушінің психофизиологиялық жағдайы мен денсаулығының нашарлығы; жол қозғалысының қарқындылығы.

Сонымен бірге, зерттеуде [9] жүк көлік процесінің сенімділігін едәуір нашарлататын деструктивті факторларға авторлар ұсынған схемада жетекші орын алатын жылжымалы құрамның жағдайы жатады. Жалпы алғанда, зерттеу жылжымалы құрамның сенімділігін тек екі шарт бойынша талдау тұжырымдамасын ұсынады: жарамды немесе жарамсыз, бұл белгілі бір жолмен тау-кен кәсіпорны жағдайында жүк көлік процесінің тиімділігін арттыруға бағытталған басқару шешімдерін қабылдау мүмкіндігін шектейді.

Екінші жағынан, зерттеулер [10] жүк тасымалдау көлігінің сенімділігін қамтамасыз ету үшін GPS навигациясы (ғаламдық позициялау жүйесі) арқылы жүктің сақталуын бақылауды жүзеге асыру туралы әртүрлі деректерді жинауға және уақтылы өңдеуге көп көңіл бөлу маңызды екенін көрсетеді. Уақытты талдаудың, жоспарлау индексінің, тоқтап қалу индексінің, жүріс қорының негізгі элементі ретінде. Алайда, автокөлік сенімділігін арттыруға бағытталған басқару шешімдерін қабылдау үшін оқиғалардың ықтимал сценарийлерінің статистикалық гипотезаларын қолдану ұсынылады. Бұл модельдің сәйкестігін тексеру үшін өлшеулердің белгісіздігін анықтауды қажет етеді. Сонымен қатар, шешімдер уақыт шектеулі болуы мүмкін және қосымша кірістерді анықтау қажет болуы мүмкін. Тағы бір зерттеуде [11] көлік процесінің сенімділігін бағалау үшін модельді әзірлеу үшін келесі критерийлер таңдалды: жол жүру уақыты мен тасымалдау

көлемі. Зерттеу нәтижесінде авторлар көлем-сыйымдылық пен қозғалыс уақытының қатынасы негізінде сапар уақытының стандартты ауытқуын болжай алатын модель алды.

Бірақ, өкінішке орай, қолда бар немесе жоқ ресурстар мен алғышарттардың әсерін сипаттайтын маңызды көрсеткіштер ескерілмейді. Мысалы, аналитикалық шолуда көрсетілгендей [12] көбінесе автокөлікпен тасымалдау сенімділігін талдау кезінде қаржылық шығындар және экономикалық пайда ескерілмейді, бұл көлік процесін ұйымдастыруда басқарушылық шешім қабылдауда маңызды болып табылады. Жоғарыда аталған зерттеуден айырмашылығы, жұмыста [13] көлік процесінің сенімділігін оның салмағына байланысты салмақ коэффициенттері негізінде сәтсіздік мүмкіндігіне сүйене отырып, аналитикалық жолмен бағалау ұсынылады. Алайда, өкінішке орай, салмақ коэффициенттерін есептеу рәсімі одан әрі ашуды талап етеді.

Жақында «FRAM» әдісі күрделі техникалық жүйелердің сенімділігін бағалауда айтарлықтай танымал болды. Бұл әдістің басқалардан басты артықшылығы - оның жекелеген компоненттері арасындағы функционалдық байланыстарды ескере отырып, көлік процесін басқарудың бүкіл жүйесіне әртүрлі жағымсыз әсерлерді қарастыру мүмкіндігі [14], бұл кейде күтпеген нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді. Мысалы, Woltjer және Hollnagel ғалымдары Alaska Airlines авиакомпаниясының 261 рейсіндегі апаттың себептерін талдау үшін «FRAM» әдісін қолданды, бұл анықталған жүйелік ақаулықтың динамикалық және сызықтық емес сипатын көрсетуге мүмкіндік берді. 5191 Comair рейсінің апатын қайта талдау кезінде «FRAM» әдісін қолдана отырып, бірқатар қосымша қарсы шаралар табылды, бұл ұлттық көлік қауіпсіздігі кеңесінің (National Transportation Safety Board) ресми есебін кеңейтті. Сондай-ақ, «FRAM» әдісі динамикалық жүйелерде пайда болатын айнымалыларды егжей-тегжейлі бақылауға көмектеседі [15]. Сонымен қатар, алынған нәтижелер әрқашан тасымалдау қауіпсіздігін және оның еңбек сенімділігін жақсарту үшін негіз болып табылады [16].

Жұмыстың мақсаты - көлік процесінің сенімділігін арттыруға бағытталған ұсыныстарды әзірлеу есебінен тау-кен өндіру кәсіпорны жағдайында тасымалдау тізбегінің тиімділігін арттыру.

Әдіснамасы. Тау-кен өндірісі кәсіпорны жағдайында тасымалдау тізбегінің сенімділік деңгейін арттыру үшін оның әр кезеңінде жүк тасымалдаудың көліктік процесінің әртүрлі себеп-салдарлық байланыстарының әсерін егжей-тегжейлі зерттеу маңызды болып табылады, бұл жүйе өзінің күнделікті өнімділігінің өзгеруіне байланысты қалыпты жұмыс режимінде жұмыс істей алмаған кезде мүмкін болатын функционалды резонанстық әсерді анықтауға мүмкіндік береді:

- сәттілік пен сәтсіздіктің эквиваленттілігі принципі - олар ұқсас сипатқа ие және ұқсас себептерден туындайды, сондықтан сәтсіздіктердің, оқиғалардың немесе апаттардың себептеріне назар аударып қана қоймай, күнделікті жұмыстың сәтті орындалуына әкелетін факторларды мұқият зерттеу керек [17];

- шамамен түзету принципі – әлеуметтік - техникалық жүйелердің күнделікті өнімділігі жұмыс орнындағы ағымдағы жағдайларға бейімделуі керек, бұл қажетті нәтижеге жету үшін қызметкерлердің мінез-құлқын жүйенің талаптарына сәйкес түзетуді қажет етеді;

- төтенше жағдайлар принципі - күрделі жүйенің ерекшеліктерін оның компоненттерінің өнімділігін сипаттай отырып түсіндіру мүмкін емес, өйткені белгілі бір айнымалылардың тіркесімі әрдайым түпкілікті нәтиженің белгісіздігін тудырады, көптеген вариацияларды жасайды және осылайша қажетсіз нәтиженің пайда болуын арттырады;

- функционалды резонанс принципі - анықталған жаңа қауіпті сигнал белгілі бір ортадағы көптеген түрлі сигналдардың қалыпты өзгергіштігі нәтижесінде пайда болады.

«FRAM» - талдау негізінде күрделі жүйелердегі, мысалы, «ЖАЖО» жүйесінде айнымалы функциялардың тасымалдау тізбегінің сенімділігін төмендетуі мүмкін қандай да бір факторлардың пайда болу ықтималдығына әсерін айқындау болып табылады. Осы факторларды анықтау үшін алты түрлі аспект енгізілді (1 сурет) (уақыт, бақылау, шығу, ресурс, үй – жайлар және кіріс), резонанс-қауіптің ықтимал көздерін табуға бағытталған әр функцияның жүйелік өзара әрекеттесуін анықтауға мүмкіндік береді [17].

1 сурет - «FRAM» әдісінің функционалды алтыбұрышы [17]

Нәтижелер.

Тау-кен өндірісі кәсіпорны жағдайында автокөлікпен тасымалдау тізбегінің сенімділігін арттыру үшін нәтижесінде жағымсыз нәтижеге – жүргізушінің психофизиологиялық жағдайының өзгеруінен туындаған инцидентке әкелуі мүмкін тасымалдау кезінде әлсіз процестерді (функцияларды) табу маңызды. Ол үшін біз «FRAM» талдауын қолдана отырып, тау-кен өндірісі жағдайындағы көлік процесінің факторларын зерттейміз, ол төрт негізгі қадамнан тұрады.

Бірінші қадам. Біз осы әдістің алты аспектісіне сәйкес көлік процесінің кезеңдерін сипаттаймыз. Автокөлік процесінің әрбір құрамдас бөлігі үшін: автомобильді жүктеуге беру; жүк тиеу; жүк тасымалдау; тағайындалған жерде жүкті түсіру функцияны іске қосатын кіріс элементі, оның жұмысының алғышарты және қажетті ресурстар болып табылатындығын анықтаймыз, түпкілікті нәтиже алу үшін оның белгіленген уақытта орындалуы қалай бақыланатынын түсіну керек. – функцияның шығуы.

1 кесте - Жүк тасымалдаудың қарапайым көлік процесінің негізгі функцияларын анықтау тау-кен өндіру кәсіпорны жағдайында

Жүк тасымалдау процесінің функциялары		
1 кезең - автомобиль жүк тасымалдарын дайындау		
1	2	3
«FRAM» функциясының элементі	Әрекеттің мазмұны	Көлік операциясының мазмұны
Кіру «Енгізу»	Функция неден басталады?	- ТҚ пайдалану қасиеттерін талдау; - қоршаған орта жағдайларын талдау; - қозғалыс бағытын әзірлеу; - қозғалыс кестесін құру; - рейс алдындағы техникалық тексеру; - жүргізушісін рейс алдындағы медициналық тексеру; - көлік құжаттамасын рейс алдында тексеру.

Шығу «Output»	Нәтиже немесе функция нәтижесі дегеніміз не?	Сыртқы ортаның климаттық шартына қарай жүкті қажетті типтегі және қажетті көлемде жеткізу үшін тасымал құралын жүргізуге дайын болу
Қадағалау «Control»	Функцияның нәтижелі жұмыс жасауы үшін нені қадағалау керек?	- жүргізушінің кәсіби рұқсатының болуын қадағалау; - жүргізушінің жұмыс орнының мониторингі; - кәсіби қызметтің орындалуын қанағаттандыратын әлеуметтік шарттардың орындалуына мониторнг жүргізу.
Алғы шарттары «Precondition»	Функцияның қалыпты орындалуы үшін не қажет?	- ТҚ нәтижелігі, жөнделген және техникалық қызметтен өткен, қажетті жүкті қажетті көлемде климаттық жағдайларға қарамастан тасымалдауға дағдыланған; - жүктің қажетті түрін тасымалдайтын ТҚ басқару бойынша кәсіби рұқсат алу үшін қолдануды үйрету; - қозғалық құрамының қатарына шығуды жүзеге асыратын механиктің қызметтік міндеттері.
Ресурс «Resources»	Функцияның орындалуы үшін қандай ресурстар қажет?	- автомобильдік жүк көліктерін ұйымдастыратын менеджердің нәтижелі қызметтік мүмкіндіктері; - қозғалмалы құрамды жолға шығаратын менеджердің нәтижелі қызметтік мүмкіндіктері; - жүргізушіні рейдалды медициналық тексерістен өткізетін дәрігердің нәтижелі қызметтік мүмкіндіктері.
2 кезең- ТҚ тиеуге жіберу		
Кіру «Енгізу»	Функция неден басталады?	- жүк арту пунктының орналасуына анализ жасау; - маневр жасау мүмкіндігіне анализ жасау; - кезек туындаған жағдайда жүкті арту барысында күту мәселесін қарастыру.
Шығу «Output»	Нәтиже немесе функция нәтижесі дегеніміз не?	ТҚ жүргізушілерін жүк арту орнына уақытылы жеткізу.
Қадағалау «Control»	Функцияның нәтижелі жұмыс жасауы үшін нені қадағалау керек?	- ТҚ жүк арту үшін графикті қадағалау; - жүк арту алаңына ТҚ орналастыруды қадағалау.
Алғы шарттары «Precondition»	Функцияның қалыпты орындалуы үшін не қажет?	Жүк арту орны маневр жасау қажеттілігін және кезек туындаған жағдайда күту мүмкіндігін қанағаттандыру қажет
Ресурс «Resources»	Функцияның орындалуы үшін қандай ресурстар қажет?	- ТҚ жүргізушісінің нәтижелі қызметі; - жүк арту алаңының геометриялық көлемі ТҚ маневр жасауға және жүкті артуды күтуге мүмкіндік беруі қажет.

3 кезең-жүкті ТҚ арту және кузовқа бекіту		
Кіру «Input»	Функция неден басталады?	- жүкті арту және түсіру механизмін пайдалану ерекшеліктеріне анализ жасау; - ТҚ кузовынав жүкті тиеу шартарына анализ жасау; - ТҚ кузовына тиелген жүктің құрамы мен шарттарына анализ жасау; - ТҚ қажетті осьқа жүктің таралуын есептеу; - ТҚ кузовына жүкті тиеу жүйесі мен орналасуына техникалық рейдалды тексеріс жүргізу.
Шығу «Output»	Нәтиже немесе функция нәтижесі дегеніміз не?	Ағымдағы заңнаманың ,автокөлік тасымал құралдарының салмақ пен көлемдік мінездемесінің регламенттік талаптарына сай, ТҚ кузовына бекітілген және тиелген жүкпен ТҚны басқаруға жүргізушінің дайындығы
Контроль «Control»	Функцияның нәтижелі жұмыс жасауы үшін нені қадағалау керек?	- ТҚ кузовына жүктің орналасуын қадағалау; - ТҚ кузовына жүктің бекітілуін қадағалау; - ТҚ белгіленген осьіне түсетін салмақ көлемін қадағалау.
4 кезең – ТҚ кузовында жүкті тасымалдау		
Кіру «Енгізу»	Функция неден басталады?	- ВА жұмыс жағдайында; - жүк тиелген және ТҚ корпусында бекітілген; - сәйкес барлық ВА бойынша жүктемені бөлудің салмақ нормалары; - көліктік ілеспе құжаттама дұрыс толтырылған және толық қолжетімді.
Шығу «Output»	Нәтиже немесе функция нәтижесі дегеніміз не?	Жүк ТҚ қозғалыс кестесінде қарастырылған уақытында, толық көлемде зақымданбай, аз көлік шығындарымен, жол қозғалысы ережелерін бұзбай жеткізілді.
Қадағалау «Control»	Функцияның нәтижелі жұмыс жасауы үшін нені қадағалау керек?	- ТҚ жүргізушінің психофизиологиялық жағдайын бақылау; - ТҚ қозғалыс жағдайын бақылау; - ТҚ операциялық қасиеттерін бақылау; - жүктің ТҚ артқы жағында орналасуын бақылау; - ТҚ ұшу кестесінің сақталуын бақылау.
Алғы шарттары «Precondition»	Функцияның қалыпты орындалуы үшін не қажет?	- қолайлы климаттық жағдайлар; - тиімді көлік инфрақұрылымы; - жоғары сапалы отын; - Қозғалыс және демалыс кестесін сақтау; - жол қозғалысы ережелерін сақтау.
Ресурс «Resources»	Функцияның орындалуы үшін қандай ресурстар қажет?	-жүргізушінің кәсіби тәжірибесі; - стресске төзімділік; - жүргізушінің жақсы физикалық және психофизиологиялық жағдайы
5 кезең –ТҚ түсіру		
Кіру «Енгізу»	Функция неден	- түсіру пунктінің орналасуын талдау;

	басталады?	- маневр жасау мүмкіндігін талдау; - кезек болған жағдайда түсіруді күту мүмкіндігін талдау.
Шығу «Output»	Нәтиже немесе функция нәтижесі дегеніміз не?	Жүргізушінің жүкті түсіру орнына қозғалыс кестесінде белгіленген мерзімде ТҚ уақытында жеткізуі.
Қадағалау «Control»	Функцияның нәтижелі жұмыс жасауы үшін нені қадағалау керек?	- түсіру үшін ТҚ беру кестесін бақылау; - түсіру орнында ТҚ орналастыруды бақылау.
Алғы шарттары «Precondition»	Функцияның қалыпты орындалуы үшін не қажет?	Жүкті түсіру орны ТҚ маневрлік қабілетін және кезек болған жағдайда түсіруді күту мүмкіндігін қанағаттандыруы керек.
Ресурс «Resources»	Функцияның орындалуы үшін қандай ресурстар қажет?	- ТҚ жүргізушісінің тиімді құзыреттілігі; - жүк түсіру платформасының геометриялық өлшемдері ТҚ маневр жасауға және кезек болған жағдайда тиеуді күтуге мүмкіндік беруі керек.

Зерттеу [18] «FRAM»әдісінің моделін құру үшін қолданылатын әр функцияның алты аспектісін сипаттайтын сұрақтар тізімін ұсынады. Қойылған сұрақтарға жауаптар кесте (кесте) түрінде ресімделеді. 1) талдау бойынша біз көлік процесіне ең көп әсер ететін факторларды анықтаймыз.

Екінші қадам. Функциялардың өзгергіштігін анықтау. Функциялардың өзгергіштігінің сипаттамасын олардың бастапқы нәтижелері (өнімділігі) бойынша анықтаймыз, олар уақыт пен орындау дәлдігінде айнымалы болуы мүмкін [19]. Функцияның жұмыс күйін төрт санаттың көмегімен елестетуге болады: функция өте жақсы және уақтылы орындалды; функция қанағаттанарлық және уақтылы орындалды; функция қанағаттанарлық, бірақ уақытында орындалмады; соңғысы - функция қанағаттанарлықсыз және уақытында орындалмады. E. Hollnagel қызметкерлердің қызметін, табиғат пен өндірістің бірегейлігін, қауіптердің болуын бағалау үшін өндіріс процесін бақылау қажеттілігін көрсетеді. Сонымен қатар, өнімділікке жұмысшылардың эмоционалды жағдайы, олардың көзқарасы, білімі, психологиялық-физиологиялық жағдайы және функционалдығы әсер етеді [17].

Көп жағдайда функциялардың өзгергіштігін бағалау үшін демпферлік индекстерді немесе шығыс нәтижесін күшейтуді ескере отырып, сандық мәндерді (баллдарды) қолданған жөн болады (2 кесте). Ең көп таралған формула [20]:

$$CV_{ij} = V_j^T \cdot V_j^P \cdot a_{ij}^T \cdot a_{ij}^P \cdot$$

мұндағылар:

– орындау мерзімі бойынша функцияның өзгергіштігін ескеретін коэффициент;

– орындау дәлдігі бойынша функцияның өзгергіштігін ескеретін коэффициент;

– функция элементтері (уақыт, бақылау, алғышарттар, ресурстар) бойынша шығу нәтижесінің демпфирлеу коэффициенті;

- функция элементтері (уақыт, бақылау, алғышарттар, ресурстар) бойынша шығу нәтижесінің күшейту коэффициенті.

2 кесте

Еселіктер V_j^T , V_j^P	Бал	Күшейту және демпфирлеу коэффициенттері a_{ij}^T , a_{ij}^P	Бал
Тамаша және уақытында	1	Сыни	0,4
Қанағаттанарлық және уақтылы	2	Елеулі	0,3
Уақытында қанағаттанарлық	3	Қалыпты	0,2
Қанағаттанарлықсыз және уақытында емес	4	Елеусіз	0,1

Функциялардың шығыс нәтижесі сараптамалық пайымдау және тау-кен кәсіпорны жағдайында көлік процесін орындау шарттарын терең білу негізінде белгіленген шкала бойынша бағаланды (3 кесте).

3 кесте - Функция элементтерінің өзгергіштігін анықтау нәтижелері

Функция элементтері	Еселік	Жүк автомобиль тасымалдарын дайындау	Жүк тиеуге көлікті беру	Автокөлікке жүк тиеу	ТҚтажуды межелі жерге дейін тасымалдау	Межелі жерде жүкті түсіру
Шығу	V_j^T	4	2	2	4	2
	V_j^P	3	3	2	4	2
	a_{ij}^T	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
	a_{ij}^P	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4
CV		1,44	0,72	0,64	2,56	0,64

Функцияның өзгергіштігінің мәні 0-ден 4-ке дейін өзгеруі мүмкін, мұнда 0-ден 15-ке дейін ол ең аз деп сипатталады, яғни функциялардың өнімділігі болжалды. 1-ден 2-ге дейінгі өзгергіштік көрсеткіші функцияларды орындаудың қанағаттанарлық өнімділігін сипаттайды, ал 2 – ден 4-ке дейін-функцияларды орындаудың қанағаттанарлық емес өнімділігі туралы айтады, яғни жүйенің сенімділігін жоғалтудың және көлік тапсырмасын уақтылы және сапалы орындамаудың айтарлықтай ықтималдығы бар.

3 қадам. Функционалды резонансты анықтау. Бұл кезеңде тау-кен өндірісі жағдайында көлік процесінің сенімділігіне өнімділік жағдайынан анықтайтын функцияларды орындау үшін ең ықпалды факторлардың тізімінде міндет туындайды. 1-кестедегі деректерді талдау автокөлік сенімділігіне үш негізгі аспект әсер ететіндігін анықтауға мүмкіндік берді:

- ұйымдастырушылық (қызметкерлерді оқыту және оқыту, жұмыстың орындалуын әкімшілік бақылаудың болуы;

- технологиялық (жұмыс орнының эргономикасы, жұмыстың орындалу ұзақтығы, кәсіби функциялардың күрделілігі, физикалық және психофизиологиялық жүктеменің шамасы) және психологиялық, әлеуметтік (кәсіпорын басшылығын қолдау және бақылау, ұйымдастыру мәдениеті) [17, 19, 20, 21].

Функциялардың өзгермелілігін немесе олардың белгілі бір факторлардан резонансын функционалдық байланыстар арқылы бағалау үшін біз төиендегі формуланы қолданамыз [17]:

$$IFA_m = \frac{\sum_{k=1}^{m} CP \cdot \sigma_1}{m-1} \cdot$$

мұндағы

-IFA-функциялардың өзгермелілігі;

-CP – көлік процесі факторларының функцияның өзгермелілігіне әсер ету коэффициенті;

-σ1 – пайда коэффициенті (сарапшының тәжірибесіне байланысты: тәжірибелі сарапшы жағдайында біз 1 коэффициентін қабылдаймыз, қалған жағдайларда 0,9-0,5 диапазонынан көрсеткіштерді таңдаймыз);

m – жүк тасымалдаудың көлік процесінің сенімділігіне әсер ететін факторлардың саны.

Көлік процесінің сенімділігіне әсер ететін факторлардың әсер ету коэффициенті одан әрі есептеулер жүргізуге тырысқан сарапшылар қойған төрт бағалаудың бес балдық шкаласы бойынша анықталды. Сонымен қатар, бес балл функцияның көрсетілген факторға айтарлықтай тәуелділігін сипаттайды, ал бір балл төмен. Көлік процесінің сенімділігіне әсер ететін көрсетілген факторлардың тізімі кестеде көрсетілгендермен шектелмейді. 4 және тау-кен өндіру кәсіпорны жағдайында ТҚП-тың көлік қызметін егжей-тегжейлі талдау жағдайында ұлғайтылуы мүмкін.

Алынған нәтижелерді талдау ең үлкен өзгергіштіктің автокөлікпен жүкті межелі жерге дейін тасымалдау және ол үшін арнаулы дайындалатын көлік процесінің функциялары бар екенін көрсетті, олар көлік процесінің сенімділігін айқындайтын белгілі бір факторлардың әсеріне қатысты сарапшылардың бағалауларындағы айырмашылықпен, сондай-ақ олардың тау-кен өндіру кәсіпорны жағдайында тасымалдау тізбегінің регламенттейтін қолданыстағы заңнаманың белгіленген халықаралық нормативтік талаптарына сәйкес келмеуімен сипатталады.

«FRAM» моделі алты түрлі аспектілердің көмегімен функцияларды біріктіруге мүмкіндік беретінін ескерген дұрыс. Яғни, түпкілікті нәтиже бүкіл көлік жүйесінің жұмысына байланысты болады, сондықтан жоғары өзгергіштік пен өзгергіштікке байланысты ең аз болжамды шығуы бар функцияны анықтау маңызды.

Сонымен бірге, бұл зерттеу, мысалы, «ЖАЖО» жүйесінің жай – күйінің өзгеруімен байланысты ЖКО немесе инцидент және соның салдарынан «ЖАЖО» жүйесі-сенімділігін жоғалту арқылы қойылған көліктік міндеттің уақтылы орындалмауына алып келуі мүмкін критикалық факторларға да шоғырланған.

Тасымалдау процесінің орындалу ықтималдығын анықтау бойынша есептеулердің нәтижелері, функциялардың өзгергіштігі мен өзгергіштігі арасындағы көбейтінді ретінде 5-кестеде келтірілген, ал «FRAM» - жүк тасымалына жасалған талдаудың графикалық бейнесі 2- суретте көрсетілген.

Бағалау нәтижесінде жүктерді дайындау және тағайындалған жерге тасымалдау функциялары ең аз болжанатыны байқалады. Бұл, ең алдымен, жүк жөнелтуге дайындық үшін өндірістік міндеттердің едәуір санына және жүк тасымалдау процесіне қойылатын жоғары нормативтік талаптарға байланысты, олар өкінішке орай көп жағдайда тау-кен кәсіпорнының басшылығы тарапынан бақылау мен қолдаудың тиісті деңгейімен бекітілмеген.

Төртінші қадам**.** Өзгерістерді басқару. Көлік процесінің сенімділігіне әсер ететін факторлардың әсерін білдіретін «IFA» көрсеткішінің сандық мәндері көлік процесінің тиісті функцияларының нәтижелері кәсіпорын ұжымында тиісті өзгерістерді қажет етеді. Атап айтқанда, жүргізушілерді даярлау жүйесіндегі өзгерістер, эргономикамен және ең аз стресс жүктемесімен сипатталатын тиісті көлік құрамын таңдау.

Сонымен қатар, көлік жұмысының сенімділігі нәтижесінің болжамдылығын жақсартудың ең оңай жолы функциялардың өзгергіштігін азайту арқылы мүмкін болады, бұл жүргізушілердің психофизиологиялық жағдайын бақылауды жоғарылату арқылы қол жеткізуге болады, өйткені олардың өз мүмкіндіктерінен асып кетуі, жағдайды дұрыс бағаламау, шаршау белгілерінің көрінісі жол-көлік оқиғасының ықтималдығын арттыруы мүмкін.

Сонымен қатар, еңбек жағдайлары маңызды орын алады, өйткені олар жүргізушінің стрессті жүктемесін азайтуға және кәсіби міндеттерді жақсартуға көмектеседі. Жүргізушінің психофизиологиялық жағдайын бақылау үшін бақылау парақтарын енгізуге болады, олар мыналарды ескереді: эргономикалық, психоәлеуметтік, жеке еңбек жағдайлары және жүргізушінің денсаулық көрсеткіштері. Сонымен қатар, талдау деректерін автоматты түрде де, жүргізушінің физикалық жағдайын бақылаудың заманауи жүйелерін қолдана отырып, жүргізушінің физикалық жағдайының өзгеруін де алуға болады. Тау-кен өндірісі жағдайында жүктерді тасымалдау процесінің дамыған моделін әртүрлі бақылау жүйелерімен толықтырудың нәтижесі 3-суретте көрсетілген.

Ұсынылған алгоритмге сәйкес алынған және жаңартылған модельде келтірілген функциялардың өзгергіштігі мен өзгергіштігін есептеу нәтижелері (сурет. 3) тау-кен өндіру кәсіпорны жағдайында көлік процесінің әрбір кезеңінде бақылауды енгізу арқылы олардың уақтылы және дәл орындалуын күшейтуді ескере отырып айқындалған. Сандық нәтижелер көлік процесі функцияларының өзгергіштік шамасының дәлірек және субъективті көрінісін қамтамасыз ете алады.

Талқылау.

Статистика деректері бойынша жасалған ЖКО ең көп саны (ЖКО 94% автокөліктерді басқару кезінде жүргізушінің өз мүмкіндіктерінің артуынан болады [7, 8]. Бұл себеп өндірістік қызмет жағдайларының ерекшеліктеріне байланысты жүргізушінің психофизиологиялық жағдайының өзгеруінің салдары болып табылады. Жүргізушінің психофизиологиялық жағдайына бірнеше факторлар әсер етеді: шаршау белгілерінің көрінісі, жол жағдайын бақылауға назар аудармау. Бұл көлікті басқару кезінде қате әрекеттерге әкеледі: жылдамдық режимінің асып кетуі, басып озу кезінде маневр жасау кезінде қателіктер жіберу, бағдаршаммен жүру ережелерін бұзу және жол белгілерін сақтау ережелерін бұзу, қашықтықты дұрыс таңдамау және т. б.

4 кесте -Автокөлік процесі функцияларының ауытқушылығын сандық бағалауды айқындау нәтижелері

№	Функциялар атаулары	ТҚ басқарудың кәсіби тәжірибесі	Әкімшілік бақылау	Жұмыс орнының эргономикасы	Жұмыстың орындалу уақыты	Технологиялық процестің күрделілігі	Жүктеме, стресс	Кәсіпорын басшылығының қолдау деңгейі	Өзгергіштік (IFA)
1	Дайындық	4	3	4	3	5	4	4	0,31
2	Жүкті тиеу орынына апару	1	3	2	2	2	1	1	0,15
3	Жүк тиеу	2	3	1	2	2	2	2	0,16
4	Тапсырыс берушіге жеткізу	3	5	4	5	3	4	3	0,33
5	Жүкті түсіру	2	3	1	2	2	2	2	0,16

5 кесте - Тасымалдау процесінің функциясын орындау ықтималдығын есептеу нәтижелері

№	Функциялар атаулары	Өзгергіштік CV	Өзгергіштік (IFA)	Орындалу ықтимал-дығы	Дәрежесі
1	Автокөлікті тасымалдауға дайындау	1,44	0,31	**0,46**	**2**
2	Жүк тиеу орынына апару	0,72	0,15	0,11	3
3	Жүк тиеу	0,64	0,16	0,10	4
4	Тапсырыс берушіге жеткізу	3,2	0,33	**1,06**	**1**
5	Жүкті түсіру	0,64	0,16	0,10	4

Әрине, барлық жүргізушілер бірдей емес деп айтуға болады. Әрбір жүргізушінің өзінің психофизиологиялық темпераменті бар, денсаулығының өзіндік ерекшеліктері, көлік құралын басқару кезіндегі жауапкершіліктің тиісті деңгейі және т.б. барлық қозғалыс бағыты бойында жүк тасымалдау бойынша көлік жұмысын бастамас бұрын автокөлік жүргізушісінің психофизиологиялық жағдайын тиімді бақылауға мүмкіндік беретін бақылау жүйесін құру қажет.

Жүргізушінің психофизиологиялық жағдайын бақылау бақылау парағын қолдана отырып жүзеге асырылуы мүмкін, ол мыналарды ескереді: эргономикалық, психоәлеуметтік, жүргізушінің денсаулығының негізгі көрсеткіштерін және ыңғайсыздық факторын ескеретін жеке фактор.

Ұсынылған тексеру парағы сауалнама арқылы жүргізушінің психофизиологиялық жағдайымен байланысты негізгі қауіптерді тез анықтауға мүмкіндік береді және алынған нәтижелер негізінде жүргізушіні автокөлікті басқаруға рұқсат беру туралы шешім қабылдауға болады. Ұсынылған шара автокөлік жүргізушілерінде кәсіби қызметті орындау салдарынан туындайтын кәсіптік аурулардың туындау тәуекелдерін төмендетуге бағытталған көлік процесінің сенімділігін, қозғалыс қауіпсіздігін арттыруға бағытталған және т.б. [16].

Кейінгі уақытта автокөлік қауіпсіздігін арттыру үшін көптеген өндірушілері денсаулық жағдайын және жүргізушінің психофизиологиялық жағдайын бақылаудың заманауи жүйелерімен жабдықталған көлік құралдарын жаппай шығарады.

Мұндай техникалық құрылғылардың ішінде мыналарды атап өтуге болады: жүргізушінің қан қысымын және жүрек соғысын бақылайтын кіріктірілген датчиктері бар

руль, жүргізушінің бет әлпетін бақылау жүйесі, көздің жыпылықтауын бақылау жүйесі, тік сызықты қозғалыстан енгізуді бақылау жүйесі және т. б.

Олар GPS-навигация датчиктері арқылы маршруттағы автокөлік қозғалыс процесін бақылайтын диспетчермен қосылған және тиісті көрсеткіштер сыни мәндерге өзгерген кезде диспетчер көлік құралын тоқтату немесе жүргізушіні ауыстыру туралы уақтылы шешім қабылдай алады.

Қорытынды.

1. Тау-кен өндірісі саласындағы көлік процесі бес негізгі функцияны қолдана отырып ұсынылған: жүк тасымалы, жеткізу, тиеу, тасымалдау және тағайындалған жерге түсіру. Әрбір функция үшін оның өзгергіштігі дәлдік пен уақтылы орындау көрсеткіштеріне сүйене отырып анықталған және соңғы нәтижені нашарлатуы мүмкін көлік процесінің сенімділігіне әсер ететін факторлар (тәжірибе, бақылау, орындау мерзімі, процестің күрделілігі, стресс, қолдау деңгейі) анықталған – көлік процесінің сенімділігін азайту немесе жоғалту.

2. Тау-кен өндіру кәсіпорны жағдайында көлік процесінің ең аз болжанатын функциялары жүкті дайындау және тасымалдау болып табылады, бұл олардың айтарлықтай сәйкессіздігімен және ауытқушылығымен, сондай-ақ жүк жөнелтуге арналған өндірістік міндеттердің едәуір санымен және тапсырыс берушілердің көлік қызметтерінің сапасына қойылатын жоғары талаптарымен байланысты.

3. «FRAM»-талдау жүйесі көмегімен жүк тасымалдау бойынша көлік жұмысын орындау кезінде жүргізушінің психофизиологиялық жай-күйін бақылау элементтері енгізілген тау-кен өндіру кәсіпорны жағдайында жүк тиеу пунктінен жүк түсіру пунктіне дейін ТҚп қарапайым көлік процесінің модельденген жүйесі.

4. Көлік процесінің сенімділігі мен қауіпсіздігін арттыру және ЖКО туындау ықтималдығын азайту үшін жүргізушінің денсаулық жағдайының физикалық, психофизиологиялық параметрлерін, сондай-ақ кәсіби қызметті орындау шарттарын автоматты түрде анықтау бойынша электрондық бақылау тізімдерін, чек-парақтарды енгізу есебінен жүргізушінің психофизиологиялық жай-күйіне бақылауды күшейту ұсынылды.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Sladkowski, A., Utegenova, A., Kolga, A. D., Gavrishev, S. E., Stolpovskikh, I., & Taran, I. (2019). Improving the effi ciency of using dump trucks under conditions of career at open mining works. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, (2), 36-42. https://doi.org/10.29202/nvngu/2019-2/8.

[2] Naumov, V., Taran, I., Litvinova, Z., & Bauer, M. (2020). Optimizing resources of multimodal transport terminal for material fl ow service. Sustainability (Switzerland), 12(16), 6545. https://doi.org/10.3390/su12166545.

[3] Sabraliev, N., Abzhapbarova, A., Nugymanova, G., Taran, I., & Zhan birov, Z. (2019). Modern aspects of modeling of transport routes in Kazakhstan. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciencesthis, 2(434), 62-68. https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.39.

[4] World Health Organization (2021). Road traffi c injuries. Retrieved from https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries#.

[5] Offi cial website of the European Union (n.d.). Road safety: 4 000 fewer people lost their lives on EU roads in 2020 as death rate falls to all time low. Retrieved from https://ec.europa.eu/transport/modes/road/news/2021-04-20-road-safety_en.

[6] Site of the patrol police of Ukraine. Statistics (n.d.). Statistics of road accidents in Ukraine for the period from 01.01.2020 to 31.12.2020. Retrieved from http://patrol.police.gov.ua/statystyka/.

[7] Golinko, V., Cheberyachko, S., Deryugin, O., Tretyak, O., & Dusmatova, O. (2020). Assessment of the Risks of Occupational Diseases of the Passenger Bus Drivers. Safety and Health at Work, 11(4), 543- 549. https://doi.org/10.1016/j.shaw.2020.07.005.

[8] Borodina, N., Cheberiachko, S., Deryugin, O., Tretyak, O., & Bas, I. (2021). Occupational risk assessment of passenger bus drivers. Journal of Scientifi c Papers "Social Development and Security", 11(2), 81-90. https://doi.org/10.33445/sds.2021.11.2.8.

[9] Trojanowski, P., & Trojanowska, J. (2021). Reliability of Road Transport Means as a Factor Aff ecting the Risk of Failure – The Transport Problem Case Study. In: Ivanov, V., Trojanowska, J., Pavlenko, I., Zajac, J., & Peraković, D. (2021). Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV. DSMIE 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978- 3-030-77719-7_26.

[10] Cedillo-Campos, M. G., Pérez-González, C. M., Piña-Barcena, J., & Moreno-Quintero, E. (2019). Measurement of travel time reliability of road transportation using GPS data: A freight fl uidity approach. Transportation Research Part A: Policy and Practice, (130), 240-288. https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.09.018.

[11] Juhász, M., Mátrai, T., & Koren, C. (2017). Forecasting travel time reliability in urban road transport. Archives of Transport, 43(3), 53-67. https://doi.org/10.5604/01.3001.0010.4227.

[12] De Jong, G. C., & Bliemer, M. C. J. (2015). On including travel time reliability of road traffi c in appraisal. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 73(C), 80-95. https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.01.006.

[13] Taran, I., & Litvin, V. (2018). Determination of rational parameters for urban bus route with combined operating mode. Transport Problems, 13(4), 157-171. https://doi.org/10.20858/tp.2018.13.4.14.

[14] Bjørnsen, K., Jensen, A., & Aven, T. (2018). Using qualitative types of risk assessments in conjunction with FRAM to strengthen the resilience of systems. Journal of Risk Research, 23(13), 1-14. https://doi.org/10.1080/13669877.2018.1517382.

[15] Hussein, S., & Nadeau, S. (2019). Proposal for a Predictive Performance Assessment Model in Complex Sociotechnical Systems Combining Fuzzy Logic and the Functional Resonance Analysis Method (FRAM). American Journal of Industrial and Business Management, 9(6), 1345-1375. https://doi.org/10.4236/ajibm.2019.96089.

[16] Patriarca, R., DiGravio, G., & Costantino, F. (2017). A Monte Carlo evolution of the Functional Resonance Analysis Method (FRAM) to assess performance variability in complex systems. Safety Science, 91, 49-60. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.07.016.

[17] Hollnagel, E. (2012). FRAM, the Functional Resonance Analysis Method: Modeling Complex Socio-Technical Systems. Ashgate Publishing, Ltd., Farnham. 160 p. ISBN-13: 978-1409445517.

[18] Salihoglu, E., & Beşikçi, E.B. (2021). The use of Functional Resonance Analysis Method (FRAM) in a maritime accident: A case study of Prestige. Ocean Engineering, 219, 108223. https://doi.org/10.1016/j. oceaneng.2020.108223.

[19] Clay-Williams, R., Hounsgaard, J., & Hollnagel, E. (2015). Where the rubber meets the road: using FRAM to align work-as-imagined with work-as-done when implementing clinical guidelines. Implementation Science, 10, 125. https://doi.org/10.1186/s13012-015-0317-y.

[20] Riccardo, P., Di Gravio, G., & Costantino, F. (2017). A Monte Carlo evolution of the Functional Resonance Analysis Method (FRAM) to assess performance variability in complex systems. Safety Science, 91, 49-60. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.07.016.

[21] Patriarca, R., Bergström, J., & Di Gravio, G. (2017). Defi ning the Functional Resonance Analysis space: combining Abstraction Hierarchy and FRAM. Reliability Engineering & System Safety, 165, 34-46. https://doi.org/10.1016/j.ress.2017.03.032.

Gulistan Kairatkyzy, doctoral student, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, gulistan.kairatkyzy@gmail.com

Muslim Aikumbekov, candidate of technical sciences, associate professor, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, muslim050182@mail.ru

IMPROVING THE RELIABILITY OF CARGO TRANSPORTATION IN THE CONDITIONS OF MINING ENTERPRISES

Annotation. The modern transport chain, on the contrary, is an extremely complex material that ensures its reliability and safety. In most cases, the safety of the road network is questioned. It is impossible to determine in advance in which part of the circuit the uncontrolled interference is located. Therefore, in order to create a stable and reliable transport network, it is necessary to create a single subscriber system. New logistics networks should be built on the basis of advanced technologies to automate material management processes, provide financial information to transport companies, and reliable drivers and employees will always be up to date with the latest developments.Therefore, one of the important tasks is to develop a set of measures for the effective protection of an employee from injuries in the workplace and the provision of psychological services in a reliable production that are important for human life and health.

Keywords. Reliability, transport process, driver, psychophysiological condition, «Fram» method, safety.

Гүлістан Қайратқызы, докторант, Академия транспорта и логистики, Алматы, Қазахстан, gulistan.kairatkyzy@gmail.com

Муслим Айкумбеков, к.т.н., ассоциированный профессор, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, muslim050182@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК В УСЛОВИЯХ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. Современная транспортная цепь-это, напротив, необычайно сложный материал, обеспечивающий ее надежность и безопасность. В большинстве случаев безопасность дорожной сети ставится под сомнение. Невозможно заранее определить, в какой части цепи находятся неконтролируемые помехи. Следовательно, для создания стабильной и надежной транспортной сети необходимо создание единой абонентской системы. Новые логистические сети должны строиться на основе передовых технологий для автоматизации процессов управления материалами, предоставления финансовой информации транспортным компаниям, а надежные водители и сотрудники всегда будут в курсе последних событий.Поэтому одной из важных задач является разработка комплекса мер по эффективной защите работника от травм на рабочем месте и оказанию психологических услуг на надежном производстве, имеющих значение для жизни и здоровья человека.

Ключевые слова. Надежность, транспортный процесс, водитель, психофизиологическое состояние, метод «ФРАМ», безопасность.

****

УДК 629.735 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-148-155**

Е.Е.Карсыбаев, А.Ж.Абжапбарова✉, М.А.Гожахметова, Н.Б. Зұлұтбек
Академия гражданской авиации, Алматы, Казахстан
E-mail: ainur.abzhapbarova@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ АВИАЦИИ В КАЗАХСТАНЕ

Аннотация. Рынок гражданской авиации Казахстана, представленный малой авиацией, предназначен для обеспечения транспортной мобильности и возможности доставки в отдаленные районы республики. Но, как и в авиации в целом, данная ниша рынка находится в упадке, требует инвестиций и стратегического подхода для ее развития. В настоящее время сегмент малой авиации, в том числе производство и обслуживание, а также обеспечение населения рабочими местами, приносит прибыль гораздо выше, чем большая и военная авиация. Также немаловажен аспект, связанный с обеспечением национальной безопасности. В статье рассмотрены предпосылки для развития, современное состояние и условия развития малой авиации в Казахстане. Обоснована необходимость комплексного подхода к развитию малой авиации, предусматривающая техническое обеспечение, нормы и правила государственного регулирования, соответствие международным стандартам и т.д.

Ключевые слова. Малая авиация, развитие, воздушные суда, нормативная база, авиационные системы

Введение.

Стратегической целью развития транспорта является улучшение качества жизни населения, ставится задача перехода на принципиально новую траекторию - цифровую авиацию будущего [1]. В Казахстане, в связи с обширностью территории республики, достаточно труднодоступных и отдаленных районов, куда требуется обеспечить транспортную доступность с приемлемым качеством транспортного обслуживания. По технико-экономическим причинам малая авиация наиболее эффективно может решать задачи географической связанности отдаленных районов республики. В настоящее время в силу экономико-географических причин все более востребованным становится развитие сегмента частной авиации, в частности, применение персональных воздушных судов в качестве воздушного такси. Эффективность развития данного направления подтверждается опытом зарубежных стран, имеющих большую территорию.

В мировой практике понятие «малая авиация» включает несколько подходов к ее определению. В одном из определений малая авиация рассматривается в качестве легкой авиации с небольшим количеством посадочных мест (не более 9) [2]. Другое определение рассматривает малую авиацию, исходя из выполняемых летательными аппаратами обеспечения региональных и межрайонных перевозок, удовлетворения потребностей физических и юридических лиц. Федеральные авиационные правила США относят малую авиацию к категории авиации общего назначения, куда относятся летательные аппараты с малым количеством пассажиро-мест (не более 19) и взлетная масса которых составляет не более 9 тонн, кроме военных воздушных судов и судов для регулярных коммерческих перевозок [3]. В настоящей статье в качестве основы примем данное определение в силу того, что на сегодняшний день на рынке малой авиации США занимают лидирующее положение. По данным General Aviation Manufacturers Association (GAMA) в США имеются более 209000 воздушных судов, приносящих ежегодную прибыль около 150

млрд долларов, а также благодаря которым обеспечены рабочими местами свыше 1,3 млн человек, из них более 630тысяч пилотов [4].

По численности имеющихся в наличии воздушных судов мировая малая авиация значительно опережает региональную и магистральную авиацию. Данный факт объясняется тем, что в большей степени воздушные суда малой авиации приобретают небольшие частные компании-перевозчики, физические лица, малые корпорации, государственные организации.

Материалы и методы.

На сегодняшний день, малая авиация нашей страны включает приблизительно 41 компаний-перевозчиков, использующих воздушные суда и технику производимых в зарубежных странах и странах СНГ. Количество действующей воздушной техники малой и сверхлегкой авиации на данный момент составляет свыше 500 единиц [5]. Компании проводят такие авиационные виды работ как: транспортно-связные полеты, авиахимработы, лесоавиационные работы по охране лесов, оказание медицинской помощи населению, аварийно-спасательные полеты, поисково-спасательные работы, туристические экскурсионные полеты, поисково- съёмочные полеты. Также активно развивается гражданское применение беспилотных летательных аппаратов, удаленно управляемых или вовсе самостоятельных (интеллектуально) летающих средств

В настоящее время малая авиация в Казахстане даже с формальной количественной точки зрения (численность парка воздушных судов, пригодных для использования аэродромов и посадочных площадок, и т.п.) не развита в достаточной степени, причем существенно хуже, чем позволяют и требуют объективные технико-экономические предпосылки. Инвентарный парк воздушных судов, в основном устарел и физически изношен, вследствие чего их эксплуатация нередко небезопасна и является при этом неприемлемо дорогостоящей. Нормативно - правовая база в части национального отраслевого законодательства не позволяет безопасное и эффективное развитие малой авиации, что является предпосылками появления «теневой» малой авиации. Развитие малой авиации в Казахстане, особенно в отдаленные, труднодоступные и малонаселенные регионы, сдерживается такими фундаментальными стратегическими и тактическими факторами, как:

- отсутствие единой скоординированной политики пространственного развития Казахстана, включающую возможности малой авиации;
- низкие стандарты качества транспортного обеспечения и работы экстренных служб;
- отсутствие единой государственной политики транспортного обеспечения отдаленных районов, включающую координацию взаимодействия видов транспорта, в том числе малой авиации;
- отсутствие эффективных транспортно-технологических систем, обеспечивающих запросы потенциальных потребителей авиационных работ и услуг;
- несоответствие нормативно-правовой, нормативно-методический базы функционирования малой авиации современным требованиям транспортного производства;
- несоответствие имеющихся технических средств и технологий требуемым международным стандартам безопасного, экономически эффективного распространения малой авиации.

Следует отметить, что в большинстве источников к наиболее распространенной проблеме относится несовершенство нормативно-правовой базы, которая является барьером для бурного роста малой авиации в РК. Но в действительности, наряду с данной проблемой не менее актуальным является вопрос отсутствия современных технологий

обеспечения безопасных полетов, несоответствия квалификации наших пилотов международным стандартам в части обеспечения летательных аппаратов малой авиации. Современные технологии должны обеспечивать работу малой авиации в части:

- управления и организации воздушного движения в установленных направлениях;
- интеллектуализации управления воздушного движения при условии обеспечения безопасности полетов.

Что касается экономической эффективности воздушных судов малой авиации, соответствия стоимости авиационной техники и себестоимости выполнения операций по обеспечению полетов, в настоящее время можно выделить следующие проблемы:

- низкое качество предоставляемых транспортных услуг по обеспечению обслуживания отдаленных районов;
- низкая эффективность выполняемых авиационных услуг и работ;
- доступность услуг воздушных судов малой авиации значительной части населения страны.
- высокие затраты при малой грузоподъемности, учитывая что требуемый уровень затрат в 2-3 раза ниже чем для современных воздушных судов [6]. Фактически сфера малой авиации развивается усилиями отдельных субъектов транспортного рынка, а не скоординированной политикой государства.

В таблице 1 представлен SWOT-анализ сильных, слабых сторон применения воздушных судов малой авиации, а также возможности и угроз для дальнейшего ее развития.

Таблица 1 - SWOT-анализ развития системы малой авиации

Сильные стороны	*Слабые стороны*
1) Ускоренная доставка в различных направлениях 2) Возможность транспортного обслуживания труднодоступных регионов. 3) Возможность организации экскурсий на летательных аппаратах малой авиации 4) Организация доставки с обеспечением повышенного комфорта 5) Относительная доступность услуг воздушного такси	1)Требуется вложение значительных ресурсов 2) Относительно небольшая грузоподъемность транспортных средств
Возможности	*Угрозы*
1)Уменьшение количества пробок при использовании в густонаселенных пунктах 2) Уменьшение выброса продуктов сгорания в атмосферу 3) Развитие туризма в отдалённых районах страны	1) Обеспечение авиационной безопасности и безопасности полетов

На сегодняшний день, можно отметить, что развитие малой авиации в РК имеет предпосылки для дальнейшего развития в следующих направлениях:

- авиации экспериментального назначения для испытания авиационной и других видов техник, а также проведения научных, опытно-конструкторских разработок;
- авиации общего назначения (АОН), применяемой для обеспечения потребностей населения в воздушных перевозках и не используемой в коммерческих перевозках и авиационных работах;
- коммерческой авиации, а также использования летательных аппаратов в деловой поездке и предоставления других услуг воздушного транспорта;
- системы дополнительного профобразования в сфере подготовки авиаспециалистов;
- системы авиаспорта, в процессе которых проводятся состязания на установление рекордов в полетах на высоту, скорость, грузоподъемность, дальность.

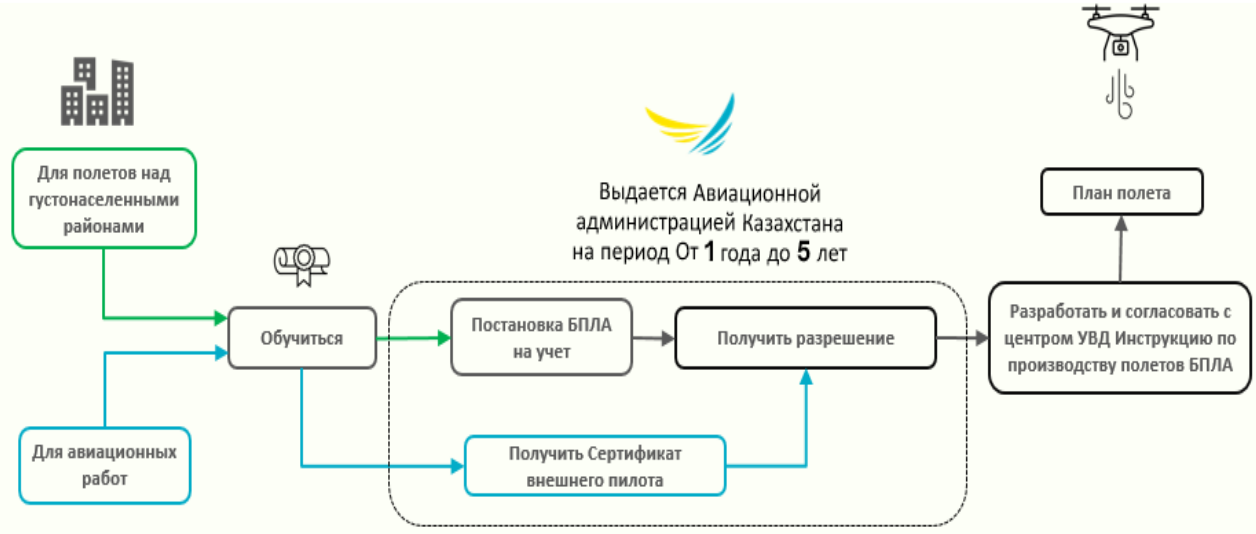
Развитие нормативно – правовой базы в Казахстане в части беспилотных авиационных систем (БАС) на современном этапе представлено на рисунке 1.

Рисунок 1 - Развитие нормативно-правовой базы в части БАС в РК

Правовые аспекты реализации БАС требуют подготовки и приведения в соответствие всей нормативной правовой базы национального законодательства Казахстана.

На сегодняшний день использование воздушного пространства в РК регулируется Законом РК «Об использовании воздушного пространства Республики Казахстан и деятельности авиации (с изменениями и дополнениями по состоянию на 27.06.2022 г.», Правил использования воздушного пространства Республики Казахстан утвержденных Постановлением Правительства Республики Казахстан от 12 мая 2011 года № 506, а также Правилами эксплуатации беспилотных летательных аппаратов в воздушном пространстве Республики Казахстан, утвержденных приказом МИИР РК №706 от 31 декабря 2020 года и иными нормативными правовыми документами Республики Казахстан [7,8].

Действие Правил эксплуатации беспилотных летательных аппаратов в воздушном пространстве РК распространяется на гражданскую и экспериментальную авиацию, а также пользователей воздушного пространства. Специфика эксплуатации беспилотных летательных аппаратов в сфере государственной авиации регламентируется Правилами производства полетов государственной авиации Республики Казахстан, утвержденными приказом Министра обороны Республики Казахстан от 14 декабря 2017 года № 744 [9].



Готовность к взлету

Рисунок 2 – Порядок получения разрешений на эксплуатацию БПЛА

На рисунке 2 представлен действующий порядок получения разрешений на эксплуатацию БПЛА, из которого виден сложный процесс согласований с уполномоченными органами.

Таблица 2 - Регулирующие НПА в части беспилотных авиационных систем

Регулирующие НПА	Правила использования воздушного пространства РК Постановление Правительства Республики Казахстан от 12 мая 2011 года № 506
Порядок выдачи разрешений и эксплуатация БПЛА	Правила эксплуатации БПЛА в воздушном пространстве РК Приказ и.о. Министра индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан от 31 декабря 2020 года № 706
Постановка БПЛА на учет	Правила государственной регистрации гражданских воздушных судов РК Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 30 июня 2017 года № 409

Большей частью нормы действующих Правил содержат множество императивных норм запретительного характера, а также нормы диспозитивного характера, не позволяющие фактическую реализацию проектов связанных с развитием БПЛА.

В связи с этим, требуется масштабная нормотворческая работа, направленная на упрощение и совершенствование законодательства в сфере использования воздушного пространства, с учетом передовых достижений в отрасли и лучших мировых практик.

Результаты и обсуждения.

Решение проблемы развития малой авиации в Казахстане должно обеспечивать комплексность и системный поход. Решение частных задач, в виде создания, например, специализированных логистических систем на локальном уровне, не буду иметь должного экономического эффекта из-за недостаточной масштабности применения. К тому же создание локальных систем также требует значительных финансовых затрат на создание необходимой инфраструктуры, применения современных технологий, подготовки нормативно-правовой основы для обеспечения ее деятельности и т.п.

Необходим целостный подход к созданию логистической системы малой авиации. Как пример, можно рассмотреть создание автомобильной транспортной системы, которая формировалась в течение целого столетия, включая дорожную инфраструктуру, придорожный сервис, техническое обеспечение ремонта и обслуживания, различные виды автомобилей, а также целый ряд отраслей бизнеса, сформированного вокруг автомобильной сферы. Как важная обеспечивающая составляющая автомобильной транспортной системы нормативно-правовая база также развивалась параллельно с меняющимися условиями функционирования данной системы.

Похожие примеры также можно привести и в развитии других систем, например, сотовой связи, мобильных приложений, ноутбуков, компьютеров, сетевых программных устройств, программного обеспечения и т.д.

Развитие логистической системы малой авиации требует такого же комплексного похода, когда речь идет о взаимодействии не только материальных объектов, различных технических средств и систем, но и разработке нормативных стандартов, спецификаций, рыночных институтов, норм государственного регулирования и международной сертификации и т.д.

Воздушные суда, как и современная продукция автомобилестроения, может находиться в собственности или использоваться физическими или юридическими лицами, государственными компаниями и т.д. В перспективе логистическая система малой авиации должна обеспечивать полную безопасность и эффективность эксплуатации, несмотря на ее принадлежность и уровня ее применения. При этом дифференцированность районов развития инфраструктуры малой авиации, применения ее технических средств дает предпосылки к созданию различного рода объединений, союзов не только пользователей и потребителей авиационных услуг, но и владельцев воздушных транспортных средств, инфраструктурных объектов и т.д.

Современная тенденция использования цифровых платформ также позволила бы эффективно организовать коллективное пользование ресурсами в сфере малой авиации, объединяя владельцев воздушных судов, транспортной инфраструктуры, клиентов-потребителей авиационных услуг. Логистическая система малой авиации должна включать:

- летательные аппараты малой авиации (включая частные воздушные суда);
- секторы авиастроения малой авиации;
- инфраструктуру, включающую сеть аэродромов, систему организации воздушного движения в едином воздушном пространстве, систему управления воздушным движением, а также обеспечение кадрового персонала и т.д.;
- информационно-управляющие системы, такие как программное обеспечение, объединенные цифровые платформы для поставщиков и потребителей авиационных услуг, а также производителей авиационной техники;
- авиационные рынки, включая авиационную технику, авиационные услуги;
- нормативно-правовое и методическое обеспечение авиационной деятельности отрасли малой авиации, включая летную, техническую, коммерческую эксплуатацию воздушных судов.

Заключение.

Таким образом, малая авиация способствует решению задачи обеспечения населения качественными транспортными услугами, доступа к отдаленным малонаселенным районам страны. Стратегическое развитие воздушного транспорта в долгосрочной перспективе должно предусматривать применение возможностей малой авиации при решении задач размещения производственных мощностей, организации

экономики и государственных структур потребителей авиационных услуг, таких как здравоохранение, правоохранительные органы и др.

Также, учитывая возможности воздушных судов малой авиации, можно в перспективе планировать расширение имеющихся рынков, также создание новых рынков авиационных услуг, например, создание воздушных судов малой авиации с возможностями расширенного базирования, что позволит увеличить потенциал использования огромных территорий РК.

Поскольку малая авиация объективно является оптимальным средством обеспечения связанности территории страны, развитие отдаленных районов, городов и других населенных пунктов необходимо планировать с учетом возможностей малой авиации. Программа развития городов и регионов должна быть скоординирована со стратегией развития малой авиации, которую предстоит сформировать в соответствии с государственной политикой развития транспортного потенциала нашей страны.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Государственная программа «Цифровой Казахстан». Источник: https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1700000827

[2] McGraw-Hill Dictionary of Aviation: Community Answers.com. www.abul.org.br/biblioteca/79.pdf

[3] Federal Aviation Regulations, Part 23, of February 18, 2014: U.S. Government Printing Office (GPO) air/ directorates_field/small_airplanes/media/CPS_Part_23.pdf

[4] General Aviation Statistical Databook 2013 & 2014 Industry Outlook: Offi cial site of GAMA. URL: http://www.gama.aero

[5] Малая авиация Казахстана: как обезопасить полеты? ww.egemen.kz/article/221023

[6] Клочков В.В., Горшкова И.В., Молчанова Е.В. Авиатранспорт в малонаселенных регионах: оценка затрат и эффективности инновационных технологий // Региональная экономика: теория и практика. 2014. – № 3 (330). – С. 58–68.

[7] Правила использования воздушного пространства Республики Казахстан, утвержденные Постановлением Правительства Республики Казахстан от 12 мая 2011 года № 506

[8] Правила эксплуатации БПЛА в воздушном пространстве РК Приказ и.о. Министра индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан от 31 декабря 2020 года № 706

[9] Правила производства полетов государственной авиации Республики Казахстан, утвержденные приказом Министра обороны Республики Казахстан от 14 декабря 2017 года № 744

Ержан Карсыбаев, т.ғ.д., қауымдастырылған профессор, Азаматтық Авиация академиясы, Алматы, Қазақстан, erzhlogist@mail.ru

Айнур Абжапбарова, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Азаматтық Авиация академиясы, Алматы, Қазақстан, ainur.abzhapbarova@mail.ru

Мадина Гожахметова, магистрант, Азаматтық Авиация академиясы, Алматы, Қазақстан, kdrvmd@mail.ru

Нұрғали Зұлұтбек, магистрант, Азаматтық Авиация академиясы, Алматы, Қазақстан, nzulutbekov@mail.ru

ҚАЗАҚСТАНДА ШАҒЫН АВИАЦИЯНЫ ДАМЫТУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

Андатпа. Қазақстанның шағын авиациясы азаматтық авиация нарығының сегменттерінің бірі ретінде елдің көптеген шалғай өңірлері халқының көліктік ұтқырлығын қамтамасыз етуге тиіс. Үлкен авиация өндірісі сияқты (магистральдық және аймақтық) бұл сегмент құлдырауда. Сонымен қатар, әлемнің барлық ірі елдері үшін шағын авиацияны өндіру мен қызмет көрсетуден түсетін табыс үлкен және әскери авиацияға қарағанда айтарлықтай жоғары, бұл авиацияның осы секторымен байланысты жұмыс орындары мен ұлттық қауіпсіздік мәселелері туралы айтпайды. Мақалада Қазақстанда шағын авиацияны дамытудың алғышарттары, қазіргі жағдайы мен даму шарттары қарастырылған. Әртүрлі техникалық құрылғылар мен жүйелер ғана емес, сонымен қатар тиісті стандарттар, нормалар, нарықтар, мемлекеттік және халықаралық реттеу институттары өзара әрекеттесіп, бірін-бірі толықтыратын шағын авиацияны дамытудың кешенді тәсілінің қажеттілігі негізделген.

Түйінді сөздер. Шағын авиация, даму, әуе кемелері, нормативтік база, авиациялық жүйелер.

Yerzhan Karsybayev, doctor of technical sciences, professor, Academy of Civil Aviation, Almaty, Kazakhstan, erzhlogist@mail.ru

Ainur Abzhapbarova, candidate of technical sciences, associate professor, Academy of Civil Aviation, Almaty, Kazakhstan, ainur.abzhapbarova@mail.ru

Madina Gozhahmetova, master's student, Academy of Civil Aviation, Almaty, Kazakhstan, kdrvmd@mail.ru

Nurgali Zulutbek, master's student, Academy of Civil Aviation, Almaty, Kazakhstan, nzulutbekov@mail.ru

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF SMALL AIRCRAFT IN KAZAKHSTAN

Abstract. Kazakhstan's small aviation, as one of the segments of the civil aviation market, should ensure the transport mobility of the population of many remote regions of the country. Like the production of large aircraft (mainline and regional), this segment is in decline. Meanwhile, for all major countries of the world, revenues from the production and maintenance of small aircraft are significantly higher than from large and military aviation, not to mention jobs and national security problems associated with this aviation sector. The article considers the prerequisites for the development, the current state and conditions for the development of small aircraft in Kazakhstan. The necessity of an integrated approach to the development of small aircraft is substantiated, when not only various technical devices and systems interact and complement each other, but also relevant standards, norms, institutions of markets, state and international regulation.

Keywords. Small aviation, development, aircraft, regulatory framework, aviation systems.

****

ӘОЖ 656.13.072 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-156-162**

Б.У.Жаманбаев[1]✉, С. Е. Бекжанова[2], Э.А.Алмаханова[2]
[1]Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан
[2]Satbayev University, Алматы, Қазақстан
[3]М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз, Қазақстан
E-mail: Zhaman78@gmail.com

ҚАЛАЛЫҚ КӨЛІК ЖҮЙЕСІНІҢ КӨРСЕТКІШТЕРІН БАҒАЛАУ (ТАРАЗ Қ.)

Аңдатпа. Тараз қаласындағы жолаушыларға көліктік қызмет көрсетудің көрсеткіштерін анықтаудың әдістемесі көрсетілген. Маршруттардағы негізгі көрсеткіштерін анықтаудың есебі орындалған. Қалалық маршруттық желісінің көрсеткіштерін бағалау кезінде қалалық көлік жұмысын ұйымдастыру кемшіліктерін анықтауға мүмкіндік береді. Алынған деректер негізінде қоғамдық көліктің жолаушыларға қызмет көрсету сапасын одан әрі жақсарту бойынша ұсыныстар жасалған.

Түйінді сөздер. Маршруттық желі, қалалық жолаушы көлік, жолаушы ағын, көлік желісінің тығыздық коэффициенті, желіні қамту коэффициенті, маршруттық коэффициент, тік сызықты емес коэффициенті.

Кіріспе.

Қалалық көліктің даму концепциясын қарастырғанда, бірінші кезекте жолаушыларға қызмет көрсету сапасы туралы мәселені атап көрсетуге болады. Қоғамдық көліктің қолданыс аясын кеңейту үшін және оның сапасын жоғарылату үшін қоғамдық көлік өзінің жылдамдығы, комфорты, қолжетімділігі сияқты басты артықшылығын жоғалтып алмауы қажет. Қалалық көліктің жолаушыларға қызмет көрсету сапасы туралы мәселенің түп мағынасы да осында жатыр. Бұл мәселе жолаушыларға қызмет көрсету сапасы мен жол жүру құнының өзара байланысынан келіп шығады. Дегенмен мынадай сұрақтың басы қылтияды: «Жол жүру құнының өсуі жолаушы күтетін деңгейдегі қызмет көрсету сапасына сай келе ме?» Жекеменшік жеңіл автокөлікпен шынымен бәсекелестікке қабілетті болуы үшін қоғамдық жолаушы көлігін түбегейлі жетілдіру қажет. Ал бұған ғылым мен техниканың ең жаңа жетістіктерін пайдалану негізінде ғана қол жеткізу мүмкін. Қатар, қалалық жолаушы көлігінің түрін таңдауға, көліктік фактордан басқа, қала құрылысының факторы да айтарлықтай әсер етеді. Қаланың жоспары, жоспарлау шешімдері, қаланың келешектегі дамуы және қалалық жолаушы тасымалдау көлігі кешенді түрде қарастырылуы қажет. Жекеменшік автокөліктердің қозғалыс қарқындылығын, қоғамдық тасымалдау көлігінің қозғалысына кедергі жасамайтындай етіп ескеру де өте маңызды. Дегенмен, қоғамның, басқарудың және саясаттың мүдделерін бір нүктеде түйісетіндей етіп, қала құрылысының тарихи ерекшеліктерін де ескеру керек. Осының барлығы оң шешімін тапқан жағдайда ғана ең кем шығын жұмсап, тұрғындарды сапалы көліктік қызметпен қамтамасыз ету мақсатында қала дамуының және көлікті басқарудың ең тиімді бағытын анықтауға мүмкіндік туады.

Материалдар мен тәсілдер.

Әрбір жеке алынған көрсеткіш (сапаны дифференциялдық бағалау), барлық ескерілген көрсеткіштердің жиынтығы сапаның кешендік (интегральдық) бағасын тағайындайды. Сапаны бағалау оларды басқару үшін қолданылады. Жолаушыларға көліктік қызметтің сапасын (ЖККС) басқару дегенде жолаушыларға қызмет көрсету деңгейінің қазіргі бар (қол жеткен) күйінен талап етілген (нормативтік) күйіне дейін жеткізу мақсатына бағытталған іс-әрекеттердің жиынтығын түсінеміз. Сапаны басқару

өндірістік-шаруашылық жүйені басқарудың жалпы заңдарына сүйенеді. Жолаушыларды тасымалдауды ұйымдастыру кезінде қажетті ақпараттық құрал ретінде қаланың көлік желісі болып табылады (1-сурет). Маршруттық желінің көрсеткіштерін және қала тұрғындарының жолаушылар көлігімен қамтамасыз етілуін анықтау үшін Тараз қаласы маршруттарының сипаттамалары зерттелді.

Маршрут желісінің негізгі параметрлерін 1-кесте көрсетілген.

1 кесте -Тараз қаласының маршруттық желісінің негізгі сипаттамалары [1,2]

Маршрут желісінің көрсеткіштері	Өлшем бірлігі	Мәндер
Көліктік қызмет көрсетілетін елді мекеннің ауданы	км^2	187
Маршруттық көлік қозғалысы жүзеге асырылатын көшелердің ұзындығы	км	282,7
Жалпы маршруттық жүйенің ұзындығы	км	828,2
Қала көшелерінің жалпы ұзындығы	км	996

Тараз қаласында қалыптасқан маршруттық желісін бағалау үшін келесі негізгі көрсеткіштер қолданылады [3,5]:

1) көлік желісінің тығыздығы;
2) желіні қамту коэффициенті;
3) маршруттық коэффициент;
4) маршруттардың түзу еместік коэффициенті.

Маршруттық жүйенің даму деңгейін анықтағанда маршруттық тораптың тығыздығы деп аталатын сипаттаманы пайдаланады. *Көлік желісінің тығыздығы* деп маршруттық көлік жүйесінің ұзындығының қызмет көрсету территориясының ауданына қатынасын айтады:

$$\sigma = \frac{L_{\text{кж}}}{S}, \text{ км}^{-1}, \quad (1)$$

мұндағы S − көліктік қызмет көрсетілетін елді мекеннің ауданы, км^2;
$L_{\text{м}}$ − маршруттық көлік желісінің ұзындығы, км.

2 кесте - Көлік желісінің тығыздығы тұрғындар санына тәуелділігі [3,4]

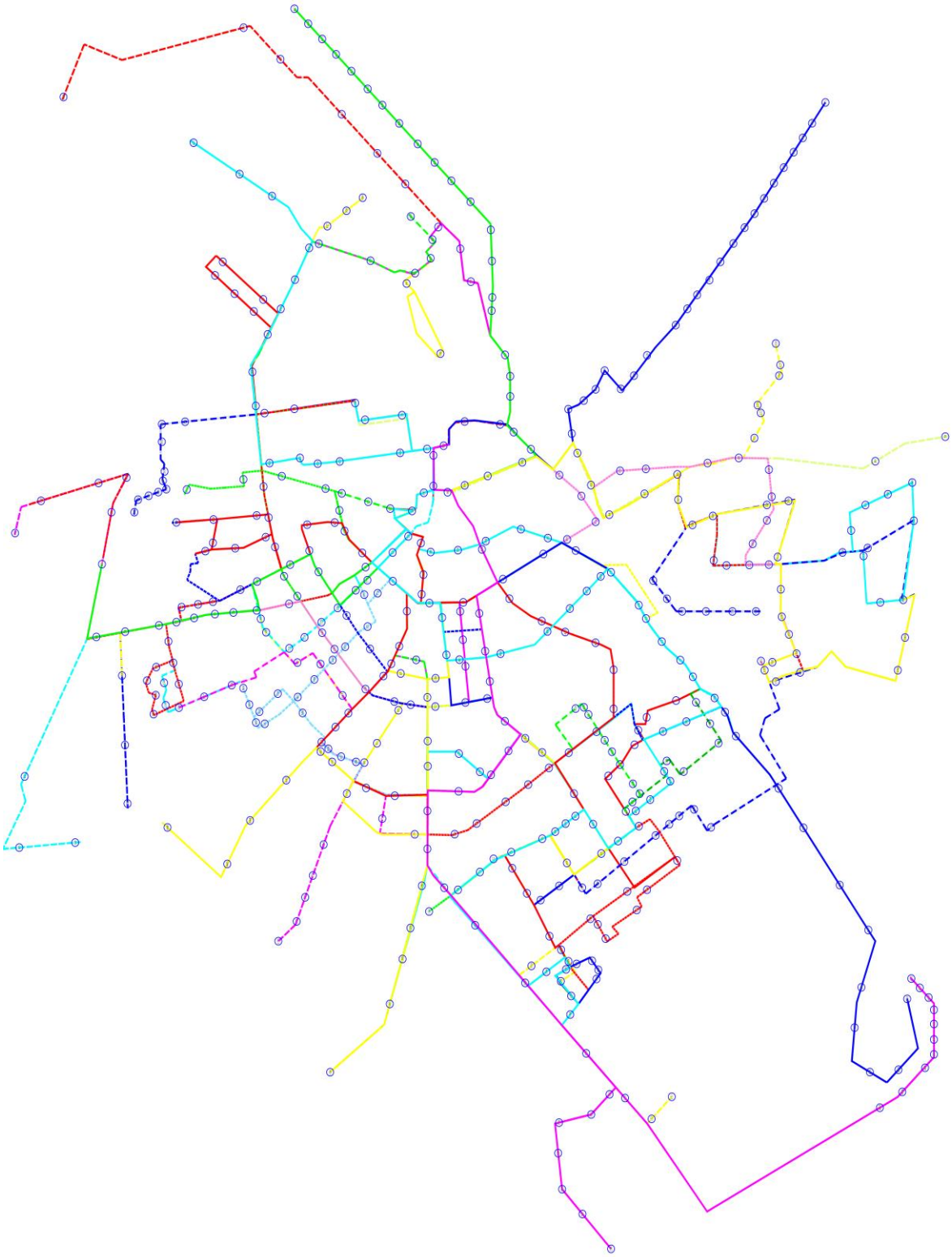
Тұрғындар, мың адам	500–1000	250–500	100–250	50–100
Көлік желісінің оңтайлы тығыздығы, км$^{-1}$	2,3–2,6	2,0–2,3	1,7–2,0	1,4–1,6

Тек автобустық көлікке ие болған қалалар үшін маршруттық тораптың орташа тығыздығы 2-2,5 км$^{-1}$ шамасында болуы тиіс. Егер маршруттық тораптың тығыздығы көрсетілген шамалардан кем болған жағдайларда қаладағы маршруттық қоғамдық жолаушы тасымалдау жүйесінің жұмысының тиімділігін жеткілікті деп айтуға болмайды. Маршруттық тораптың тығыздығы нормативтегіден артық болған жағдайда маршруттардың бір-бірімен қиылысуы арттып кетеді, мұның салдарынан көліктің маршруттағы қозғалыс жылдамдығы кеміп, тасымалдау қабілеті төмендейді.

Маршруттардың сұлбасының сызу ұтымдылығы *түзу еместік коэффициент* формуласы бойынша бағаланады:

$$k_{\text{те}} = \frac{L_{\text{м}}}{L_{\text{ауа}}}, \quad (2)$$

мұнда $L_{\text{м}}$ - көлік желісі бойынша соңғы нүктелерінің арасындағы қашықтық, км;
$L_{\text{ауа}}$ - әуе желісі бойынша соңғы нүктелерінің арасындағы қашықтық, км.



1 сурет - Тараз қаласының маршруттық желілері

3 кесте - Маршруттық тораптың түзу еместігін түзуеместік коэффициентінің жәрдемінде анықтау [2,3]

Маршруттық тораптың түзу еместігі	Түзуеместік коэффициенті
Өте төмен	< 1,10
Төмен	1,10 − 1,15
Орташа	1,15 − 1,20
Жоғары	1,20 − 1,25
Өте жоғары	1,25 − 1,30
Ерекше жоғары	1,30 <

Қаладағы маршруттық тораптың түзуеместік коэффициентінің мәні, тұтастай алғанда, 1,2-ден, ал қала орталығын периферияльық аудандармен байланыстыратын маршруттарда − 1,15-тен артпағаны дұрыс.

Маршрут желісіне қаланың жалпы көшелеріне қаншалықты кіретінің бағалайтын көрсеткіш, көліктік *желіні қамту коэффициенті* мына өрнектен анықталады:

$$k_{жқ} = \frac{L_{кж}}{L_{көш}}, \quad (3)$$

мұнда $L_{көш}$ - қала көшелерінің жалпы ұзындығы, км.

Маршрут желісінің тармақталу дәрежесін және жеткіліктілігін бағалау маршруттық желі ұзындығының көлік желісінің ұзындығына қатынасымен анықталады және *маршруттық коэффициенті* болып табылады:

$$\mu = \frac{\sum L_м}{L_{кж}}, \quad (4)$$

мұнда $\sum L_м$ — маршруттық желілердің жалпы ұзындығы, км.

Нәтижелер.

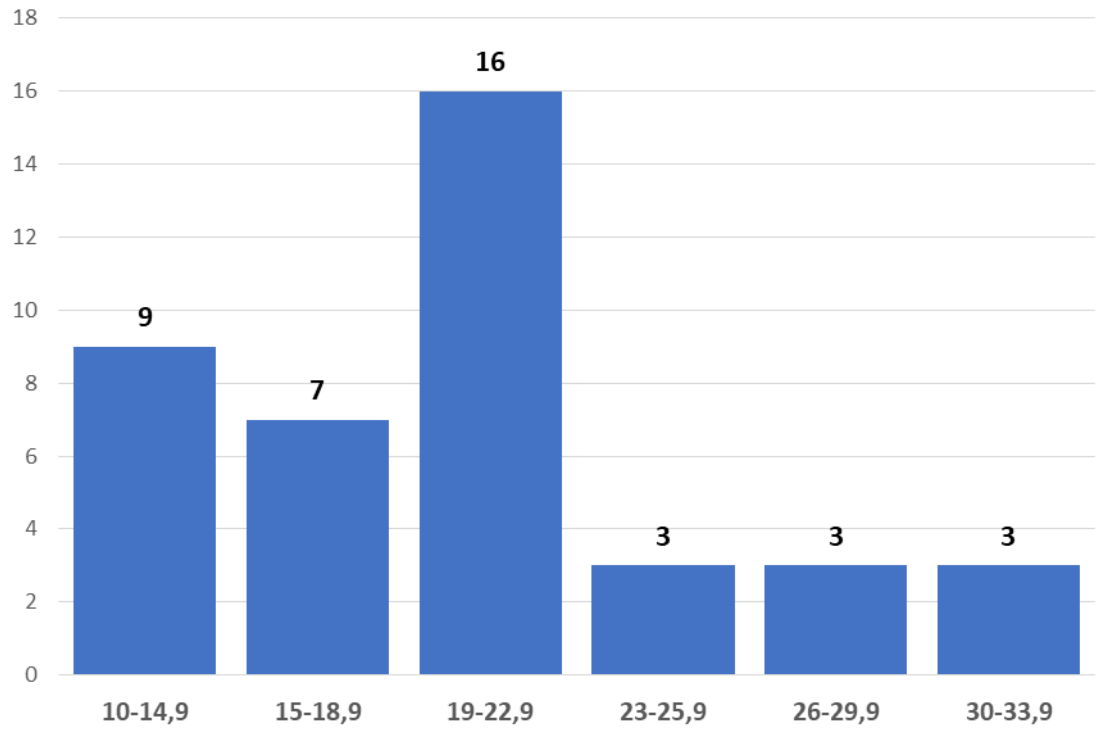
Маршруттың максималды ұзындығы 32,8 шақырымды, 30 шақырымнан астамы 3 бағытты құрады. Маршрут ұзындығының ұлғаюы ауылдық жерлерге бағыттардың ұзартылуына байланысты.

Ең аз жол ұзындығы 10,8 шақырымды құрады. Бағыттардың негізгі саны 19…23 км аралығында орналасқан (2-сурет). Тараз қаласындағы маршруттардың орташа ұзындығы 9,5 шақырымды құрайды. Қала аумағының ұзындығы 23,5 км, ені 12,5 км. Көріп отырғаныңыздай, маршруттың максималды ұзындығы қала ұзындығынан асып түседі.

Тараз қаласында жолаушылар көлігінің маршруттық қозғалысы ұйымдастырылған көше-жол желісінің жалпы ұзындығы 828,2 шақырымды құрайды. Автобус маршруты желісінің тығыздығы 1,51 км$^{-1}$ құрайды, бұл мән ұсынылған мәннен төмен. Қала аумақтарының едәуір бөлігінде жолаушылар көлігінің аялдама пункттеріне жақындау қашықтығы жоғары және жақындауға кететін максималды уақыт кетеді. Тараз қаласы көлік желілерінің тығыздығы бойынша 1,50 ... 1,90 аралығындағы жатады және орташа тығыздық дәрежесіне келеді [2,3].

Жүйені қамту коэффициенті 0,28 құрады. Яғни, қаладағы жолдардың 28 пайызы ғана маршруттық желімен қамтылған.

Тараз қаласының маршруттық коэффициентінің мәні 2,93 құрады. Бұл мән неғұрлым үлкен болса, көлік қызмет көрсететін қаланың немесе аймақтың ауданы соғұрлым үлкен болады [3], сәйкесінше нашар дамыған желілерде 1,2…1,4, ал жеткілікті тығыз желіде – 2…4 км/км және одан да көп.



2 сурет - Тараз қаласының маршрут ұзындығы бойынша таралу гистограммасы

Негізінен қала және қала маңындағы барлық маршруттар шағын аудандарға шоғырланып, Сейфуллин көшесінің бойымен өтеді. Сондықтан маршруттың тармақталу коэффициенті 19-22 максималды мәнге ие. Бұл ретте коэффициенттің көтерілуі қала көшелері бойымен маршруттардың бөлінуіне байланысты емес, маршруттардың сол көшелерге шоғырлануына байланысты.

4 кесте - Маршрут желілерінің көрсеткіштері

Маршрут желісінің көрсеткіштері	Белгіленуі	Өлшем бірлік	Мәні	Ұсынылған
Көлік желісінің тығыздығы	σ	км$^{-1}$	1,51	2…2,5
Желіні қамту коэффициенті	$k_{жқ}$	км/км	0,28	28 пайыз
Маршруттық коэффициенті	μ	км/км	2,93	нашар дамыған
Бүкіл маршрут желісі бойынша түзуеместіктің орташа коэффициенті	$k_{те}$	км/км	2,3	Ерекше жоғары

Талқылау.

Маршрут желісінің көрсеткіштерін анықтау нәтижесінде Тараз қаласының маршруттық желісін жақсарту және оңтайландыру қажет деген қорытынды жасауға

мүмкіндік береді. Көше жол желісін жақсарту автобустардың техникалық жылдамдығын арттырады, кептеліс мәселесін шешуге мүмкіндік береді. Соңғы нәтиже – жолаушыларға қызмет көрсету сапасының жақсартады.

Демек, Таразда қоғамдық көлік желісі жеткілікті тығыз емес, маршруттар қаланың негізгі көшелерінің бойында шоғырланғандығымен байланысты, бұл келесі мәселелерді тудырады:

- аялдамалар көп жолаушы көлікті қабылдай алмайды;
- автобустар жолаушыларды отырғызу және түсіру үшін бірнеше қатардағы аялдамаларға тоқтауы керек.

Тараз қаласындағы қоғамдық жолаушы тасымалдау көлігінің барлық маршруттар бойынша жолаушыларға қызмет көрсету деңгейі нормативтен төмен деп айтуға болады. Сондықтан, жуықталған есептеулер нәтижелеріне сүйене отырып, Тараз қаласындағы қоғамдық көліктің жолаушыларға қызмет көрсетудің интегральдық сапа көрсеткіші қанағаттанарлық деңгейде деген қорытынды жасауға болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Программа развития города Тараз на 2020 – 2025 годы. www.taraz-gov.kz

[2] Официальный сайт Комитета по статистике Министерства Национальной экономики Республики Казахстан www.stat.gov.kz

[3] СНиП РК 3.01-01-2008, Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских населенных пунктов.

[4] Булавина, Л. В. Проектирование и оценка транспортной сети и маршрутной системы в городах: выполнение курсового и дипломного проектов:[учеб.-метод. пособие] / Л. В. Булавина; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2013. — 48 с.

[5] Показатели маршрутной сети общественного транспорта в г. Волжском и обеспечение транспортной безопасности/Чернова Г.А., Моисеев Ю.И., Власова М.В., Бадиков К.А.//Сборник научных трудов SWorld: матер. междунар. науч.-практ. конф. «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании '2012». - 2012. - Вып. 4, т. 1. - С. 106-109.

Бауржан Жаманбаев, докторант, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, zhaman78@mail.ru

Сауле Бекжанова, д.т.н., профессор, Satbayev University, Алматы, Қазақстан, s.bekzhanova@bk.ru

Эльмира Алмаханова, магистр, Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан, aea-elka@mail.ru

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ (Г.ТАРАЗ)

Аннотация. В статье представлены методика определения показателей транспортного обслуживания пассажиров в городе Тараз. Выполнен расчет определения основных показателей на маршрутах. Позволяет выявить недостатки организации работы городского транспорта при оценке показателей городской маршрутной сети. На основании полученных данных выработаны рекомендации по дальнейшему улучшению качества обслуживания пассажиров общественным транспортом.

Ключевые слова. Маршрутная сеть, городской пассажирский транспорт, пассажиропоток, коэффициент плотности транспортной сети, коэффициент охвата сети, маршрутный коэффициент, коэффициентом не прямолинейности.

Baurzhan Zhamanbayev, doctoral student, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan, zhaman78@gmail.com

Saule Bekzhanova, doctor of technical sciences, professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, s.bekzhanova@bk.ru

Elmira Almakhanova, master, M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan, aea-elka@mail.ru

ASSESSMENT OF CITY TRANSPORT SYSTEM INDICATORS (TARAZ City)

Abstract. The article presents a methodology for determining the indicators of passenger transport services in the city of Taraz. The calculation of determining the main indicators on the routes is carried out. Allows you to identify shortcomings in the organization of urban transport in assessing the indicators of the urban route network. Based on the data obtained, recommendations were developed for further improving the quality of passenger service by public transport.

Keywords. Route network, urban passenger transport, passenger traffic, transport network density factor, network coverage factor, routing factor, coefficient of non-straightness.

****

ӘОЖ 656.025.2 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-163-171**

Б.У.Жаманбаев[1], С. Е. Бекжанова[2], А.Т.Раимбаев[3], Э.А.Алмаханова[3]
[1]Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан
[2]Satbayev University, Алматы, Қазақстан
[3]М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз, Қазақстан
E-mail: Zhaman78@gmail.com

ҚОҒАМДЫҚ КӨЛІК АЯЛДАМАЛАРЫНЫҢ ОРНАЛАСУЫН НЕГІЗДЕУ

Аңдатпа. Бұл мақалада аялдамалардың қол жетімділігіне әсер ететін маңызды факторларды анықтау мақсатында априорлық рейтингті талдау нәтижелері келтірілген. Жолаушы көлік аялдамасына баруға әсер ететін факторларды ғылыми жұмыстардың мысалдарын қолдана отырып, мамандармен кеңесу және авторлармен ми шабуылы арқылы алынды. Факторлар екі кезенге бөлінді: жаяу жүргіншілердің аялдамаға дейін қозғалысына және жолаушының транзиттік аялдамаға дейін жүруіне әсер ететіндер. Априорлық саралау әдісі 50 респонденттердің сауалнамасы негізінде ең көп әсер ететін факторлардың тізімі анықталды.

Өлшемдер теориясын қолдана отырып, ұсынылған математикалық модель екі кезеңде қарастырылды. Бір жағынан жаяу жүргіншілер жүріп өткен қашықтықтың және екінші жағынан қоғамдық көлікпен қозғалысының негізгі көрсеткіштерін ескере отырып, қоғамдық көлік аялдамаларының орналасқан жерін анықтауға мүмкіндік беретін теориялық алғышарт анықталды.

Түйінді сөздер. Қалалық қоғамдық жолаушылар көлігі, жаяу қол жетімділік, сауалнама, қоғамдық көлікті тоқтату, факторларды априорлық саралау, өлшемдер теориясы.

Кіріспе.

Қоғамдық көлікте қол жетімділікті қамтамасыз етудің іс-шаралары мен қызметтері, маңызды рөл атқарады, яғни адамдардың қоғамдық көлікті пайдалануға ынталандыру қабілетіне ықпал ететін көзқарас сияқты үлкен әсер етеді.

«ҚНжЕ сәйкес 3.01-01-2008, ҚР», аялдама пункттері арасындағы қашықтық қала ішінде 400-ден 800 метрге дейін құрайды [1]. Бұл ретте, 800 метр ең жоғары рұқсат етілген қашықтық жолаушылар үшін, әсіресе халықтың қауқары аз топтары үшін қолайсыз болып табылатынын атап өту қажет.

Жұмыс, білім беру, денсаулық сақтау, сауда, әлеуметтік ойын-сауық іс-шаралары сияқты қызмет түрлері мен қызметтердің қол жетімділігіне қол жеткізу үшін, сондай-ақ олардың қатысуына қол жетімділікті қамтамасыз ету үшін қоғамдық көлік маңызды рөл атқарады. Халықтың үздіксіз өсуімен бүгінгі қалалар жеке көлік құралдарының көбеюіне толы, бұл кейбір қолайсыз салдарға, соның ішінде кептелістерге, шудың жоғарылауына, көмірқышқыл газының шығарылуына әкеліп соғады, бұл жүргізушілер үшін де, жаяу жүргіншілер үшін де қауіптің артуына әкеледі. Әрине, көлік құралдары санының өсуімен жаңа жолдар, шанышқылар мен тұрақ орындарын салу қажеттілігімен көлік инфрақұрылымын оңтайландыруға, сондай-ақ қолданыстағы жолдардың өткізу қабілетін арттыруға сұраныс артып келеді [2-4]. Алайда, тәжірибелер көрсеткендей, мегаполистердің көлік инфрақұрылымын жақсарту шаралары жоғарыда аталған қолайсыз салдарды уақытша ғана шешеді, сонымен қатар қалалық ортаның қалыпты жұмыс істеу дағдарысының дамуына ықпал етеді. Кептелістерді қысқарту элементі қоғамдық көлік жүйелерін жетілдіру болып табылады [3-5], оны пайдаланудың негізгі

факторы өз кезегінде маршруттық желінің, атап айтқанда, қалалық жолаушылар көлігі аялдамаларының қолжетімділігі болып табылады [3-5]. Бұл мақаланың мақсаты - аялдамалардың орналасқан жерлерін зерттеу, яғни, жаяу жүргіншілер өткелінің қиылысу нүктелерін және оларға әсер ететін факторларды табу.

Материалдар мен тәсілдер.

Алдыңғы қатарлы зерттеулер, ғылыми көзқарастар көрсеткендей, жолаушылардың қоғамдық көлік аялдамаларына баруға дайын болуының негізгі оң факторлары - бұл қысқа (минималды) қашықтық және жолаушы аялдамаға жететін уақыт, оның ішінде жаяу жүргіншілердің жеке сипаттамалары мен орналасқан жері, аялдама параметрлері, нақты көлік желісінің сипаттамалары және ауа-райы. Ғылыми жұмыстарды, мамандармен кеңесуді және авторлармен ми шабуылын қолдана отырып, бірнеше қорытынды жасауға болады:

1) Бірінші кезең - Аялдамаға бара жатқан жаяу жүргіншілердің қозғалысына әсер ететін факторлар, 1-кесте.

2) Екінші кезең - Қоғамдық көліктегі сапарға әсер ететін факторлары, 2-кесте.

1 кесте - Жаяу жүргіншілердің қозғалысына әсер ететін факторлары

№	Фактор коды	Фактордың сипаттамасы
1	t_1	Аялдамаға келу уақыты (жөнелту пунктінің есігінен көлік аялдамасына жаяу жүру уақыты), с
2	l	Жаяу жүргіншінің көлік аялдамасына дейінгі қашықтығы, дүкендер, м
3	v	Жаяу жүргіншінің жылдамдығы, м/с
4	θ	Қоршаған ортаның Климаттық температурасы, К
5	P	Қоршаған ортаның қысымы, кг/м·с^2
6	G	Қол жүгі бар жаяу жүргінші, Н
7	H	Жаяу жүргіншілердің өсуі, м
8	Q	Аялдаманың сыйымдылығы, адам

2 кесте - Қоғамдық көліктегі сапарға әсер ететін факторлары

№	Фактор коды	Фактордың сипаттамасы
1	t_2	Көліктегі сапар уақыты, с
2	v_a	Көлік қозғалысының жылдамдығы, м/с
3	a_a	Орнынан қозғалған кезде көлікті жеделдету, м/с^2
4	a_t	Тежеу кезінде көліктің баяулауы(қиылыс, аялдау және бұрылу алдында), м/с^2
5	l_a	Есептеу орнынан транзиттік аялдамаға дейінгі қашықтық, м
6	G_a	Қоғамдық көліктің салмағы, кг
7	J	Қоғамдық көлік қозғалысының қарқындылығы, с

Жоғарыда келтірілген мәліметтер негізінде зерттелетін параметрге әсер ететін факторлардың тізімі жасалады және әр фактордың анықтау аймағы белгіленеді. Барлық факторлар сауалнама сұрақнамасына енгізілген. Бұл факторлар қалалық қоғамдық көлік үшін жолаушылар тасымалдайтын орындарға әсер етеді деп болжанады. Белгілердің әсер ету дәрежесі бойынша неғұрлым елеулі белгілерін анықтау үшін априорлық саралау (фактордың маңыздылығын бағалау) әдісі қолданылды [6,7].

Жоғарыда аталған факторларды жою үшін біз 2022 жылдың қыркүйегі мен қараша айлары аралығында жолаушылар тасымалы мәселесіне қатысы бар Тараз қаласының 50 респондентіне (профессорлар мен оқытушылар, инженерлер, студенттер

және т.б.) сауалнама тарату арқылы априорлық зерттеу жүргіздік. Сауалнаманы толтыра отырып, респондент сараланған қатардағы факторлардың орнын анықтайды. Априорлық ақпарат негізінде факторлардың априорлық рейтингі жасалды, бұл ең маңызды факторларды анықтауға және маңызды емес әсер ететін факторларды жоюға мүмкіндік береді.

Факторларды априорлық саралау келесі ретпен жүргізілді [6,7]. Алдын-ала зерттеулер негізінде зерттелетін параметрге әсер ететін факторлардың тізімі жасалды. Содан кейін респонденттер зерттелетін факторларды көрсететін сауалнаманы толтырды. Әрбір фактор ранг шамасы бойынша бағаланды-респондент зерттелетін факторға олардың болжамды әсерін ескере отырып, қалғандарын саралау кезінде анықталды. Респонденттер әр факторды бірліктен сегізге дейінгі реттік шкала бойынша бағалады. Бірлік ең жақсы жағдайларды анықтайтын факторға қатысты болды, қалғандары таңдалған параметрге әсер ету дәрежесінің өсу ретімен орналастырылды.

Әрі қарай, сауалнамаларды өңдеу нәтижелері бойынша дәреже матрицасы құрылды, яғни, әр мақсатты айнымалы үшін сараланған қатарлар алынды.

Сауалнама деректері келесідей өңделеді. Әр фактор үшін дәрежелердің қосындысы анықталынады

$$S_r = \sum_{j=1}^{m} a_{ij}, \tag{1}$$

мұнда: m - сұралған респонденттердің саны;

a_{ij} - j-м респондент берген i-ші фактор дәрежесі.

Барлық факторлар үшін дәрежелердің орташа қосындысы өзгереді:

$$\bar{\Delta} = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{m} a_{ij}, \tag{2}$$

мұндағы k - факторлар саны.

Содан кейін әр фактор үшін рангтар қосындысынан рангтың орташа қосындысынан Δ_i ауытқуы есептелінеді:

$$\Delta_i = S_r - \bar{\Delta}. \tag{3}$$

Байланысы бар рангтар болмаған кезде конкордация коэффициентін келесі формула бойынша табамыз:

$$W = \frac{12 S_\Delta}{m^2(k^3 - k)}, \tag{4}$$

мұндағы $S_\Delta = \sum_{i=1}^{k} \Delta_i^2$ - ауытқу квадраттарының қосындысы.

W мәні $0 \leq W \leq 1$ шегінде жатыр. $W = 1$ болған жағдайда респонденттердің пікірлері толығымен сәйкес келеді. $W = 0$ болған жағдайда пікірлердің толық сәйкес еместігін білдіреді.

Нәтижелер.

Респонденттердің пікірлерінің келісімділігіне көз жеткізгеннен кейін 1-суретте көрсетілген жаяу жүргіншілердің қозғалысына әсер ететін және 2-суретте қоғамдық көлікпен жүруге әсер ететін факторларды саралау нәтижелері алынды.

1 сурет - Жаяу жүргіншілердің тоқтағанға дейінгі қозғалысына әсер ететін факторларды саралау нәтижелері

Априорлық рангтар диаграммасы ең маңызды факторларды алдын-ала таңдауға мүмкіндік береді. Оларға $S_r < \bar{\Delta}$ жатады.

Ранг диаграммасынан (2 сурет) сұралған респонденттердің пікірінше, l, t_1, v және θ факторлары зерттелетін параметрге көбірек әсер етеді.

2 сурет - Транзиттік аялдамаға дейін жолаушының сапарына әсер ететін факторларды саралау нәтижелері

Диаграммадан (2 сурет) параметрге t_2, v_a, l_a және J факторлары әсер етеді, ал қалғандары аз әсер етеді. Зерттеуден зерттелетін параметрлерге айтарлықтай әсер етпейтін факторларды алып тастаймыз.

Бұл мәселеде модельдеуді жобалау кезінде ұқсастық пен өлшем теориясын қолдану орынды. Ұқсастық және өлшемділік теориясы Л.И. Седов, В. А. Веников, Г. Хантли сияқты ғалымдарды зерттеудің негізгі бағыты болып табылады [8,9,10,11,12].

Өлшем әдісінің артықшылықтары: зерттелетін құбылыстардың ауқымын жылдам бағалау; сапалы және функционалды тәуелділіктерді алу. Өлшем формуласын жасау үшін әр негізгі мән үшін жаяу жүргіншілердің аялдамаға дейінгі қозғалысын және

жолаушының транзиттік аялдамаға сапарының сипаттамасын өлшеу үшін маңызды айнымалылар бірлігін белгілеуді енгіземіз, 3-кесте.

3 кесте - Физикалық шаманың өлшемі

№ р/с	Айнымалы атауы	Белгілеу	Өлшем формуласы	Өлшем бірлігі
1	Аялдамаға келу уақыты	t_1	T	с
2	Жаяу жүргіншінің көлік аялдамасына дейінгі қашықтығы	l	L	м
3	Жаяу жүргіншінің жылдамдығы	v	LT^{-1}	м/с
4	Қоршаған ортаның климаттық температурасы	θ	ML^2T^{-2}	К
5	Көліктегі сапар уақыты, с	t_2	T	с
6	Көлік қозғалысының жылдамдығы	v_a	LT^{-1}	м/с
7	Қоғамдық көліктің салмағы	G_a	MLT^{-2}	кг*с/с^2
8	Қоғамдық көлік қозғалысының қарқындылығы	J	$N * T^{-1}$	ед./с

Бірінші кезең. Респонденттердің пікірінше, жаяу жүргіншілердің аялдамаға дейінгі қозғалысына L, t_1 , v *и* және θ факторлары әсер етеді. Осылайша, [145] өлшем теориясының әдістемесін қолдана отырып, бізде:

$$t_1 = f(L, v, \theta, \mathrm{p}); \tag{5}$$

$$T = (L)^{\propto} * (LT^{-1})^{\beta} * (ML^2T^{-2})^{\gamma}. \tag{6}$$

(T)-үшін $1 = -\beta - 2\gamma.$
(L)-үшін $0 = \propto + \beta + 2\gamma\,.$ (7)
(M)-үшін $0 = \gamma.$

Теңдеу жүйесін шеше отырып, бізде:

$$\alpha = 1;\ \beta = -1; \gamma = 0. \tag{8}$$

Табылған мәндерді негізгі сәйкестікке ауыстыру (8) және математикалық әрекеттерді түсіндіру, сонымен қатар $\frac{\theta}{p \cdot Q}$, типінің өлшемсіз қатынасын енгізу арқылы бізде

$$t_1 = \left(\frac{L}{v}\right) \cdot f\left(\frac{\theta}{p \cdot Q}\right). \tag{9}$$

(9) формуланы талдай отырып, жаяу жүргіншінің орналасқан жерінен аялдамаға дейінгі қозғалысына тек қашықтық қана емес (баспалдақ алаңдарынан, тротуарлардың сапасынан басқа), сонымен қатар қоршаған ортаның климаттық жағдайы (ыстық жаз, суық қыс) әсер етеді деп айтуға болады.

Екінші кезең. Жолаушының транзиттік аялдамаға дейін жол жүруі.

Факторларды таңдау кезінде «L_a» «v_a» құрамына кіреді, ал «a_a» мен «a_t» қатынасы функция болып табылады, сондықтан:

$$t_2 = \varphi(v_a, J, \sum G_a); \tag{10}$$

$$T = (LT^{-1})^{\alpha}, (N * T^{-1})^{\beta}, (MLT^{-2})^{\gamma}. \tag{11}$$

(T)-үшін $1 = -\alpha - \beta - 2\gamma.$
(L)-үшін $0 = \propto + \gamma.$ (12)
(M)-үшін $0 = \gamma.$
Өлшемсіз мәнді $\frac{a_a}{a_t}$ қатынасы түрінде енгізіңіз.
Теңдеу жүйесін шеше отырып, бізде:

$$\alpha = 0;\ \beta = -1;\ \gamma = 0. \tag{13}$$

$$t_2 = const\left(\frac{1}{N*t^{-1}}\right) \cdot \varphi\left(\frac{a_a}{a_t}\right). \tag{14}$$

Алайда, $\frac{a_a}{a_t} \approx 1$, жаяу жүргінші мен қоғамдық көліктің қозғалысы бойынша іс-әрекеттің келісілгендігі болған кезде тамаша жағдайға қол жеткізуге мүмкіндік бере отырып, біз аламыз:

$$t_2 = const\left(\frac{1}{N*t^{-1}}\right). \tag{15}$$

$\frac{L_a}{v_a}$ - арқылы t қоғамдық көлік қозғалысының уақытын білдіре отырып, бізде:

$$t_2 = const\left(\frac{L_a}{N*v_a}\right). \tag{16}$$

Талқылау.

Осы ұстанымның логикалық түсінігіне сүйене отырып, мыналарды болжауға болады:

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{\frac{L}{v} \cdot f\left(\frac{\theta}{p \cdot Q}\right)}{\frac{1}{N*t^{-1}} \cdot \varphi\left(\frac{a_a}{a_t}\right)}, \tag{17}$$

демек,

$$t_1 = \frac{\frac{L}{v} \cdot f\left(\frac{\theta}{p \cdot Q}\right)}{\frac{1}{N*t^{-1}} \cdot \varphi\left(\frac{a_a}{a_t}\right)} * t_2, \tag{18}$$

немесе қоғамдық көлік қозғалысының жылдамдығын ескере отырып

$$t_1 = \frac{\frac{L}{v} \cdot f\left(\frac{\theta}{p \cdot V}\right)}{\frac{L_a}{N*v_a} \cdot \varphi\left(\frac{a_a}{a_t}\right)} * t_2. \tag{19}$$

Осылайша, әртүрлі мемлекеттердегі қоғамдық көлік қозғалысының жылдамдығы регламенттелгенін ескере отырып, атап айтқанда Қазақстанда, оның ішінде Тараз қаласында v_a=50 км/сағ, ал жаяу жүргіншінің жүру жылдамдығын эксперименттік

анықтау ≅ 3...4 км/сағ, және жаяу жүргіншінің қозғалысы кезінде жоғарыда айтылған факторларды, сондай-ақ жаяу жүргіншінің жүру жылдамдығын төмендетуді ескере отырып қиылыстар мен бұрылыстар кезінде қоғамдық көлік қозғалысы, бізде

$$L_a \cong L \cdot \frac{50}{4} \cong (8 \dots 12.5) \cdot L\,. \qquad (20)$$

Алынған тәуелділіктер (9,16,20) қоғамдық көлік аялдамаларының орналасу орындарын әзірлеу және негіздеу кезінде қолданылуы мүмкін.

Қорытынды.

Ұсынған шешімдер қалалық жолаушылар көлігінің тиімділігі мен қолжетімділігін арттыруға бағытталған. Соның ішінде жаяу жүргіншілердің қоғамдық көлік аялдамасына дейінгі қозғалысына әсер ететін факторлар талданады және анықталады.

Респонденттердің сауалнамасы негізінде алынған индикаторларды априорлық саралау әдісі респонденттердің пікірлерінің жақсы сәйкестік дәрежесін көрсетті және ең әсер ететін факторларды анықтады.

Өлшемдер теориясы негізінде аялдамалардың орналасуын негіздеудің математикалық моделі алынды. Ғылыми-техникалық әдебиеттерден белгілі параметрлермен салыстырғанда, ұсынылған өлшемсіз кешендер қоршаған ортаның климатын, жаяу жүргіншінің, маршруттың және қоғамдық көліктің сипаттамасын ескеретіндігімен ерекшеленеді.

Жолаушылар тасымалы кезіндегі жаяу жүргінші мен қоғамдық көлік арасындағы қарым-қатынас мәселесін екі сатылы теориялық және эксперименттік зерттеу олардың қозғалыс уақытының негізінде олардың қиылысу нүктесін теориялық және физикалық негіздеуге мүмкіндік берді.

Табылған өрнек (9) жаяу жүргіншінің межелі жерден аялдамаға дейін жету уақытын ғана анықтауға мүмкіндік бермейді, сондай-ақ қандай да бір қоғамдық көлікті күту кезінде аялдаманың сыйымдылығын нақтылайды.

Формула (16) қоғамдық көліктің үнемді қозғалысын негіздеуге және белгілі бір қалада, аудан орталығында және т. б. шектеу үшін жылдамдық мөлшерін анықтауға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] СНиП РК 3.01-01-2008. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских населенных пунктов. http://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30503178#pos=1;-240

[2] Можарова В. Транспорт в Казахстане: современная ситуация, проблемы и перспективы развития. - Алматы: КИСИ при Президенте РК. 2011. - 216 р. http://www.kisi.kz/uploads/1/files/XqATmbPB.pdf

[3] Гудков В.А. и др. Пассажирские автомобильные перевозки. - Москва: Горячая линия. Телеком. 2006. - 448 р.

[4] Спирин И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. - Москва: Издательство центр «Академия». 2010. - 400 р.

[5] Горев А.Э. & Олещенко, Е.М. Организация автомобильных перевозок и безопасность движения. - Москва: Издательский центр «Академия». 2006. - 256 р.

[6] Прохоров В.Т. & Мальцев, И.М. Оптимизационные методы для решения технологических задач: Монография. Шахты: ЮРГУЭС, 2004. – 441 с. http://window.edu.ru/resource/416/76416

[7] Бакуменко Л.П. Методика априорного ранжирования факторов качества жизни населения. Статистика и экономика. No. 1. 2011. P. 142-149. https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-apriornogo-ranzhirovaniya-faktorov-kachestva-zhizni-naseleniya

[8] Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. 8-е изд., перераб. - М.: Наука. 1977. – 440 р.

[9] Веников, В.А. Теория подобия и моделирования. - Москва: Высшая школа. 1976. 487 р.

[10] Хантли Г. Анализ размерностей. - М.: Мир. 1970. - 177 р.

[11] Бриджмен П. Анализ размерностей (2-е издание). - Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика. 2001. - 148 р.

[12] Иванов М.Г. Размерность и подобие. Долгопрудный. 2013. - 68 р.

Бауржан Жаманбаев, докторант, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, zhaman78@mail.ru

Сауле Бекжанова, д.т.н., профессор, Satbayev University, Алматы, Қазақстан, s.bekzhanova@bk.ru

Адилхан Раимбаев, к.т.н., профессор, Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан, araimbaev@mail.ru

Эльмира Алмаханова, магистр, Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан, aea-elka@mail.ru

ОБОСНОВАНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОСТАНОВОК ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Аннотация. В данной статье представлены результаты анализа априорного ранжирование с целью выявления важных факторов, влияющих на доступность остановок. Факторы, влияющие на проезд пассажира к остановке транспорта, были получены путем консультаций со специалистами и мозгового штурма с авторами на примерах научных работ. Факторы были разделены на два этапа: те, которые влияют на движение пешеходов до остановки и те, которые влияют на движение пассажира до транзитной остановки. Метод априорной ранжирование на основе опроса 50 респондентов определен перечень наиболее влияющих факторов.

Предложенная математическая модель с использованием теории измерений рассматривалась в два этапа. Выявлена теоретическая предпосылка, позволяющая определить местоположение остановок общественного транспорта с учетом основных показателей расстояния, по которому проезжали пешеходы с одной стороны, и движения общественного транспорта с другой.

Ключевые слова. Городской общественный пассажирский транспорт; пешая доступность, анкета, остановка общественного транспорта, априорное ранжирование факторов, теория размерностей.

Baurzhan Zhamanbayev, doctoral student, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan, zhaman78@gmail.com

Saule Bekzhanova, doctor of technical sciences, professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, s.bekzhanova@bk.ru

Adilkhan Raimbayev, candidate of technical sciences, professor, M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan, araimbaev@mail.ru

Elmira Almakhanova, master, M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan, aea-elka@mail.ru

JUSTIFICATION OF THE LOCATION OF PUBLIC TRANSPORT STOPS

Abstract. This article presents the results of a priori ranking analysis to identify important factors affecting the availability of stops. The factors influencing the passage of a passenger to a transport stop were obtained through consultations with specialists and brainstorming with the authors using examples of scientific papers. The factors were divided into two stages: those that affect the movement of pedestrians to the stop and those that affect the movement of the passenger to the transit stop. A priori ranking method based on a survey of 50 respondents identified a list of the most influencing factors.

The proposed mathematical model using the measurement theory was considered in two stages. A theoretical premise has been identified that makes it possible to determine the location of public transport stops, taking into account the main indicators of the distance traveled by pedestrians on the one hand, and public transport traffic on the other.

Keywords. Urban public passenger transport, walking distance, questionnaire, public transport stop, dimensional theory, priori ranking of factors.

****

АВТОМАТТАНДЫРУ, ТЕЛЕМЕХАНИКА, БАЙЛАНЫС, ЭНЕРГЕТИКА, АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕР
АВТОМАТИЗАЦИЯ, ТЕЛЕМЕХАНИКА, СВЯЗЬ, ЭНЕРГЕТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
AUTOMATION, TELEMECHANICS, COMMUNICATIONS, POWER ENGINEERING, INFORMATION SYSTEM

UDC 621.7 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-172-182**

A.S. Madiyarova, M.M. Chazhabayeva, A.Z. Bukayeva✉,
G.Z. Bulekbayeva, A.U.Tabylov
NJS "Caspian University of Technology and Engineering named after Sh.Yesenov", Aktau, Kazakhstan
E-mail: almira.madiyarova@yu.edu.kz

ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES LASER SURFACING IN ADDITIVE MANUFACTURING

Abstract. The prospects for the development of the machine-building complex are largely associated with a reduction in the volume of production waste and the number of operations in the production chain. The realization of this task is possible thanks to the use of technologies that ensure that the workpiece is shaped close to the shape of the finished product in one technological operation. A landmark event in mechanical engineering was the development of additive manufacturing, combining technologies for manufacturing parts based on a three-dimensional CAD model without the use of forming elements and machining.

One of such technologies is three-dimensional shaping by laser surfacing. This method of physical and technical processing uses the energy of laser radiation to melt the surfacing material and the underlying layer in order to form a roller on it, metallurgically connected to the base. Laser surfacing is effective when applying coatings and repairing worn parts.

The article analyzes the technological processes of laser surfacing in additive manufacturing. Laser surfacing, limited in its technological capabilities, has so far been used for surface modification, restoration and production of medium- and large-sized products with low requirements for surface quality, dimensional and shape accuracy and significant allowances for machining.The creation of precision system technology for laser surfacing made it possible to expand the scope of its application into the submillimeter area and develop an independent direction - microlaser surfacing. In the conditions of growing demand for manufacturing technologies of small-sized products, including thin-walled ones, the development of the technological process of microlaser surfacing is an urgent scientific and technical task.

However, its capabilities in the manufacture of small-sized products are limited by the minimal size of the grown element, which, in turn, depends on the size of the impact zone (transverse dimensions of the melt bath and the deposited roller).

For this reason, laser surfacing is traditionally used in the production of medium- and large-sized parts with significant allowances for subsequent machining.

Scientific and technological progress in laser surfacing technology has created prerequisites for the miniaturization of the processing zone of less than 1 mm and the development on this basis of technological processes of laser surfacing in the submillimeter region (microlaser surfacing) to expand the capabilities of the method in the production of small-sized products, which is an urgent task in the conditions of growing demand for-manufacture of small-sized parts.

Keywords. Surfacing, laser, powder, wire, layer.

Introduction.

The prospects for the development of the machine-building complex are largely associated with a reduction in the volume of production waste and the number of operations in the production chain. The realization of this task is possible thanks to the use of technologies that ensure that the workpiece is shaped close to the shape of the finished product in one technological operation. A landmark event in mechanical engineering was the development of additive manufacturing, combining technologies for the manufacture of components based on a three-dimensional CAD model without the use of forming elements and mechanical processing. At the beginning of its development, additive technologies focused on the production of prototypes. Today, they combine a wide class of technological processes for manufacturing products, one of which is three-dimensional shaping by laser surfacing. This method of physical and technical processing uses the energy of laser radiation to melt the filler material entering the processing zone together with radiation and the underlying layer in order to form a surfacing roller on it, metallurgically connected to the base. The relative displacement of the laser beam and the working surface allows the material to be applied along the selected trajectory, and the layered overlay of contours allows the creation of three-dimensional objects [1].

Materials and methods.

The study was carried out using a regression analysis apparatus, by analyzing existing technological processes of laser surfacing in additive manufacturing.

Results.

The technological principle of laser surfacing (Figure 1) in additive manufacturing is commercialized under various trade names: Laser Engineered Net Shaping [2], Direct Metal Deposition [3], etc. The powder, preheated and partially melted during the passage of laser radiation, enters the melt bath formed on the working surface, where it finally melts. Upon crystallization of the resulting melt, a surfacing roller is formed.

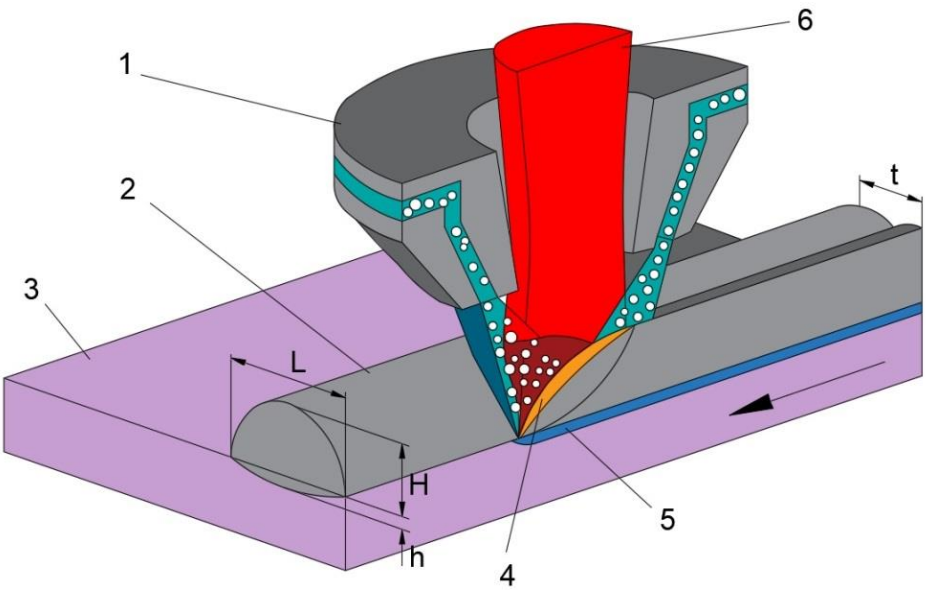


Figure 1 - Diagram of the laser surfacing process and the corresponding input and output values: 1 - coaxial nozzle, 2- surfaced roller, 3- substrate, 4 – melt bath, 5 - thermal influence zone, 6- laser radiation

The presence of a CAD model allows you to automate the process of laser surfacing. By means of special software (software), the part model is divided into a discrete number of layers, for which the trajectory of the tool is calculated and its conversion into a CNC-compatible format is performed. The final file is loaded onto a CNC machine adapted for laser surfacing processes. The growing of the part takes place by layer-by-layer surfacing of the contours.

The device of laser surfacing installations. The layout of the installation for laser surfacing is chosen in accordance with the technological task. The radiation from the source comes through an optical fiber to the lens system, where it is focused. The protective gas enters the treatment area together with laser radiation. The powder dosed by the feeder is transported by the carrier gas through the supply channels to the nozzle, which focuses the powder in the working area. The positioning system provides relative movements of the nozzle and the substrate.

The formation of laser radiation is based on the phenomenon of light amplification through forced emission in an active medium. The active medium, the method of its excitation and the type of resonator determine the spatial structure of the radiation (the configuration of the field in the cross section) and its spectral composition (light wavelength X). Ideally, the laser radiation is an electromagnetic wave of a high degree of monochromaticity, the intensity distribution I (x,y) in the cross section of which corresponds to the Gauss law (Gaussian beam):

$$I(x,y) = I_{max}\left(-\frac{4(x^2+y^2)}{d^2}\right), \quad (1)$$

where I_{max} is the maximum intensity in the beam,

x, y is coordinates in cross section, mm;

d is the diameter of the beam, mm.

When focusing the radiation (Figure 2) at a distance equal to the focal distance of the lens f_{Fok}, a zone of constriction with a focusing diameter d_F is formed, at a distance from which, in the direction of beam propagation *z*, its diameter *d(z)* increases in accordance with the expression [5]:

$$d^2(z) = d_F^2 + \theta^2(z - z_0)^2, \quad (2)$$

where θ is the total divergence angle of the laser radiation, rad;

z_0 is the position of the tie, mm.

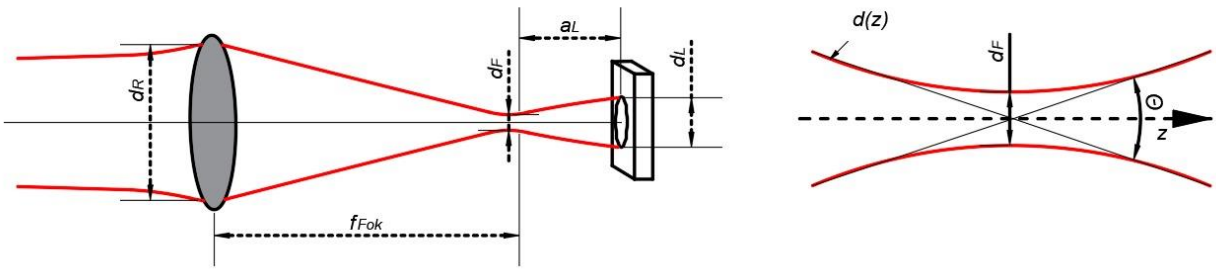


Figure 2 - Radiation focusing scheme

The product of the divergence and the diameter of the constriction remains constant during the propagation of radiation through the optical system and serves as its characteristic, which is called the beam quality parameter VRP [5]. For a Gaussian beam (single-mode radiation) it is valid:

$$BPP = \frac{d_F * \theta}{} = \frac{\lambda}{}. \quad (3)$$

In practice, the transverse spatial structure of the radiation is formed by the superposition of transverse modes of a higher order than the main mode of the Gaussian beam. The divergence and the diameter of the tie increases by a factor of M, and the beam quality parameter is:

$$BPP = \frac{d_F * \theta}{} = M^2 \frac{\lambda}{}. \quad (4)$$

where M^2 - the parameter shows the multiplicity of the increase in the diameter of the real beam with respect to the Gaussian beam at one divergence, and serves to assess the focusability of laser radiation. Taking into account the expression (4), the change in the beam diameter along the propagation axis takes the form:

$$d^2(z) = d_F^2 + \left(\frac{M^2 \lambda z}{}\right)^2. \quad (5)$$

The surfacing process provides for the value of the working margin a_L (Figure 2). The diameter of the focal spot in the working plane d_L can be calculated using the value of the working offset a_L with the known function *d(z)*.

The characteristics of industrial lasers used for laser surfacing processes are presented in Table 1.

Powder or wire is used as a surfacing material. Wire surfacing provides a higher material utilization rate, however, the choice of wire material and its minimum size are limited. Therefore, powder surfacing is more common, for which powders of various fractions (20-150 microns), shape and chemical composition are used.

From the tank, the powder enters the distribution drum, where it is captured and fluidized by the carrier gas.

Table 1 - Characteristics of lasers used for laser surfacing

Name	Type of laser		
	diode	rod	fiber, disk
Power, kW	up to 10	up to 5	up to 16
Wavelength, microns	0,9-1,03	0,355-1,064	1,064
Parameter M^2	>20	min. 1,2	min. 1,05
Spatial beam profile	multimode ("Top-Hat")	multimode	multimode/single-mode (Gaussian)

Fluidization of the powder, depending on the density and particle size, is estimated using the Geldart diagram (Figure 3). The gas-powder mixture enters the feed channel 6 through the exhaust port 5. The pneumatic transportation of powder through the feed channels

is based on the phenomenon of the formation of an aerodynamic field, the characteristics of which are determined by the properties of the powder, its flow rate, flow rate and characteristics of the channel [6].

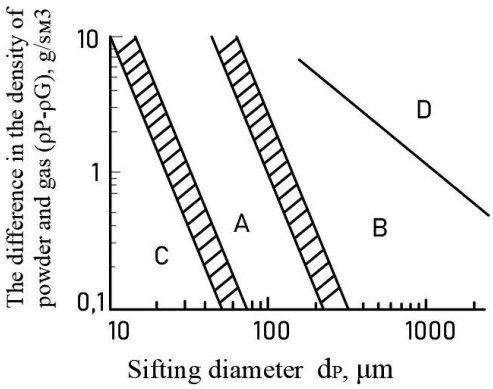


Figure 3 - Geldart diagram:
A- dispersed powder, fluidization with the formation of a uniform flow; B- larger, denser particles than in zone "A", fluidization with the formation of a non-homogeneous flow; C- fine powder, difficulties in fluidization, D-the largest dense particles, uneven fluidization with a fountain

A mixture of gas and powder enters the nozzle through the supply channels, where it is coaxially or laterally fed to the radiation into the treatment area. Coaxial nozzles are made with a conical slit or jet injection. The nozzle design (Figure 4) in combination with the processing parameters affects the interaction of radiation, powder and melt.

The following indicators are used to characterize the nozzle:

– working offset a_n (distance between the lower edge of the nozzle and the substrate surface);

– the minimum size of the focal spot of the powder is d_{FD};

– width of the conical slit b_{RC};
– cross section of the powder nozzle outlet;
– cross section of the protective gas outlet;

– powder nozzle angle θ_{DN};

– guide base l_{RC}.

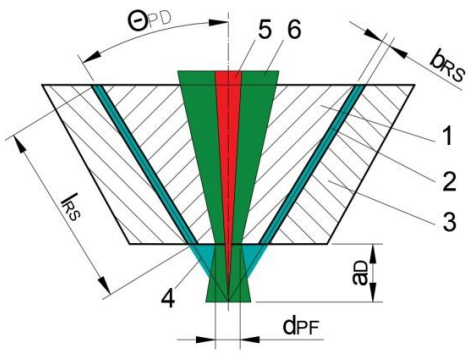


Figure 4 - The structure of a coaxial nozzle with a conical slit:
1- inner cone, 2-conical slit, 3- outer cone, 4 – gas-powder mixture flow, 5-laser radiation, 6 – protective gas

The relative movement of the nozzle and the substrate necessary for growing products is carried out by a positioning system, which is usually used as 5-coordinate CNC milling machines

For a rational choice of modes, the technological process of laser surfacing is presented as a complex system linking the input independent quantities *x1, x2,..., xk* (factors) and the output quantities *Yj* (response functions) by means of a mathematical model (Figure 5).

Individual phenomena observed during laser surfacing are described by constructing appropriate models and verified. However, a full description of the process has not yet been developed.

The application of single rollers is the first stage of the development of the technological process of laser surfacing. The formation of the layer during the cultivation of two- and three-dimensional objects is carried out by applying separate rollers. There are a number of models of coating shaping based on the geometry of the roller [6,7]. The additive model [6], based on a simple summation of the sections in the overlap zone, predicts an abnormal undulation of the surface, not observed in a real experiment. The authors of the work complete the profile of the layer in the zone between adjacent rollers with a rounded curve describing a cross-section with an area equal to the area of a single roller, which also contradicts the experiment. The most adequate recursive model of step-by-step profile calculation [7] is based on three physical assumptions (Figure 6):

- the width of the roller is determined by the processing parameters and does not change its value from pass to pass;
- the shape of the roller is determined by the physical properties of the melt and does not change during overlap;
- the surfacing speed is constant with constant surfacing parameters.

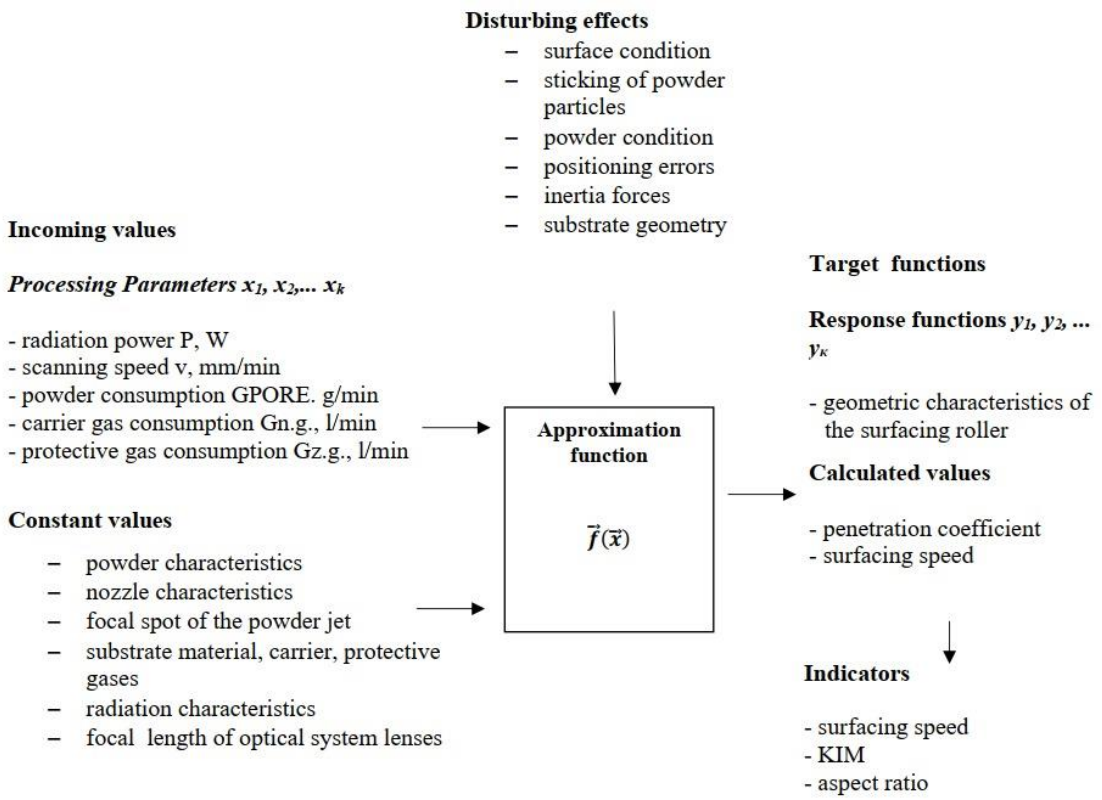


Figure 5 - Formalized representation of laser surfacing as a system of input and output variables

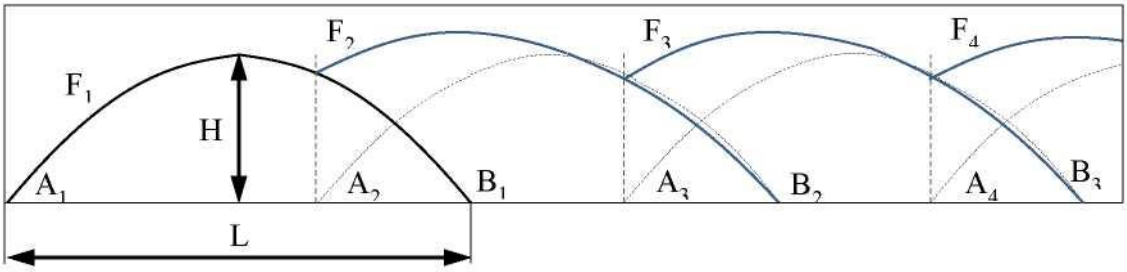


Figure 6 - Schematic representation of a recursive model for calculating the coverage profile: Ai, Bi - the leftmost and rightmost point of the profile of the i-th roller

Process indicators allow you to compare laser surfacing modes in terms of efficiency and facilitate their selection.

The surfacing rate M reflects the productivity of the process and is defined as the mass of the deposited material per unit of time.

The material utilization factor (CMM) is the ratio of the deposited mass to the consumption of the powder $F_{пор}$:

$$K_{им} = \frac{M}{F_{пор}}. \quad (9)$$

Due to the complex mechanism of interaction of radiation, powder and substrate, the energy in the system is distributed unevenly, which leads to fluctuations in the temperature of the particles (Figure 7). Insufficiently heated particles are reflected from the surface, which reduces K_im. The adhesion of heated particles to the hardening melt and fused particles to the substrate increases the roughness of the surface *Ra*.

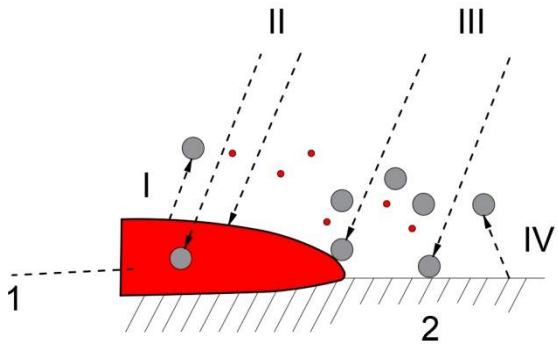


Figure 7 - Diagram of interaction of powder particles with melt and substrate:
1- melt bath, 2-substrate, I-reflection of cold powder particles in the melt bath, II – absorption of molten and partially molten powder particles in the melt bath, III - sticking of heated and partially molten powder particles to the surface of the roller/substrate, IV – reflection of cold powder particles by the substrate

Discussion.

The spread of the values of the input and output values of the laser surfacing process is large (Table 1, 2). In its traditional application, where productivity is of primary importance, high-power diode, fiber and disk lasers are used. The focal spot of the radiation of such lasers is more than 1 mm, and the power is several kW. The size of the melt bath reaches 20 mm, and

the surfacing speed is 250 g/min, and the CMM can reach 95% [9]. When precision processing is required - local surface protection or shaping in the submillimeter region - the possibilities of laser surfacing are limited by the minimum size of the melt bath formed when exposed to radiation, and after its crystallization - a single roller [10].

Table 2 - Range of values of parameters of traditional laser surfacing [8]

Name	Designation	Meaning
Power, W	P	200-4000
Beam diameter, mm	d	0,6-8
Scanning speed, mm/min	V	200-20000
Powder consumption, g/min	$F_{ПОР}$	0,5-300
Carrier gas consumption, l/min	$F_{Н,Г,}$	2-15
Protective gas consumption, l/min	$F_{З,Г,}$	2-15

In view of the described technological features, the possibilities of laser surfacing in terms of surface quality, accuracy of dimensions and shape of products are limited by the minimum size of the impact zone and the resulting roller, which is usually several millimeters. As a result, laser surfacing is widely used for the repair of worn parts, surface modification and manufacture of medium- and large-sized products with low requirements for surface quality, dimensional accuracy and significant allowances for machining. According to research data, the consumption of the main share of laser additive manufacturing products falls on knowledge-intensive industries: 17% - automobile construction, 14% - medicine and 10% - aviation. At the same time, 38% of industrial equipment is operated in the USA, 9.7% - in Japan, 9.4% - in Germany. The introduction of additive technologies in domestic mechanical engineering is of a single nature.

Conclusion.

Laser additive technologies combine a wide class of technological processes for the manufacture of products, the most common of which is laser surfacing. Laser surfacing, limited in its technological capabilities, has so far been used for surface modification, restoration and production of medium- and large-sized products with low requirements for surface quality, dimensional and shape accuracy and significant allowances for machining.The creation of precision system technology for laser surfacing made it possible to expand the scope of its application into the submillimeter area and develop an independent direction - microlaser surfacing. In the conditions of growing demand for manufacturing technologies of small-sized products, including thin-walled ones, the development of the technological process of microlaser surfacing is an urgent scientific and technical task.

REFERENCES

[1] Grigoryants A.G. Technological processes of laser processing [text]: textbook. staff for universities/A. G. Grigoryants, I. N. Shiganov, A. I.Misyurov ; edited by A. G. Grigoryants. — M.: Bauman Moscow State Technical University. - 2006. -663 p.

[2] Keicher D.M. Free form fabrication using the laser engineered netshaping (LENS) process [text]/D.M. Keicher, J.A. Romero, C.L. Atwood et al. //World congress on powder metal-lurgy and particulate materials: proceedings of the confetence. — Washington, USA, June 16-21, 1996. — P. 125-131.

[3] Skszek T.W. Die reconfiguration und restoring using laserbased deposition [text] / T.W. Skszek, M.T.J. Lowney // Solid Freeform Fabrication Symposium: proceedings of the con-ference. — Austin, USA, August 7-9, 2000.- p. 219-226.

[4] Klocke F. Controlled Metal Build Up (CMB): Fast manufacture of high strenght tools of steel [text]/F. Klocke, C. Freyer // International User's Conference on Rapid Prototyping & Rapid Tooling and Rapid Manufacturing: proceedings of the conference. — Amsterdam, Holland, May 28-30, 2001. — ISBN 3-00-007945-9.

[5] Hügel H. Laser in der Fertigung: Strahlquellen, Systeme, Fertigungsverfahren [text]/H. Hügel, T. Graf. — Wiesbaden: Teubner. — 2009. — 404 p.

[6] Li, Y. Study on the overlapping in the laser cladding process [text]/Y. Li, J. Ma//Surface & Coatings Technology. — 1997. — №90. — P. 1-5.

[7] Ocelik V. On the geometry of coating layers formed by overlap [text]/V. Ocelik, O. Ne-nadl, A. Palavra et al.//Surface & Coatings Technology. — 2014. —№242. —P. 54-61.

[8] Nowotny S. Laser Auftragschweißen: Präzision unf Produktivität beim Beschichten, Generieren und Reparieren [text]/S. Nowotny // Termisches Beschichten mit laserbasierten Fertigungsverfahren: proceedings of the symposium. — Dresden, Germany, March 7-10, 2010.

[9] Nowotny S. Präzisionsauftragshweißen mit laserbasierten hybriden Fertigungsverfahren [text]/S. Nowotny, S. Scharek, F. Kempe et al. // Werkstattstechnik online Jahrgang. - 2003. — No.93. — pp. 737-739.

[10] Smurov I.Yu. On the introduction of additive technologies and production in the domestic industry [text]/I.Yu. Smurov, S.G. Konov, D.V. Kotoban//News of material Science. Science and technology. - 2015. — No. 2. - pp. 11-22.

Альмира Мадиярова, PhD, Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау, Қазақстан, almira.madiyarova@yu.edu.kz

Маржан Чажабаева, т.ғ.к., Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау, Қазақстан, mazan68@mail.ru

Амина Букаева, PhD, Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау Қазақстан, amina.bukayeva@yu.edu.kz

Гульмира Булекбаева, PhD, Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау, Қазақстан, gulmira.bulekbayeva@yu.edu.kz

Абзал Табылов, т.ғ.к., доцент, Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, Актау, Қазақстан, tabylov62@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІ ТАЛДАУ АДДИТИВТІ ӨНДІРІСТЕ ЛАЗЕРЛІК БАЛҚЫТУ

Аңдатпа. Машина жасау кешенін дамыту перспективалары өндіріс қалдықтары көлемінің және өндірістік тізбектегі операциялар санының азаюымен айтарлықтай байланысты. Бұл тапсырманы бір технологиялық операцияда дайын өнімнің пішініне жақын дайындаманы беруді қамтамасыз ететін технологияларды қолдану арқылы жүзеге асыруға болады. Машина жасаудағы маңызды оқиға форма түзуші элементтер мен механикалық өңдеуді қолданбай үш өлшемді CAD моделі негізінде бөлшектерді өндіру технологияларын біріктіретін аддитивті өндірістің дамуы болды.

Осындай технологиялардың бірі-лазерлік балқымамен үш өлшемді қалыптау. Физика-техникалық өңдеудің бұл әдісі негізге металлургиялық байланысты роликті қалыптастыру мақсатында беткі материалды және оның астындағы қабатты балқыту

үшін лазерлік сәулелену энергиясын пайдаланады. Лазерлік қаптау тозған бөлшектерді жабу және жөндеу кезінде тиімді.

Мақалада аддитивтік өндірістегі лазерлік балқытудың технологиялық процестеріне талдау жасалды. Технологиялық мүмкіндіктерімен шектелген лазерлік беткі қабат осы уақытқа дейін бетінің сапасына, өлшемдері мен пішінінің дәлдігіне және айтарлықтай өңдеу жәрдемақыларына төмен талаптары бар орташа және үлкен өлшемді бұйымдардың бетін өзгерту, қалпына келтіру және өндіру үшін қолданылған. Лазерлік балқытуға арналған дәл жүйелік техниканы құру оның қолдану аясын субмиллиметрлік аймаққа кеңейтуге және тәуелсіз бағытты - микролазерлік балқытуды дамытуға мүмкіндік берді. Шағын өлшемді бұйымдарды, соның ішінде жұқа қабырғалы бұйымдарды өндіру технологияларына сұраныстың артуы жағдайында микролазерлі балқытудың технологиялық процесін әзірлеу өзекті ғылыми-техникалық міндет болып табылады.

Алайда, оның кішігірім өнімдерді өндірудегі мүмкіндіктері өсірілетін элементтің минималды мөлшерімен шектеледі, бұл өз кезегінде әсер ету аймағының мөлшеріне байланысты (балқытылған ванна мен балқытылған роликтің көлденең өлшемдері).

Осы себепті лазерлік балқыту дәстүрлі түрде кейінгі механикалық өңдеуге айтарлықтай жәрдемақысы бар орташа және үлкен өлшемді бөлшектерді өндіруде қолданылады.

Лазерлік балқыту техникасындағы ғылыми-техникалық прогресс өңдеу аймағын 1 мм-ден аз миниатюризациялау үшін алдын ала сілтемелер жасады және осы негізде шағын көлемді бұйымдар өндірісінде әдістің мүмкіндіктерін кеңейту үшін субмиллиметрлік аймақта лазерлік балқытудың технологиялық процестерін (микролазерлік балқыту) әзірледі, бұл өндірістегі технологияларға сұраныстың артуы жағдайында өзекті міндет болып табылады. Шағын өлшемді бөлшектерді өндіру.

Түйінді сөздер. Беткі қабат, лазер, ұнтақ, сым, қабат.

Альмира Мадиярова, PhD, Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш.Есенова, Актау, Казахстан, almira.madiyarova@yu.edu.kz

Маржан Чажабаева, к.т.н., Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш.Есенова, Актау, Казахстан, mazan68@mail.ru

Амина Букаева, PhD, Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш.Есенова, Актау, Казахстан, amina.bukayeva@yu.edu.kz

Гульмира Булекбаева, PhD, Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш.Есенова, Актау, Казахстан, gulmira.bulekbayeva@yu.edu.kz

Абзал Табылов, к.т.н., доцент, Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш.Есенова, Актау, Казахстан, tabylov62@mail.ru

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ В АДДИТИВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Аннотация. Перспективы развития машиностроительного комплекса в значительной мере связаны с сокращением объема отходов производства и числа операций в производственной цепи. Реализация этой задачи возможна благодаря применению технологий, обеспечивающих придание заготовке формы, близкой к форме готового изделия, за одну технологическую операцию. Знаковым событием в машиностроении стало развитие аддитивного производства, объединяющего технологии

изготовления деталей на основе трехмерной *CAD*-модели без использования формообразующих элементов и механической обработки.

Одной из таких технологий является трехмерное формообразование лазерной наплавкой. Данный метод физико-технической обработки использует энергию лазерного излучения для оплавления наплавочного материала и нижележащего слоя с целью формирования на нем валика, металлургический связанного с основой. Лазерная наплавка эффективна при нанесении покрытий и ремонте изношенных деталей.

В статье проведен анализ технологических процессов лазерной наплавки в аддитивном производстве. Лазерная наплавка, ограниченная в своих технологических возможностях, до сих пор применялась для модификации поверхности, восстановления и производства средне- и крупногабаритных изделий с невысокими требованиями к качеству поверхности, точности размеров и формы и значительными припусками на механическую обработку.Создание прецизионной системной техники для лазерной наплавки позволило расширить область ее применения в субмиллиметровую область и развить независимое направление - микролазерную наплавку. В условиях растущего спроса на технологии изготовления малоразмерных изделий, в том числе тонкостенных, разработка технологического процесса микролазерной наплавки является актуальной научно-технической задачей.

Однако, ее возможности в изготовлении малоразмерных изделий ограничены минимальным размером выращиваемого элемента, который, в свою очередь, зависит от размера зоны воздействия (поперечные размеры ванны расплава и наплавленного валика).

По этой причине лазерную наплавку традиционно применяют при производстве средне- и крупногабаритных деталей со значительными припусками на последующую механообработку.

Научно-технический прогресс в технике для лазерной наплавки создал предпосылки для миниатюризации зоны обработки менее 1 мм и разработки на этой основе технологических процессов лазерной наплавки в субмиллиметровой области (микролазерная наплавка) для расширения возможностей метода при производстве малоразмерных изделий, что является актуальной задачей в условиях растущего спроса на технологии изготовления малогабаритных деталей.

Ключевые слова. Наплавка, лазер, порошок, проволока, слой.

****

UDC 004.83 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-183-190**

J.B. Polatova, G.S. Bukenov, I.N. Bukenova
Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: ibukenowa@mail.ru

DEVELOPMENT OF AN INFORMATION APPLICATION OF AN ONLINE EXCHANGE OFFICE FOR CRYPTOCURRENCY

Abstract. The emergence of cryptocurrency in the modern world has radically changed the attitude of investors to many financial instruments and assets. Bitcoin managed to earn a lot of amazing capitals, and today many people are striving to get into this trend. An excellent solution for automating the workflow with small amounts of money has become an online exchanger. This article discusses a program developed by the authors for currency exchange, money conversion. The program created for this work uses MD5 hashing algorithm. The main purpose of this study is to implement a complete control of the financial activity of the foreign exchange bureau, as well as to provide electronic accounting of receipts and expenditures. The main advantage of this currency exchange program is that it helps limit the potential losses caused by currency fluctuations.

Keywords. Cryptocurrency, Bitcoin, exchange office, encryption, RSA, MD5.

Introduction.

Nowadays, when storing all data in the cloud and on the Internet, it is very important to ensure data security in the first place. To encrypt personal data, it is necessary to use the most secure algorithms. Online cryptocurrency exchange point is a special service, a website often used by the cryptocurrency community, users of online platforms. You can use them to convert Bitcoin, Etherium and other digital coins into fiat currency and vice versa.

The quotation of the exchange bureau should be competitive, and the exchange rate and commission should not be lower than the average quotation on the market. The average rate can be seen on Coinmarketcap, but you need to compare it with the rate of your competitors (the rate will be higher). Some exchanges increase the exchange rate, but receive a lower commission, others do the opposite.

Materials and Methods.

In the program created for this work, all transactions are performed using the RSA encryption method. Due to the high security, new technologies do not prevent the use of RSA today, for example, for the transmission of encrypted keys [2].

The RSA cryptosystem has some data:

- K_B public key, say recipient B;
- k_B key;
-message M;
- ciphertext C

This data is taken from a set of integers. $Z_n=\{0,1,2,\ldots,n-1\}$, where n is a module, $n=p\cdot q$

Here p and q are random prime numbers.

p and q are chosen so that they have the same length and remain confidential, which is necessary for maximum security.

The set Z_n forms a modulo n arithmetic with addition and multiplication operations modulo n.

The K_B public key for the following conditions is chosen randomly:

$$1 << K_B << \varphi(n),$$
$$НОД(K_B, \varphi(n))=1$$
$$\varphi(n) = (p-1)\cdot(q-1), \quad (1)$$

Here $\varphi(n)$ is an Euler function.

The Euler function $\varphi(n)$ shows the number of natural numbers that are prime to n in the range from 1 to n. The second of these conditions states that the K_B public key and the Euler function $\varphi(n)$ must be mutually prime.

Then the secret key K_B is computed using the extended Euclidean algorithm satisfying the following conditions: $k_B \cdot K_B = 1(mod\ \varphi(n))$ or

$$k_B = K_B^{-1}\ (mod(p-1)\cdot(q-1)). \quad (2)$$

The recipient B knows a pair of prime numbers (p, q). This gives him an easy way to find $\varphi(n)$, and the problem can be solved. It should also be noted that k_B and n must be prime numbers.

To encrypt the data one must use the public key K_B. And to decrypt it, the hidden key k_B is used [1].

After the cryptographic transformation of the cipher C using the pair " K_B of the public key, message M" can be determined by the following formula [2]:

$$C = E_{K_B}(M) = E_B(M) = M^{K_B}(mod\ n). \quad (3)$$

Squaring all M and multiplying it again by M modulo n as an algorithm for fast computation of the cryptogram C uses a series of operations.

Inverse function $C = M^{K_B}(mod\ n)$. From this we see that in practice it is impossible to find the value of M by the known C, K_B and n at $n \approx 2^{512}$. But the inverse problem or decryption of C-cryptogram with a secret key k_B and ciphertext C can be solved by the following formula:

$$M = D_{k_B}(C) = D_B(C) = C^{k_B}(mod\ n). \quad (4)$$

The decoding process can be described as follows: $D_B(E_B(M)) = M$.

MD5 encryption method. The program created for this job created all the logins and passwords in the database using the MD5 encryption method.

First, let's look at the hash function. It takes as input a number of rotating bits and outputs a hash code of length - a fixed path. The hash code is called a message digest, in the case when targeting a hash function is very difficult. The computational algorithm digest - message digest assumes a unique hash code.

MD5 encryption is a hashing method that includes a "print" or "number" for the next authentication process. In this way, you can make sure that the information is secure. It should be noted that the 128-bit hashing method allows you to store passwords [4].

The hash amount is a hexadecimal notation. MD5 is of a similar type. MD4 was a previous algorithm, but it was not as reliable. And so it was replaced by an improved one. Its work is a process of converting the original information in a certain order, in a certain number of bits, in a system of calculating the calculated value. So, hash code, hash, hash sum are basic concepts.

When it is necessary to additionally verify the integrity of the information, a hashing algorithm is used. This process is performed in the initial hashing step by the MD5 function.

Then the obtained values are validated. When the test is complete, the process of comparing and tracing the original values takes place. If the values match, there is no cause for concern. If the values diverge, the integrity and security of the information is compromised [7].

The user can use the MD5 hashing algorithm to check the security of files downloaded from the Internet. The HashTab utility helps here. This software allows you to change the properties of files and also use hash coding algorithms. The utility is publicly available and can be downloaded for free.

You can also use this method of coding information yourself when developing web applications. When creating and configuring a script, panel or authentication system can be hash code generation for individual strings [6].

Results and discussion.

The hidden key k_B and a pair of numbers *(p, q)* is protected by the recipient *B*, which makes up the cryptosystem. Their Product gives the value of modulo *n*. Also, the recipient B is aware of the value of the public key *Kв* and the modulus *N*. The cracker, on the other hand, is only aware of *Kв* and *n*. If the cracker can classify the value of n by the factors *p* and *q*, then he could know the numbers "hidden step $\{p,q,K_B\}$". And thus calculate the value $\varphi(n)=(p-1)(q-1)$ of the Euler function and determine the value of the hidden key *kB*. Here it must be the condition that the chosen lengths of *p* and *q* must be at least 100 decimal places. In this case, the calculated number n cannot be classified as a multiplier. For example, suppose an attacker intercepts all messages from an open channel and learns the symbols $e=37$, $n=77$, $y1=47$, $y2=1$. But based on this intermediate data, the attacker cannot know the original ciphertext. The cipher text decryption task in particular is equivalent to the classification of large numbers (small 77 digits in the example).

Developed foreign exchange software allows companies to buy and manage foreign currency to support international transactions.

Cryptocurrency implemented bitcoin, cryptocurrency etherium and e-wallets PayPal, Yandex, money by online conversion system [8]. When logging into the system, any user from the home page can change the desired currency to another, and to facilitate the user, the system has a calculator, which is shown in Figure 1.

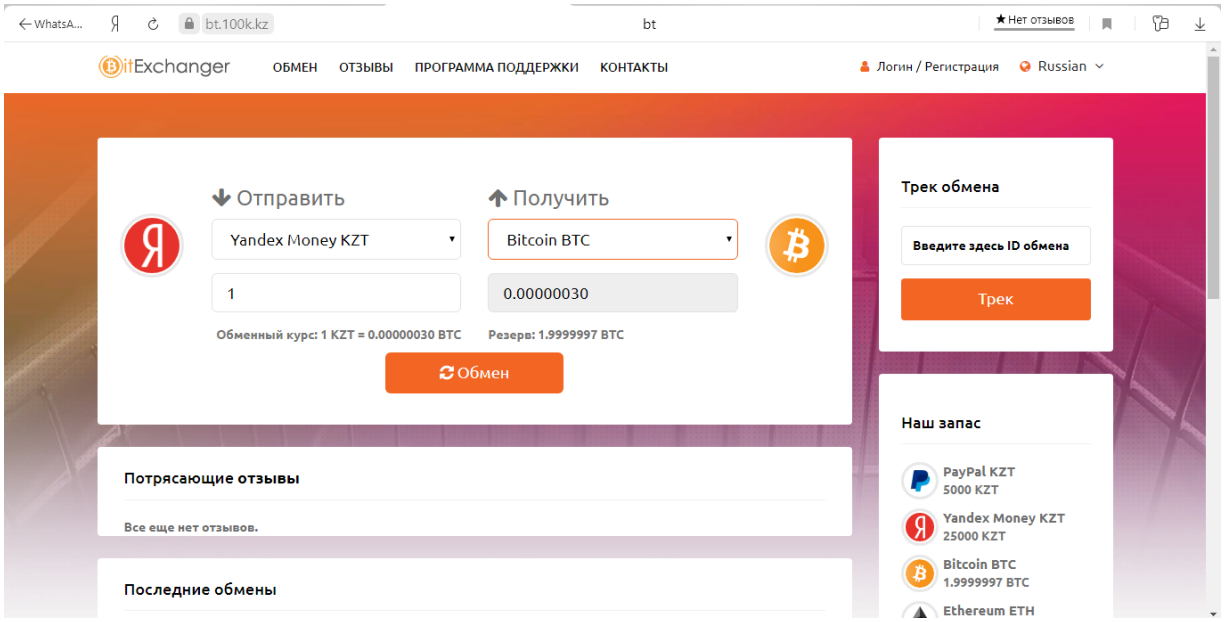


Figure 1-Main page

If the user has selected the desired item, click "Exchange" button, you will need to fill bitcoin or wallet address, specifying where to transfer the mail and money or cryptocurrency, as shown in Figure 2. This is the type of exchange without the user registering. If the user registers and then re-enters the system to exchange, he or she will undergo a special verification for self-approval.

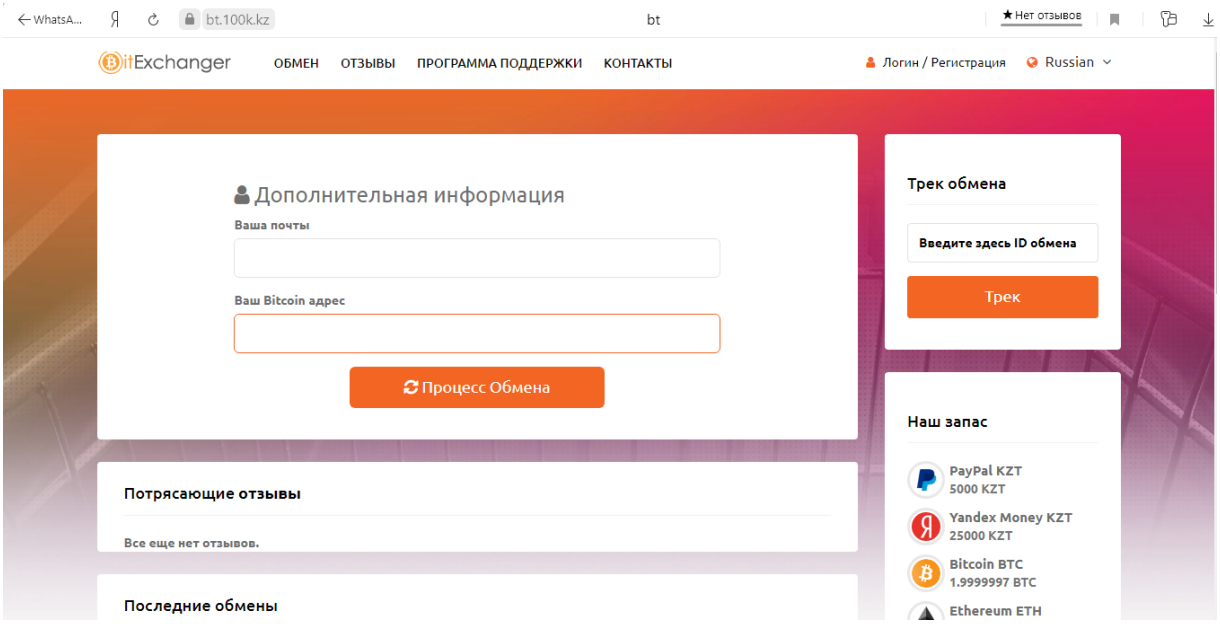


Figure 2 - Buying Bitcoin

When the user fills in all the necessary data, the request is sent for processing. At the bottom of the main page, the latest conversions and their status are displayed, i.e. the user keeps track of his request, Figure 3.

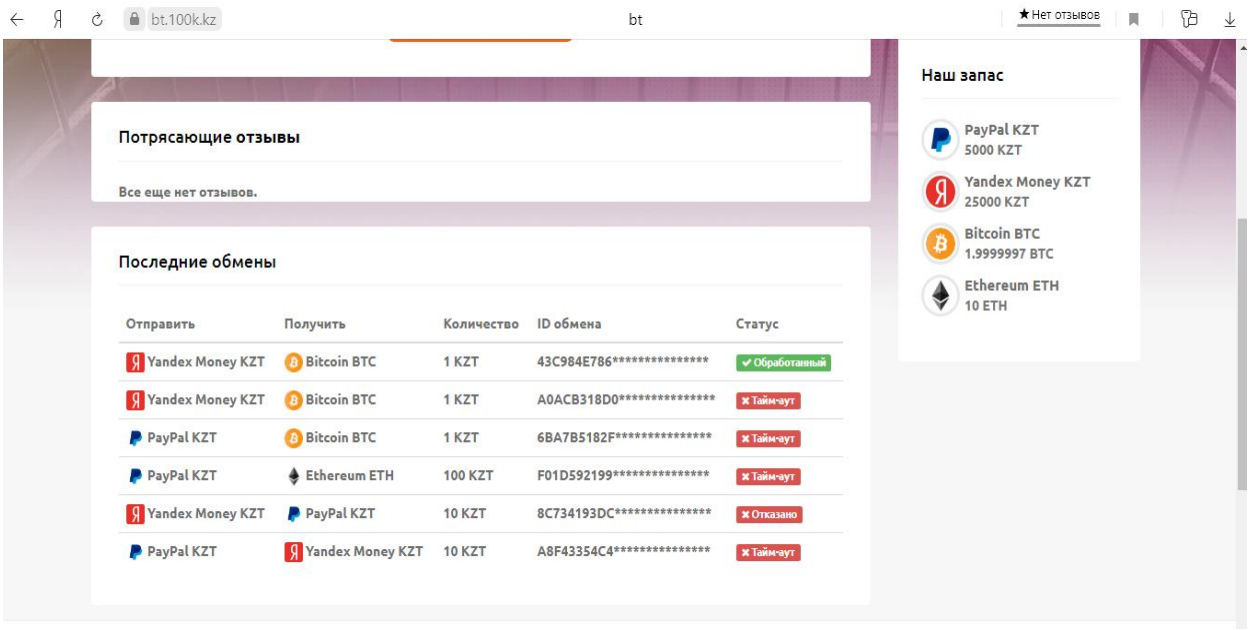


Figure 3-Recent conversions

Now let's look at the admin job, the admin job is the most important and complex job in the program. Figure 4.

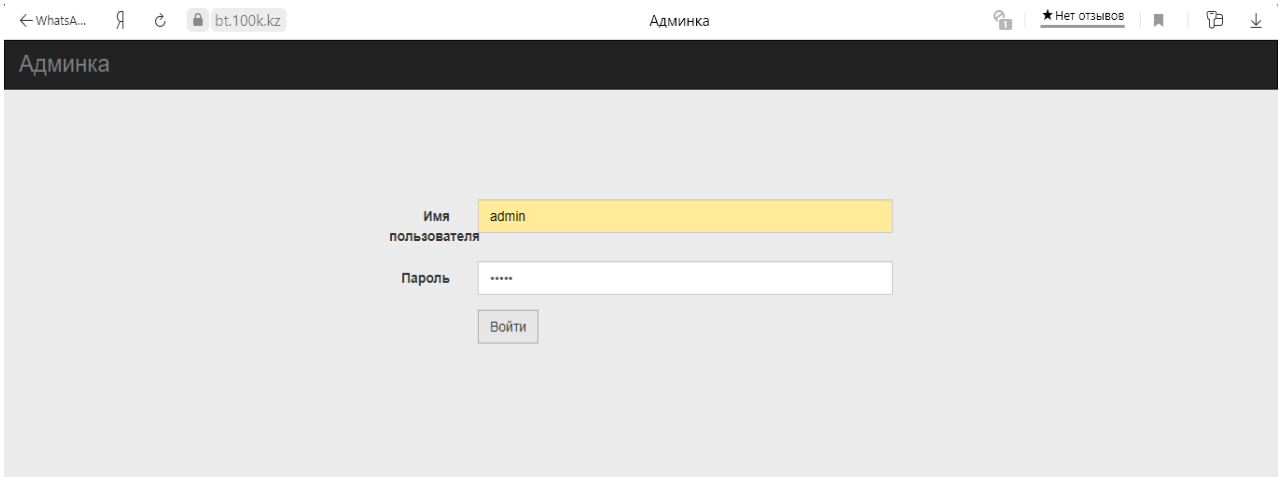


Figure 4-Administrator login page

When you log in, you see the main page and the menu is located on the left, Figure 5.

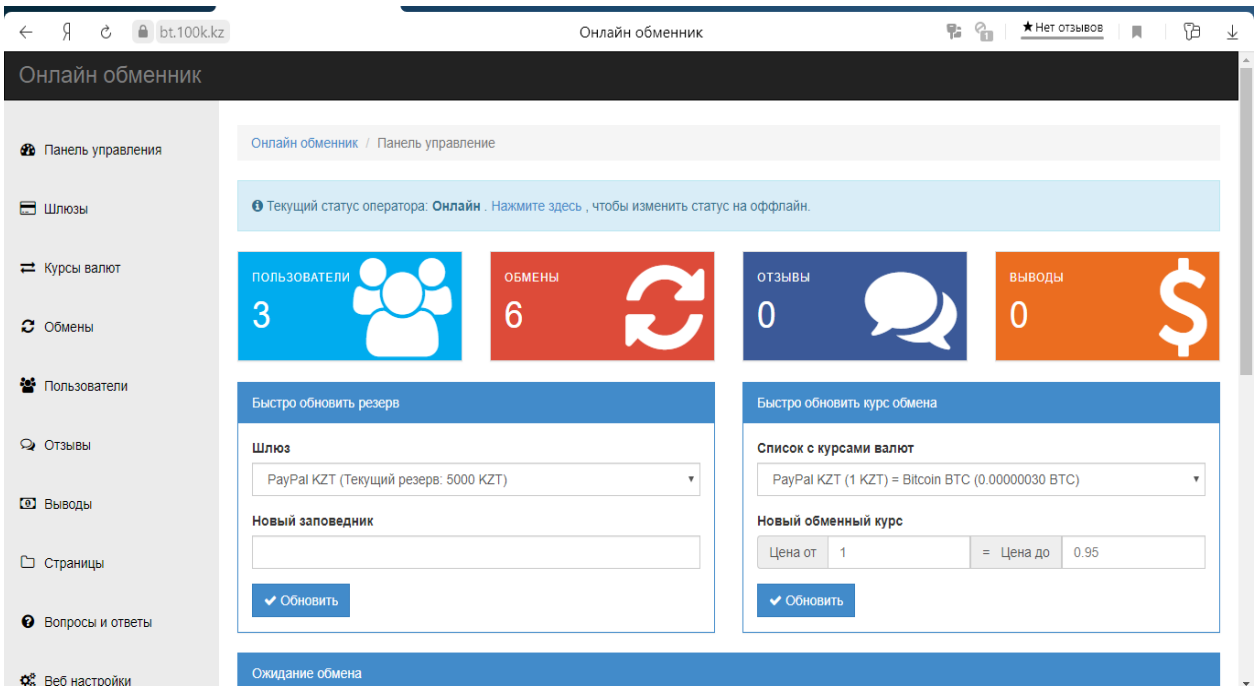


Figure 5-Main page of the admin

In it you can handle payment gateways, through which you can make payments. This is shown in Figure 6.

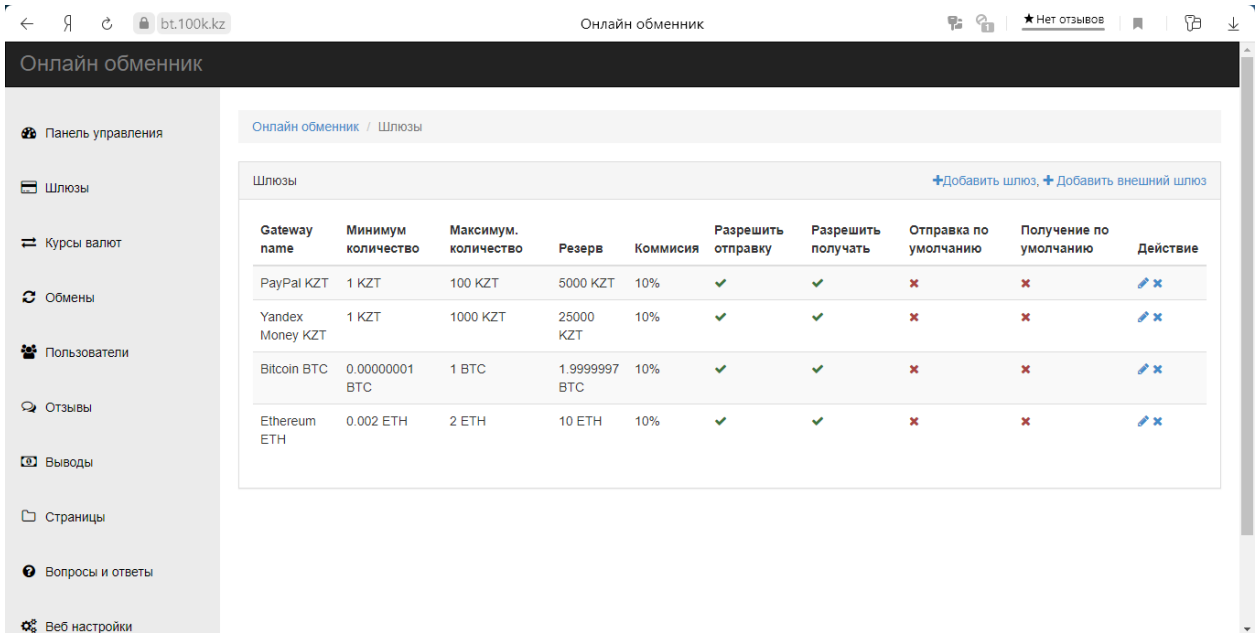


Figure 6 - Payment gateways

Also in the menu of administrator's work will be written page of user settings, conversion processing, history of conversion of money or cryptocurrency. The admin can customize all the pages. In the Questions and Answers section you can write the most common questions and answers. In the Settings section you can change all the additional information on the site.

The home page also has a Support Programs section, where the affiliate program is located. And the Contact section contains contacts and a feedback form. The main page also displays a list of the most frequently asked questions. Information about the company is also on the main page. It has been placed on the site as a simple text. The system has also developed a registration system for regular users.

Conclusion.

Today, cryptocurrencies continue to grow. Thus, the number of users of electronic money is steadily increasing. The popularity of bitcoin has led to the emergence of other cryptocurrencies, which with not high popularity and opportunities will grow along with bitcoin. In some countries, including Kazakhstan, explaining the concern for people with cryptocurrencies began to fight. Throwing them into the struggle the collapse of cryptocurrencies happened because of bitcoin. The struggle is related to the desire to fix the emission function of the currency, due to which the authorities are in the hands of the state and prevent the creation of alternative sources of emission, which are not the means of payment regulated by any state. Nevertheless, they cannot physically prohibit cryptocurrency transactions on the Internet. However, to prohibit the mining of cryptocurrencies, including bitcoins, requires access to every computer device, which is prohibited by the laws of many countries as an invasion of privacy [9].

Initially, it was difficult to buy and exchange cryptocurrencies. But in the era of technology and the development of the Internet exchanges began to open the purchase of cryptocurrencies and optimize the conversion. So far, online conversion is considered a very convenient system even for the common man. Summarizing all the studied information, today there are about 8000 types of cryptocurrencies, well, and of course enough online exchangers.

When creating an online exchange point, the system is clear, reliable for any user and will be in demand, the exchange will happen quickly.

The software developed by the authors can be used by accountants and other specialists, who are responsible for the purchase and sale of foreign currency. The main advantage of this currency exchange software is that it helps limit the potential losses caused by currency fluctuations.

I recommend using an online exchange for exchanging or buying cryptocurrencies.

REFERENCES

[1] Aleks Fork, Bitcoin. Bol'she chem den'gi/Aleks Fork. - 2016. - 280 c.

[2] Natanijel' Popper, Cifrovoe Zoloto. Neverojatnaja istorija bitkojna ili o tom, kak idealisty i biznesmeny izobretajut den'gi zanovo/Natanijel' Popper. - 2016. - 350 c.

[3] Pol Vin'ja, Majkl Kejsi − Jepoha kriptovaljut. Kak bitkojn i blokchejn menjajut mirovoj jekonomicheskij porjadok // Mann, Ivanov i Ferber, - 2017.

[4] Novosti i sobytija seti Bitcoin, http://bitcoin-info.net/.

[5] Kak otkryt' obmennik kriptovaljuty s nulja, s chego nachat' i skol'ko mozhno zarabotat', https://abcbiznes.ru/kriptovaljuta/17163-kak-otkryt-obmennik-kriptovaljuty.html.

[6] Kak sozdat' obmennik kriptovaljut s nulja, https://5bitcoin.ru/kak-sozdat-obmennik-kriptovaljut/.

[7] Singh S. Kniga shifrov. Tajnaja istorija shifrov i ih rasshifrovki. - M.: Ast, Astrel', 2006. 447 s.

[8] Baujer F. Rasshifrovannye sekrety. Metody i principy kriptologii. - M.: Mir, 2007. 550 c.3.

Жансая Полатова, лектор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, polatova.z@mail.ru

Гани Букенов, лектор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, gani1212@bk.ru

Индира Букенова, магистр, лектор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, ibukenowa@mail.ru

КРИПТОВАЛЮТАҒА ОНЛАЙН АЙЫРБАСТАУ ПУНКТІНІҢ АҚПАРАТТЫҚ ҚОСЫМШАСЫН ӘЗІРЛЕУ

Андатпа. Қазіргі әлемде криптовалютаның пайда болуы инвесторлардың көптеген қаржы құралдары мен активтерге қатынасын түбегейлі өзгертті. Биткоин көптеген таңғажайып капиталды таба алды, және бүгінде көптеген адамдар осы үрдіске түсуге тырысады. Интернеттегі айырбастау пункті аз мөлшерде жұмыс процесін автоматтандырудың тамаша шешімі болды. Мақалада авторлар әзірлеген валюта айырбастау, ақша айырбастау бағдарламасы қарастырылады. Бұл жұмыс үшін жасалған бағдарламада MD5 хэштеу алгоритмі қолданылады. Осы зерттеудің негізгі мақсаты валюта айырбастау пунктінің қаржылық белсенділігін толық бақылауды жүзеге асыру, сондай-ақ түсімдер мен шығыстардың электрондық есебін қамтамасыз ету болып табылады. Бұл валюта айырбастау бағдарламасының басты артықшылығы-бұл валюта бағамдарының ауытқуынан туындаған ықтимал шығындарды шектеуге көмектеседі.

Түйінді сөздер. Криптовалюта, Bitcoin, айырбастау пункті, шифрлау, RSA, MD5.

Жансая Полатова, лектор, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, polatova.z@mail.ru

Гани Букенов, лектор, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, gani1212@bk.ru

Индира Букенова, магистр, лектор, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, ibukenowa@mail.ru

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ОНЛАЙН ОБМЕННОГО ПУНКТА НА КРИПТОВАЛЮТУ

Аннотация. Появление криптовалюты в современном мире коренным образом изменило отношение инвесторов ко многим финансовым инструментам и активам. По биткоину удалось заработать много удивительных капиталов, и сегодня многие стремятся попасть в этот тренд. Отличным решением для автоматизации рабочего процесса с небольшими суммами стал онлайн обменный пункт. В статье рассматривается разработанная авторами программа для обмена валюты, конвертации денежных средств. В программе, созданной для этой работы, используется алгоритм хеширования MD5. Основная цель данного исследования заключается в осуществлении полного контроля финансовой активности пункта обмена валют, а также обеспечение электронного учета поступлений и расходов. Основное преимущество данной программы для обмена валюты заключается в том, что оно помогает ограничить потенциальные убытки, вызванные колебаниями валютных курсов.

Ключевые слова. Криптовалюта, Bitcoin, обменный пункт, шифрование, RSA, MD5.

****

ӘОЖ-519.688 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-191-199**

Ж.Н. Алимбаева[1,2]✉, К.А.Ожикенов[1], А.К. Еркебай[1], Ч.А. Алимбаев[1,3], А.К. Ожикенова[1]
[1]Satbayev University, Алматы, Қазақстан
[2]Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан
[3]Академик *Ө*.А. Жолдасбеков *атындағы* Механика және машинатану институты, Алматы, Қазақстан
E-mail: chingiz_kopa@mail.ru

МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСІНІҢ КӨМЕГІМЕН ЖҮРЕК АУРУЫН БОЛЖАУ

Аңдатпа. Мүгедектік пен өлім деңгейінің жоғары болуына байланысты жүрек-қан тамырлары ауруларын дер кезінде анықтау маңызды мәселе болып отыр. Бұл мақалада машиналық оқыту алгоритмдерін қолданып электрокардиосигналды өңдеу арқылы жүрек ауруын болжауға зерттеу жүргізілген. Жалпы, зерттеу барысында әртүрлі машиналық оқыту алгоритмдерімен 50000-нан астам сандық эксперимент жүргізілді. Салыстырмалы талдау негізінде машиналық оқытудың үлгілері мен әдістері таңдалып, ең жоғары жақсы көрсеткіш нәтиже берді. Зерттеуге келесі әдістер қолданылды: тірек векторлық машинасы, шешімдер ағашы, Байес классификаторы, логистикалық регрессия, k-жақын көршілер, кездейсоқ орман, терең нейрондық желілер. Таңдалған модельдер параметрлерді анықтау және тиімді қолдану үшін ұсынылды.

Түйінді сөздер. Машиналық оқыту, кардиосигналды талдау, сигналды өңдеу, нейрондық желілер, жүрек соғысын болжау, ЭКГ.

Кіріспе.

Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының мәліметтері бойынша жүрек-қан тамырлары ауруларының (ЖҚТА) өлімі әлемдегі ұзақ уақыт бойы басты жетекші орын алады. Бірақ Ресей мен Қазақстан тұрғындары, мысалы Еуропа елдерімен салыстырғанда, қан айналымы жүйесінің ауруларынан екі есе жиі қайтыс болады. Басқаларға қарағанда, созылмалы жүрек жеткіліксіздігі бар адамдарға қауіп төндіреді, бұл көбінесе аурудың шығу тегі әртүрлі артериялық гипертензия, жүректің ишемиялық ауруы, ревматикалық ақаулар және қаназдық нәтижесінде дамиды.

Аурудан зардап шеккендердің өмірі мен денсаулығын сақтау, мүгедектік пен өлімді азайту үшін уақытылы медициналық көмектің шешуші маңызды рөлі бар. Ұзақ мерзімді, өмір бойы дәрі-дәрмекпен емдеу, сондай-ақ аурулардың ерте бастапқы профилактикасына көңіл бөлу қажеттілігін талап етеді. Өмірге қауіп төндіретін аритмияның қаупін азайту үшін электрокардиосигналдарды (ЭКГ) диагностикалау және өңдеу жүйелерін жетілдіру қажет. Қолданыстағы зерттеулердің маңызды бөлігі жүрек ауруын болжау үшін машиналық оқыту алгоритмдерін ұсынады.

Материалдар мен әдістер.

Машиналық оқыту әдістеріне негізделген интеллектуалды жүйелер дәстүрлі әдістермен салыстырғанда кейбір жүрек ауруларын ерте кезеңде, тіпті күрделі кіріс деректерімен де дәл болжауға қабілетті. Жүрек-қан тамырлары ауруларын болжау және денсаулыққа қауіп деңгейін анықтау үшін терең оқытуды қолдануы бар кеңейтілген конволюциялық нейрондық желі [1] әзірленген. Сынақ нәтижелері терең нейрондық желі, қайталанатын нейрондық желі және нейрондық желі ансамблі әдісі сияқты тәсілдермен салыстыруын көрсетті. Жүйе медициналық интернет платформасында және медициналық шешімдерді қолдау жүйесінде жүзеге асырылған. Жүрек ауруының болуы

векторлық тірек машиналар, k-жақын көршілер, нейрондық желілер және логистикалық регрессия арқылы анықталған. Жұмыстың орындалу кезеңінде [2] жедел миокард инфарктісінен кейін тахиаритмияның болжамды үлгілерін құру үшін машиналық оқыту әдістері қолданылған.

Әдебиеттерге талдау жасау барысында жақсы дамыған математикалық аппарат және клиникалық деректердің үлкен көлемі болған жағдайда машиналық оқыту әдістерінің оңтайлы параметрлерін анықтау және оларды көп критерийлердің сапасын жақсарту үшін қолданудың жүрек-қантамыр жүйесінде адамның жағдайын талдау, жүрек ауруларының алғашқы диагностикасы және дер кезінде алдын алу ғылыми мәселесі бар екенін көрсетті.

Біз зерттеуіміз үшін Венгрияның кардиология институтынан, Цюрих университеттік ауруханасынан, Базель университеттік ауруханасынан, Лонг-Бич медициналық орталығынан және Кливленд клиникасынан 303 пациент туралы бастапқы деректерді пайдаландық. Емделуші деректер базасында он төрт атрибут бар. Деректер жиынының атрибуттары туралы ақпарат 1 кестеде берілген. Кестедегі деректер құрылымын көрсету 2 кестеде зерттеуде пайдаланылған деректер қорының бір бөлігін көрсетілген.

1 кесте - Деректер атрибуттарының сипаттамасы

Атрибут нөмірі	Атрибут атауы	Атрибут мағанасы
I	Жасы	Сандық мәні 29-дан 78 жасқа дейін
II	Жынысы	0 – е., 1 – ә.
III	Жүрек ауруы	1 – типтік стенокардия 2 – атипті стенокардия 3 – ангинальды емес ауырсыну 4 – симптомсыз
IV	Тыныштықтағы қан қысымы	Сандық мәні
V	Қан сарысуындағы холестерин	Сандық мәні
VI	Аш қарындағы қан қысымы	Сандық мәні
VII	ЭКГ қалыпты жағдайда	0 – қалыпты 1 – ST-T бар 2 – гипертрофия
VIII	Максималды жүрек соғу жиілігі (ЖСЖ)	Сандық мәні
IX	Физикалық белсенділіктен туындаған, стенокардия	1 – иә 0 – жоқ
X	ST сегментінің депрессиясы, дене белсенділігінің әсерінен, демалу күйімен салыстырғанда (ST - бұл жүрек циклінің кезінде сәйкес келетін ЭКГ қисығының сегменті)	Сандық мәні

XI	Ең жоғары ST сегментінің төмен түсуі	1 – жоғары көтерілуі 2 – ақырын көтерілуі 3 – жоғары көтерілуі
XII	Флюроскопияда боялған үлкен тамырлар саны	Сандық мәні, 0–3
XIII	Талассемия	3 – қалыпты 6 – белгіленген ақау 7 – қайтымды ақау
XIV	Жүрек ауруының болуы	1 – иә 0 – жоқ

2 кесте - Тестілеуге арналған деректер жиынтығының фрагменті (атрибут нөмірлері бойынша)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
64	1	0	110	211	0	2	144	1	1.8	1	0	0	0
59	1	0	160	273	0	2	125	0	0	0	0	0	1
52	1	0	118	186	0	2	190	0	0	1	0	1	0
45	1	0	110	264	0	0	132	0	1.2	1	0	2	1
40	1	0	140	199	0	0	178	1	1.4	0	0	2	0
38	1	0	120	231	0	0	182	1	3.8	1	0	2	1
34	1	0	118	182	0	2	174	0	0	0	0	0	0
74	0	1	120	269	0	2	121	1	0.2	0	1	0	0
77	1	3	125	304	0	2	162	1	0	0	3	0	1

Қан қысымы және холестерин деңгейлері сияқты категориялық айнымалылар үшін кодтауды қолдандық, өйткені бұл алдын ала нормаланған тәуелсіз дискретті мәндері. Кейбір атрибуттар тұрақты деп саналды, мысалы, жасы және холестерин деңгейі. Кейбір атрибуттар айнымалылар ретінде қарастырылды, мысалы, жүректегі ауырсыну.

Зерттеудің мақсаты он төртінші, науқаста жүрек ауруының болуын болжау үшін алғашқы он үш белгілерді пайдалану болды. Зерттеу үшін машиналық оқытудың әртүрлі әдістері кейіннен салыстырмалы талдау және олардың тиімділігін зерттеу арқылы қолданылды.

Нәтижелер мен талқылау.

Атрибуттардың әрбір жұбы арасындағы корреляциялық байланыс талданып, анықталды. 2 суретте негізгі диагональдағы классификация баллына (жүрек ауруының болуы немесе болмауы) қарсы әрбір атрибуттың гистограммасы болып табылады. Негізгі диагональда жоқ графиктер идентификаторларға сәйкес екі түрлі атрибут арасындағы корреляцияны көрсетеді:

1 сурет - Деректер атрибуттары арасындағы байланыс (мәтіндегі түсіндірмелер)

Корреляциялық диаграммадан 1 суреттегі жүрек ауруының болуы немесе болмауы жүрек ауруы (cp) сияқты атрибуттардың таралуында айтарлықтай айырмашылықтар бар екенін көрсетеді; физиологиялық күштен туындаған стенокардия (exang); қалыпты күймен салыстырғанда физиологиялық күшпен туындаған ST депрессиясы (oldpeak); жүктеме кезінде ST сегментінің шыңы (slope); флюроскопиямен боялған үлкен тамырлардың саны (ca), сондай-ақ талассемия (thal).

Барлық деректер жеті модель арқылы талданды: логистикалық регрессия, k-жақын көршілер, шешімдер ағашы, векторлық тірек машина, Бейс классификаторы, кездейсоқ орман және терең нейрондық желілер. Машиналық оқыту әдістерін бағалау үшін алдын ала өңделген деректерді оқыту және сынақ жиынтықтарына бірнеше рет кездейсоқ бөлу пайдаланылды. Нәтиже осы бөлудің бастапқы мәндеріне байланысты өзгеруі мүмкін болғандықтан, сынақ үлгісі ретінде деректердің 20% және 15% сәйкес екі тәжірибе кезеңі жүргізілді. Сынақ жиыны ретінде деректердің 20% және 15% артықтығы бар барлық үлгілер үшін екі тәжірибе кезең нәтижелері 3 кестеде көрсетілген.

3 кесте - Екі тәжірибе сериясының нәтижелері

Машиналық оқыту модельдері	Сынақ үлгісінің үлгісі бар үлгілердің дәлдігі 20%	Сынақ үлгісінің үлгісі бар үлгілердің дәлдігі 15%	Модель сапа параметрінің мәндері (AUC)
Логистикалық регрессия	0.852	0.911	0.95
К-жақын көрші әдісі	0.836	0.867	0.94
Машиналық векторлық қолдау	0.852	0.911	0.94
Naive Bayes классификаторы	0.869	0.889	0.95
Шешімдер ағашы	0.754	0.822	0.89
Кездейсоқ орман	0.836	0.933	0.94
Нейрондық желі әдісі	0.902	0.911	0.95

Алынған нәтижелерді талдау үшін үлгілердің дәлдігін салыстыру үшін графиктер тұрғызылды (2 сурет). Машиналық оқытудың барлық зерттелген әдістерінің негізгі параметрлері 4 кестеде келтірілген.

4 кесте - Бақыланатын машиналық оқыту әдістерінің параметрлері

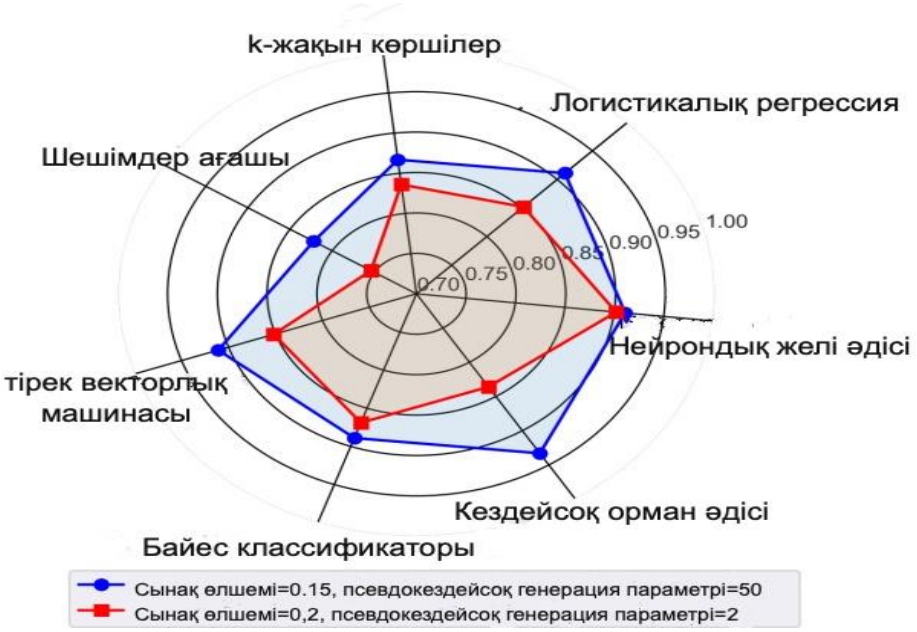
Машиналық оқыту модельдері	Әдістің негізгі параметрлері
Логистикалық регрессия	Регуляризация түрі: L2 (үлгінің кішігірім салмақтарының пайда болуына ықпал етеді) Оңтайландыру алгоритмі: Жады шектеулі Бройден – Флетчер – Голдфарб – Шанно алгоритмі Шешуші жинақтылығы үшін қайталанулардың ең көп саны: 100
К-жақын көрші әдісі	Пайдаланылатын көршілер үшін сұраулар саны: 5 Болжауда қолданылатын салмақтау функциясы: әрбір көршінің салмағы эквивалент Метрика: Минковск қашықтығы
Машиналық векторлық қолдау	Ядро: радиалды негіздік функция Көпмүшелік ядро функциясы: 3 Кэш өлшемі: 200 мб
Naive Bayes классификаторы	Класстардың алдыңғы ықтималдықтары: деректерге сәйкес түзетілмеген Есептеудің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін айнымалы тегістеу коэффициенті: 10^9 (дисперсияларға қосылатын барлық объектілердің ең үлкен дисперсиясының бөлігі)
Шешімдер ағашы	Бөлу сапасын өлшеу функциясы: Джинни коэффициенті Ішкі ағаш түйінін бөлу үшін қажетті үлгілердің ең аз саны: 2 Соңғы түйінде болуы қажет үлгілердің ең аз саны: 1
Кездейсоқ орман	Шешім ағаштарының саны: 100 Бөлу сапасын өлшеуге арналған функция: коэффициент Джинни (Gini Impurity) Ішкі түйінді бөлу үшін қажетті үлгілердің ең аз саны: 2 Соңғы түйінде болуы қажет үлгілердің ең аз саны: 1
Нейрондық желі әдісі	Жасырын қабаттар саны: 100 Әрбір жасырын қабаттың белсендіру функциясы: кесілген сызықтық түрлендіру Салмақты оңтайландыру алгоритмі: адаптивті моментті бағалау әдісі Итерациялардың ең көп саны: 200 Ертерек тоқтату үшін валидация жинағы ретінде бөлінетін деректерінің пайызы: 0,1 Адаптивті бағалау әдісінің сандық тұрақтылығының мәні: 10^{-8}

Бірқатар тәжірибелер нәтижесінде алынған дәлдік бетінің үш өлшемді қисықтары 3 суретте көрсетілген. Бағалау үшін әзірленген процедуралық интерактивті бағдарламаның негізінде тәуелсіз айнымалы *X* ретінде сынақ іріктеу өлшемі параметрлерінің мәндерінің және жалған кездейсоқ генерациялау функциясының аргумент мәндерінің графиктері тұрғызылды модельдердің әрқайсысы *Y*. Модельдің дәлдігі Z осі бойымен сызылады.

Модельдердің әрбір түрі үшін үш өлшемді беттерді құрастыру кезінде *X* осі бойымен 5%-дан 55%-ға дейінгі сынақ жүргізілген үлгілерінің өлшемдері бар модельдер жасалды. Сонымен бірге, әрбір мысал үшін 0-ден 250-ге дейінгі жалған кездейсоқ сандар генераторының инициализациялау аргументінің мәндері бар деректер жиынынан машиналық оқытудың 250 моделі жасалды. Бұл параметр сынақ және оқыту үлгілерінің құрамын бірегей түрде анықтайды және нәтижелердің қайталануы үшін жауапты. Түсіндірме айнымалылар үшін мәндерді орнатқаннан кейін екі сәйкес массив берілген мәндер ауқымынан бекітілген параметрлері бар машиналық оқыту үлгілерінің әрқайсысына итеративті түрде енгізілді.

Нәтижесінде машиналық оқыту моделінің әрбір түрі үшін 12 500 эксперимент жүргізілді, барлығы әртүрлі параметрлермен 50 000 есептеу эксперименті орындалды. Әрбір нәтиже графигі 2 суретте дәлдіктегі қисық осьтер бойымен сызылған: сынақ үлгісінің салыстырмалы өлшемі, кездейсоқ сандар генераторының іске қосу аргументінің мәні және салыстырмалы бірліктегі модельдің дәлдігі. Графиктерде күңгірт сызықтар (ең жоғары мәндер) болжамның жоғары дәлдігіне сәйкес келеді.

Графиктердегі нүктелер арасындағы негізгі үлгілерді және өзгеретін үрдістерді бақылай аласыз. Болжау үлгілерінің дәлдігі ауытқуының шамасы жалған кездейсоқ генерациялау функциясының аргументінің мәнімен байланысты екенін көруге болады. Сонымен бірге болжау дәлдігі осы параметрдің мәні артқан сайын төмендейді. Модель 5–30 бірлік диапазонында жалған кездейсоқ генерациялау функциясы аргументінің мәнімен салыстырмалы түрде жоғары дәлдікке (жергілікті максимум) жетеді. Модельді болжаудың дәлдігін сынақ жинағының өлшемін және сынақ және оқу үлгілеріне бөлудің жалған кездейсоқ генерациялау параметрін таңдау арқылы оңтайландыруға болатыны анықталды. Бұл нәтиже тұрақты деректер жиынын бөлу әдісін алу және машиналық оқыту әдістерін жөндеу үшін пайдалы.

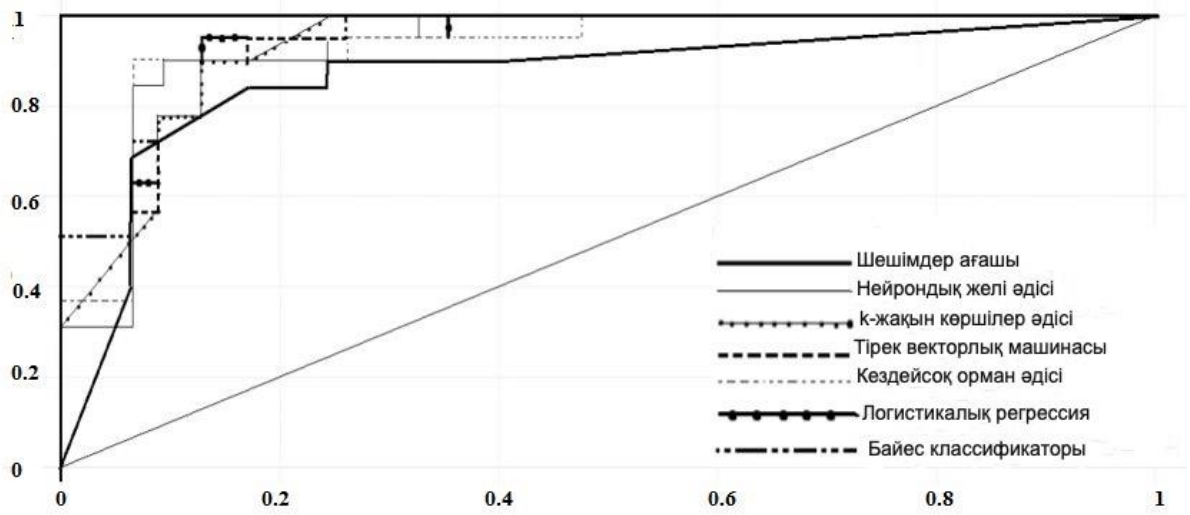


2 сурет - Сынақ және оқу жинақтары арасында әртүрлі үлестірімдері бар машиналық оқыту үлгілерінің өнімділігін салыстыру

Бұл деректерді нормалау кезінде, үлгіні сынақ және оқу жиынтықтарына бөлу кезінде, сондай-ақ машиналық оқыту үлгілерін басқарылатын құрастыру кезінде болжау

дәлдігі көп жағдайда алгоритмдердің сандық параметрлеріне байланысты болатындығына байланысты (4 кесте).

Жүрек ауруларын болжау үшін құрастырылған модельдерді салыстыру үшін біз ROC диаграммасын құрастыру арқылы ROC талдауын қолдандық (3 сурет). Машиналық оқыту үлгілерінің сапасын бағалау үшін ROC қисығы астындағы ауданның мәні AUC (қисық астындағы аумақ) пайдаланылды. Тәжірибелер сериясына қатысқан үлгілерден есептелген AUC мәндері 3 кестеде көрсетілген.



3 сурет - Машиналық оқыту әдістеріне арналған ROC модулінің қисығы.
X осі жалған оң жылдамдықты көрсетеді (False Positive Rate, FPR),
Y осі бойымен әдістің сезімталдығы (True Positive Rate, TPR)

Қорытынды.

Машиналық оқыту әдістерінің, бұлтты технологиялар мен нейрондық желілердің қарқынды дамуына, жүрек-қан тамырлары ауруларының жоғары әлеуметтік маңыздылығына байланысты бұл зерттеудің өзектілігіне күмән тудырмайды. Сонымен қатар, денсаулық сақтау жүйесі медициналық шешімдер қабылдауды қолдаудың жоғары дәлдігі мен пайдалы әдістерін, үлкен деректерді жинау және біріктіру әдістерін, сондай-ақ болжау әдістерін бағалау және растау әдістерін енгізуді талап етеді. Яғни, машиналық оқыту әдістері, оның ішінде жасанды нейрондық желілер, жүрек-қан тамырлары ауруларын диагностикалауда, әсіресе ерте кезеңде, дер кезінде алдын алуға және адам өмірінің ұзақтығы мен сапасын арттыруға ықпал ететін маңызды рөл атқарады.

Осы зерттеуде медициналық параметрлердің корреляциялық талдауы жүргізіліп, адамның жүрек-қантамыр жүйесінің күйін болжауға арналған машиналық оқыту модельдері қарастырылып және талданды. Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде әрбір әдістің тиімділігінің бағалауы алынды. Ұсынылған әдістер халық денсаулығының практикалық мәселелерін шешуде олардың тиімділігін растады. Бірқатар есептеу эксперименттерінің нәтижесінде жүрек ауруын болжау үшін машиналық оқытудың бір немесе басқа әдісін таңдау ғана емес, сонымен қатар оның параметрлерін, соның ішінде тестілеу алгоритмдерінің хаотикалық сипаттамаларын таңдау маңызды екені анықталды.

Машиналық оқыту әдістерін қолдана отырып, биомедициналық мәселелерді шешу кезінде тек дәрігер ғана диагноз қоя алатынын және машиналық оқыту алгоритмдеріне негізделген шешімдерді қолдау жүйесі тек кеңесші болуы мүмкін екенін әрқашан ескеру керек. Осыған байланысты, осы зерттеуде жасалған әзірлемелерді жүрек соғысының алдын алу және жүрек ауруларының алдын алу үшін әзірленген

бағдарламалық және математикалық құралдарды практикалық енгізу үшін ұсынуға болады. Денсаулық сақтау саласына мұндай жүйелерді енгізу халықтың денсаулығын сақтау және жақсарту шараларын жетілдіруге оң әсер ететінін атап өткен жөн.

Нәтижелер «AP14969403- Машиналық оқыту алгоритмдерін қолдану арқылы миокард инфарктісін болжау әдістерін зерттеу» тақырыбы бойынша ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігінің қаржыландыруымен алынған.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Desai F. et al. HealthCloud: A system for monitoring health status of heart patients using machine learning and cloud computing // Internet of Things. 2022. Vol. 17. P. 100485.

[2] Hernandez-Orallo, *J.* ROC curves for regression // Pattern Recognition. 2013. Vol. 46. No. 12. P. 3395. https://doi.org/10.1016/j.patcog.2013.06.014

[3] Chitra S., Jayalakshmi V. Prediction of Heart Disease and Chronic Kidney Disease Based on Internet of Things Using RNN Algorithm // Proceedings of Data Analytics and Management. Springer, Singapore, 2022. P. 467.

Zhadira Alimbayeva, postdoctoral fellow, senior lecturer, Kazakh National Women's Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan, zhadyralimbay@gmail.com

Kassymbek Ozhikenov, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, kas_ozhiken@mail.ru

Aidana Yerkebay, doctoral student, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, 0106aidana@mail.ru

Chingiz Alimbaev, PhD, associate professor, Satbayev University, Deputy Director General of the Institute of Mechanics and Machine Science named after Academician U.A.Dzholdasbekov, Almaty, Kazakhstan, chingiz_kopa@mail.ru

Aiman Ozhikenova, PhD, associate professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, aiman84@mail.ru

PREDICTION OF HEART DISEASE USING MACHINE LEARNING METHODS

Abstract. Due to the high rate of disability and death, early detection of cardiovascular diseases is an important issue. In this article, a study was conducted on the prediction of heart disease by electrocardiogram signal processing using machine learning algorithms. In total, more than 50,000 numerical experiments with various machine learning algorithms were conducted during the research. Based on the comparative analysis, the models and methods of machine learning were selected, and the highest good indicator was the result. The following methods were used in the study: support vector machine, deep neural networks, Bayesian classifier, random forest, k-nearest neighbors, logistic regression, decision tree. Selected models were proposed for parameter determination and effective application.

Keywords. Machine learning, cardiac signal analysis, signal processing, neural networks, heartbeat prediction, ECG.

Жадыра Алимбаева, постдокторант, старший преподователь, Казахский национальный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан, zhadyralimbay@gmail.com

Касымбек Ожикенов, к.т.н., профессор, Satbayev University, Алматы, Казахстан, kas_ozhiken@mail.ru

Айдана Еркебай, докторант, Satbayev University, Алматы, Казахстан, 0106aidana@mail.ru

Чингиз Алимбаев, PhD, ассоциированный профессор, Satbayev University, заместитель генерального директора Института механики и машиноведения имени академика У.А.Джолдасбекова, Алматы, Казахстан, chingiz_kopa@mail.ru

Айман Ожикенова, PhD, ассоциированный профессор, Satbayev University, Алматы, Казахстан, aiman84@mail.ru

ПРОГНОЗИРОВАНИЯ БОЛЕЗНЕЙ СЕРДЦА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация. В связи с высоким уровнем инвалидности и смертности важным вопросом является раннее выявление сердечно-сосудистых заболеваний. В данной статье было проведено исследование по прогнозированию заболеваний сердца путем обработки сигналов электрокардиограммы с использованием алгоритмов машинного обучения. Всего в ходе исследования было проведено более 50 000 численных экспериментов с различными алгоритмами машинного обучения. На основе сравнительного анализа были выбраны модели и методы машинного обучения, результатом был наивысший показатель «хорошо». В исследовании использовались следующие методы: метод опорных векторов, глубокие нейронные сети, байесовский классификатор, случайный лес, k-ближайших соседей, логистическая регрессия, дерево решений. Были предложены выбранные модели для определения параметров и эффективного применения.

Ключевые слова. Машинное обучение, анализ кардиосигналов, обработка сигналов, нейронные сети, предсказание сердцебиения, ЭКГ.

****

UDC 004.896 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-200-208**

A.E.Ayazbay[1], G.K.Balbayev[2]
[1] Almaty University of energy and Communications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan
[2]Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan
E-mail: work_abu@hotmail.com

DESIGN OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF A DELTA MANIPULATOR WITH MICROCONTROLLER BASED MACHINE VISION

Abstract. The design and implementation of a microcontroller vision-based manipulator control system is described. The control system is divided into high and low-level loops. As high-level devices computers or minicomputers have been used when conducting most research. In this work, a microcontroller board has been used as a high-level device due to its mobility and efficiency. A solution to the inverse kinematics task of a delta manipulator is presented in this work which forms the main part of the low-level device algorithm. Sipeed Maixduino and Arduino Mega dev boards have been used to implement the control system. The objects have been classified by YOLO model for the testing purposes of the control system. This has made it possible to measure the average targeting time for the different objects, which is used to test the implemented control system. The empirical data has shown a suboptimal result. The reason for it has been analyzed and addressed through coding a more optimal solution. Potential improvements to the hardware used in the test setup are suggested to benefit future work.

Keywords. Control system, manipulator, machine vision, computer vision, robotics.

Introduction.

The topic of machine vision-based manipulators has in recent time begun to actively gain momentum. These systems are widely and assiduously implemented in many industries. Machine vision in such systems is mostly based on personal computers or single board computers [1-6].

The new RISC-V core-based microcontrollers (MCU) show better performance in machine vision tasks than most single board computers [7]. The RISC-V based MCU Kendryte K210 is a low-power and low-cost AI application. An MCU Sipeed MAIX Go development board is even capable of recognizing if a person is wearing a mask or not at 13 fps [8]. In comparison with the most popular single board computer Raspberry Pi, the performance of which on a simple YOLO-Lite algorithm is 15fps, Kendryte K210 based boards work at 30 fps [9].

OpenMV M7 development board was used at the initial stage of work. The development board capable of color-based object recognition and shows not enough performance and efficiency at object recognition. The board is mostly used in tracking-oriented tasks [10-15].

The main goal of the paper is the design and implementation of a control system using RISC-V MCU based development board. At this initial stage of the work, the Sipeed Maixduino development board is used with YOLO model to prepare the algorithms and interfaces of the system for further upgrade.

K. Zhou et. al. designed and implemented a machine vision based tomato sorting manipulator [1], driven by 4-DOF servo motors. Machine vision is performed on a laptop and a monocular camera. The system classifies tomatoes in three groups according to their size. The mean sorting time of the designed system is one second.

K. Gkountas et. al. designed and implemented an autonomous robot manipulator system for sorting [2]. The AUBO-i5 robot from AuboRobotics 6-DOF is used in the work. Machine vision is performed on a PC and a binocular camera. The system recognizes categories of objects: lotion bottles, deodorant bottles, cups, and cans.

In both works the camera is located at a fixed point apart from the manipulator, while using an MCU based machine vision dev board allows to locate the camera and a lightweight board at working body of the manipulator. Such system can be used on mobile robots or even in aerial applications such as autonomous micro drones and aerial manipulators.

Materials and methods.

The control system was designed for a delta robot (Figure 1).

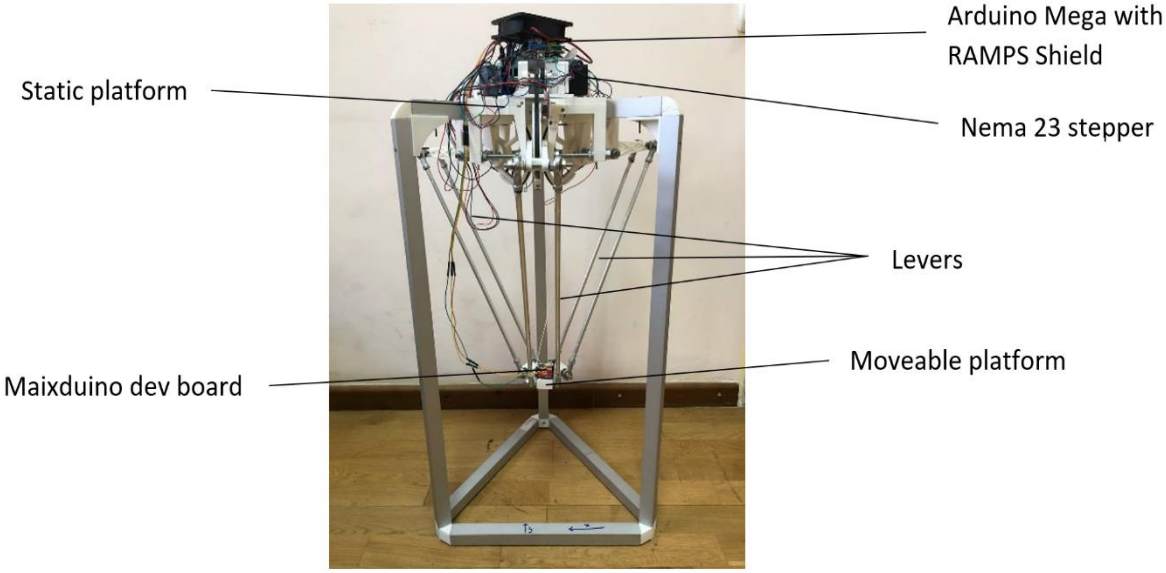


Figure 1 – Delta Manipulator

A delta manipulator has been made of aluminum profiles, steel levers and PLA 3D printed parts. The base chassis consists of aluminum profiles connected with PLA parts. The upper static, the lower moveable triangular platforms and the upper levers have been 3D-printed. The lower levers are steel rods with spherical joints on the ends.

Each upper lever is driven by Nema 23 stepper motors with gear ratio of 30. For initial positioning of the manipulator, there are three end switches on an upper platform for each lever. The low-level dev board with a stepper motor shield is located at the top of the upper platform.

Because of the small size and light weight of MCU-based machine vision dev boards, its possible to place them at the working body of the manipulator, so that the high-level dev board is attached to the moveable platform.

The main part of a low-level MCU algorithm is the kinematics of the manipulator. The inverse and forward kinematics is used from M. Zavatsky article [16].

Inverse kinematics include two functions. Delta_calcAngleYZ() function calculates the angle theta for one of the levers considering its movement along the YZ plane. Delta_calcInverse() function calls the first function three times. The first time it is called as is, and the following two times with relative coordinates using the rotation of 120º and -120º for each of the remaining levers.

The inverse kinematics algorithm uses arctangent function, which is very MCU performance dependent, while the forward kinematics algorithm is simple and mostly uses constants.

The execution time of both algorithms has been tested on an Arduino Mega dev board. Execution time is 1644 and 8 microseconds for inverse and forward kinematics respectively.

To implement a manipulator control system, it is necessary to develop its structure. The next step is to develop an algorithm for the operation of each of the system control devices and implement it in the form of a program code. It is impossible to develop a manipulator control algorithm without solving its forward and reverse kinematics, i.e. the relationship between the angles of rotation of the manipulator motors and the coordinates of its working body needs to be known.

The system consists of two control devices of different levels: The upper level is the Sipeed Maixduino development board, the lower level is the Arduino Mega development board with the Ramps stepper motor control board. The structure of the control system is shown in Figure 2.

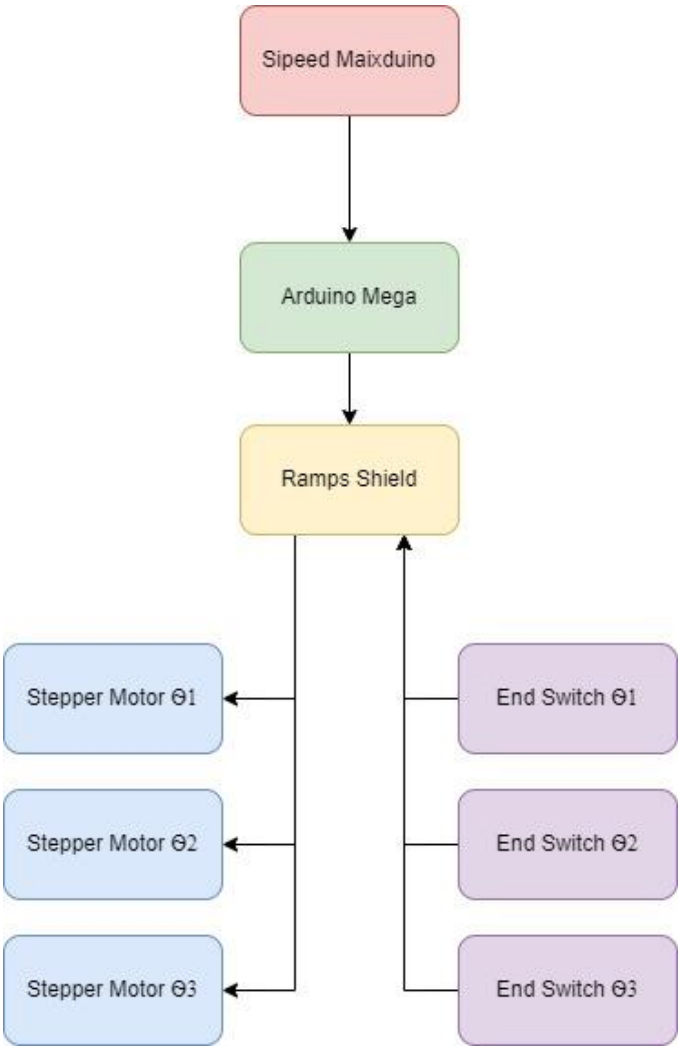


Figure 2 – Manipulator control system

The Sipeed Maixduino development board is a board that includes an Kendryte K210 SoC with an Kendryte K210 core and a camera (Figure 3).

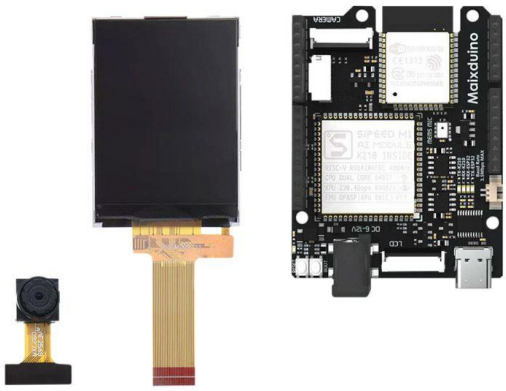


Figure 3 – Sipeed Maixduino development board

The Kendryte K210 chip has wide capabilities and rich functionality. The system contains a central processing unit (CPU) with two 64-bit RISC-V cores, and separate hardware units to perform floating point operations (FPU) for each core. Also for each core, there are two memory buffers, separately for data and for instructions. The base frequency of the processor is 400 MHz, but it can be changed up or down by tuning and setting the dividers. In addition to the central processor, the system also has a KPU (Knowledge Processing Unit – an artificial intelligence processor, or a hardware convolutional neural network accelerator (CNN accelerator), which provides machine vision for real-time recognition of faces and objects. Separately, there is an audio processor (APU), which has 8 input channels, and provides machine hearing to recognize the direction and determine the nature of the sound source in real time. The system has a built-in shared RAM, and RAM for the artificial intelligence unit. In addition, the system has rich peripherals in the form of encryption modules (AES and SHA256), Fast Fourier Transform (FFT), and various communication protocols such as DMA, DVP, OTP, JTAG, UART, SPI, I2C, I2S and others. The structure of the SoC is shown in figure 4.

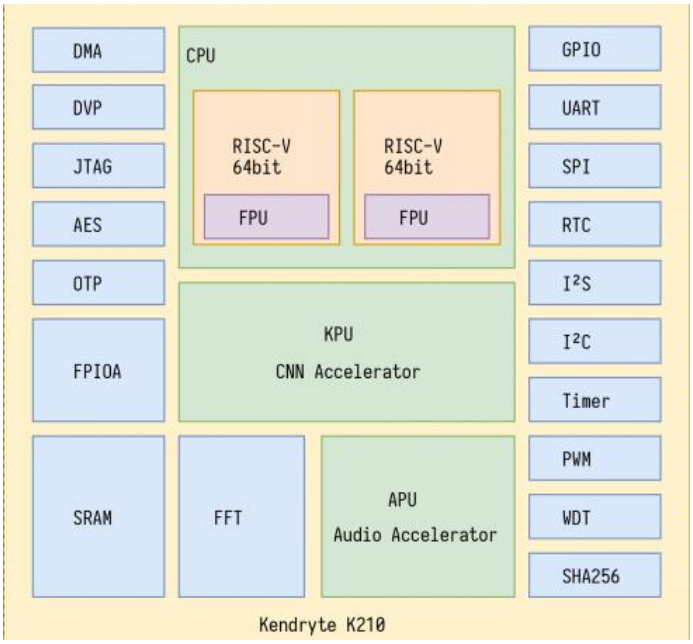


Figure 4 – Kendryte K210 SoC

The Sipeed Maixduino board is a high-level control device and it transmits control errors to the low-level development board, which in turn controls the stepper motors of the manipulator. The device operation algorithm is shown in Figure 5.

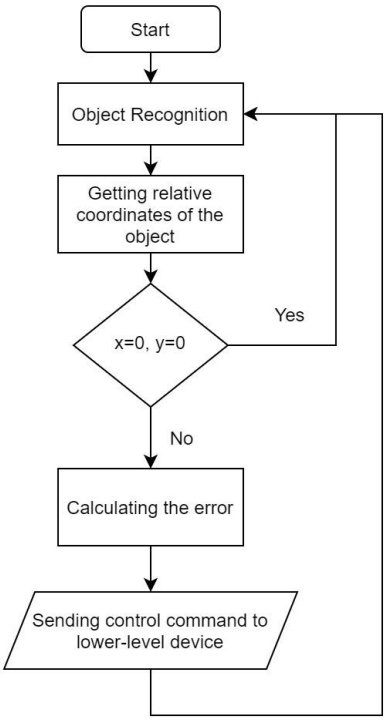


Figure 5 – Algorithm of a high-level control device

The low-level control device, based on Arduino Mega, receives a command and calculates the Θ angles for each stepper motor, rotating them to it through a Ramps Shield. The device operation algorithm is shown in Figure 6.

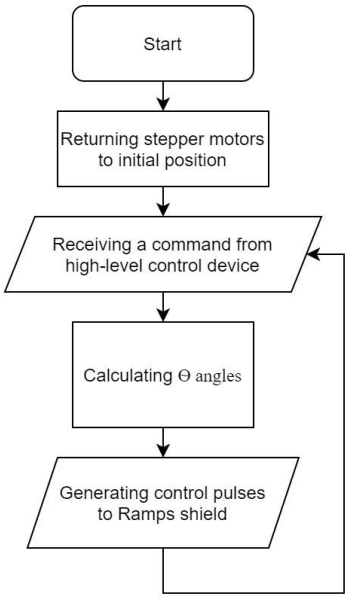


Figure 6 – Algorithm of a low-level control device

Results.

As the main goal of the work is the design of a control system, object recognition has been based on example YOLO2 model. The example of identifying the “bottle” and “bird” class objects is shown in Figure 7. The board shows great results performing YOLO2 model at 19 fps average rate.

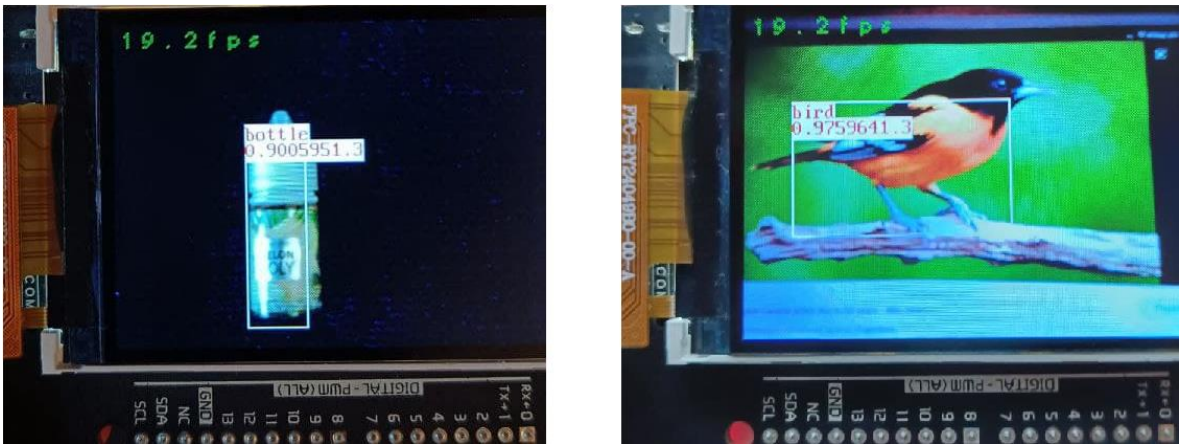


Figure 7 – Object identification

Three different object pictures have been used for tests. The pictures have been placed in the camera’s field of view and then its targeting time has been measured. Targeting time was measured from the moment when object was recognized till its center point reaches the center of the camera’s field of view.

In the first trial the mean targeting time hovered around 4 seconds which was too slow, the reason behind this turned out to be that the parseInt() function integrated with the Arduino is suboptimal in its processing time - it parses string arguments from incoming commands and returns integers,.

To optimize that process, parseInt() has been replaced with a custom function. As a result, the mean targeting time has been reduced by 2 secs. Test results are shown in Table 1.

Table 1 – Test results

Object	Number of tests	Mean targeting time, s	
		Standard function	Custom function
Bottle	50	4.1	2.2
Bird	50	4	2.1
Car	50	3.9	2

Discussion.

At this stage of work, a control system has been implemented, which includes an Sipeed Maixduino camera module board for object recognition and an Arduino Mega for controlling the manipulator.

High-level control loop shows great performance, while low-level loop shows suboptimal result because of lack of MCU performance and code optimization. Further optimization of the code could bring better results, but the current control system doesn’t include manipulator trajectory planning, which will also use significant amount of MCU performance. Thus, the used in the paper MCU is to be replaced with a more powerful

controller, or the kinematics and trajectory planning calculations can be transferred to high-level device.

Developed system can be used for pick and place tasks, such as sorting process on a conveyor, as delta manipulators' great mobility and precision. For sorting process it's necessary to have higher rate object recognition, thus, the idea of transferring low-level loop calculations to machine-vision specified device is not optimal solution.

Conclusion.

Overall, the designed and implemented control system structure and algorithms work well and are ready for further hardware upgrades.

Arduino Mega is not fast enough for delta kinematics and controlling three stepper motors simultaneously. The Sipeed Maixduino development board, which is equipped with a Kendryte K210 microcontroller with a RISC-V core is very powerful for object recognition, and performs classification at a 19.2 fps rate. This microcontroller supports the hardware acceleration of neural networks and shows great performance in machine vision tasks.

The Arduino Mega is to be replaced by a 32-bit ARM Cortex M MCU dev board for better performance of the low-level control loop, such as STMicroelectronics STM32 or Atmel ATSAM series MCUs, which are low-cost, have high performance in floating point operations and widely used in such applications.

REFERENCES

[1] Zhou K, Meng Z, He M, Hou J, Li T. Design and Test of a Sorting Device Based on Machine Vision. in IEEE Access, vol. 8, pp. 27178-27187, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2971349.

[2] H. -D. Bui, H. Nguyen, H. M. La and S. Li, "A Deep Learning-Based Autonomous Robot Manipulator for Sorting Application," 2020 Fourth IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC), Taichung, Taiwan, 2020, pp. 298-305, doi: 10.1109/IRC.2020.00055.

[3] K. Gkountas and A. Tzes, "Leader/Follower Force Control of Aerial Manipulators," in IEEE Access, vol. 9, pp. 17584-17595, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3053654.

[4] C. Li, Z. Jiang, Z. Li, C. Fan and H. Liu, "A Novel Semi-Autonomous Teleoperation Method for the TianGong-2 Manipulator System," in IEEE Access, vol. 7, pp. 164453-164467, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2952762.

[5] G. Balbayev, A. Mussina, A. Zhauyt, B. Shingissov, M. Kalekeyeva, "Neural Control for Image Stabilisation Using a Reference Model", International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, 2021, 10(1), pp. 17–21.

[6] J. Lv, Y. Wang, L. Xu, Y. Gu, L. Zou, B. Yang, and Z. Ma, "A method to obtain the near-large fruit from apple image in orchard for singlearm apple harvesting robot, " Scientia Horticulturae, vol. 257, Nov. 2019, Art. no. 108758.

[7] G. Zhang, K. Zhao, B. Wu, Y. Sun, L. Sun and F. Liang, "A RISC-V based hardware accelerator designed for Yolo object detection system," 2019 IEEE International Conference of Intelligent Applied Systems on Engineering (ICIASE), Fuzhou, China, 2019, pp. 9-11, doi: 10.1109/ICIASE45644.2019.9074051.

[8] G. Zhang, K. Zhao, B. Wu, Y. Sun, L. Sun and F. Liang, "A RISC-V based hardware accelerator designed for Yolo object detection system," 2019 IEEE International Conference of Intelligent Applied Systems on Engineering (ICIASE), Fuzhou, China, 2019, pp. 9-11, doi: 10.1109/ICIASE45644.2019.9074051.

[9] P. Sismananda, M. Abdurohman and A. G. Putrada, "Performance Comparison of Yolo-Lite and YoloV3 Using Raspberry Pi and MotionEyeOS," 2020 8th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT), Yogyakarta, Indonesia, 2020, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICoICT49345.2020.9166199.

[10] S. Zhou, J. Gong, H. Zhou, Z. Zhu, C. He and K. Zhou, "OpenMV Based Cradle Head Mount Tracking System," 2019 6th International Conference on Dependable Systems and Their Applications (DSA), Harbin, China, 2020, pp. 501-502, doi: 10.1109/DSA.2019.00085.

[11] Z. Wei-Peng, C. Li-Sha, L. Er-Min and Z. Feng-Chun, "Design and Production of Tracking System based on OpenMV Image Recognition," 2020 IEEE 5th Information Technology and Mechatronics Engineering Conference (ITOEC), Chongqing, China, 2020, pp. 1198-1202, doi: 10.1109/ITOEC49072.2020.9141560.

[12] Z. Zhang, T. Zhang, Y. Zhu, Z. Wei and Y. Zhang, "Vibration Suppression of a Flexible Beam Based on a Color Tracking Camera and ADC Method," 2020 39th Chinese Control Conference (CCC), Shenyang, China, 2020, pp. 1923-1927, doi: 10.23919/CCC50068.2020.9189678.

[13] Z. Mu and Z. Li, "Intelligent Tracking Car Path Planning Based on Hough Transform and Improved PID Algorithm," 2018 5th International Conference on Systems and Informatics (ICSAI), Nanjing, China, 2018, pp. 24-28, doi: 10.1109/ICSAI.2018.8599505.

[14] Y. Shao et al., "Research on Target Tracking System of Quadrotor UAV Based on Monocular Vision," 2019 Chinese Automation Congress (CAC), Hangzhou, China, 2019, pp. 4772-4775, doi: 10.1109/CAC48633.2019.8996417.

[15] R. Huang, H. Wang, F. Liu and W. Guo, "Design of Cricket Automatic Control System Based on Computer Vision Technology," 2019 International Conference on Robots & Intelligent System (ICRIS), Haikou, China, 2019, pp. 26-29, doi: 10.1109/ICRIS.2019.00016.

[16] M. Zavatsky, 2016, Delta-robot Kinematics, viewed 25 October 2020, <https://habr.com/ru/post/390281/>.

Абу-Алим Аязбай, докторант, Ғ.Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан, work_abu@hotmail.com

Гани Балбаев, PhD, қауымдастырылған профессор, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, gani_b@mail.ru

МИКРОКОНТРОЛЛЕР НЕГІЗІНДЕ МАШИНАЛЫҚ КӨЗІ БАР ДЕЛЬТА МАНИПУЛЯТОРДЫҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ

Аңдатпа. Микроконтроллерлік көз негізіндегі манипуляторды басқару жүйесін жобалау және енгізу сипатталған. Басқару жүйесі жоғары және төмен деңгейге бөлінеді. Жоғары деңгейлі құрылғылар ретінде көптеген зерттеулерді жүргізу кезінде компьютерлер немесе шағын компьютерлер пайдаланылды. Бұл жұмыста микроконтроллер тақтасы ықшамдығы мен тиімділігіне байланысты жоғары деңгейлі құрылғы ретінде пайдаланылды. Төменгі деңгейлі құрылғы алгоритмінің негізгі бөлігін құрайтын бұл жұмыста дельта манипулятордың кері кинематикалық тапсырмасының шешімі берілген. Басқару жүйесін әзірлеу үшін Sipeed Maixduino және Arduino Mega тақталары пайдаланылды. Нысандар басқару жүйесін сынақтан өткізу мақсатында YOLO үлгісі бойынша жіктелген. Бұл әзірленген басқару жүйесін сынау үшін қолданылатын әртүрлі объектілерді табудың орташа уақытын өлшеуге мүмкіндік берді. Эмпирикалық деректер оңтайлы емес нәтиже көрсетті. Оның себебі талданды және

оңтайлы шешімді кодтау арқылы шешілді. Жүйенің жұмысын жақсарту үшін аппараттық құрылғыларды ауыстыру мысалдары келтірідген.

Түйінді сөздер. Басқару жүйесі, манипулятор, машиналық көз, компьютерлік көз, робототехника.

Абу-Алим Аязбай, докторант, Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, Алматы, Казахстан, work_abu@hotmail.com

Гани Балбаев, PhD, ассоциированный профессор, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, gani_b@mail.ru

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЛЬТА-МАНИПУЛЯТОРОМ С МАШИННЫМ ЗРЕНИЕМ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

Аннотация. Описана конструкция и реализация системы управления манипулятором с машинным зрением на основе микроконтроллера. Система управления разделена на контуры верхнего и нижнего уровня. В качестве устройств верхнего уровня при проведении большинства исследований использовались компьютеры или миникомпьютеры. В данной работе в качестве устройства верхнего уровня использовалась плата микроконтроллера из-за ее мобильности и экономичности. В данной работе представлено решение обратной кинематической задачи дельта-манипулятора, которая составляет основную часть алгоритма устройства нижнего уровня. Для реализации системы управления использовались платы разработки Sipeed Maixduino и Arduino Mega. Объекты были классифицированы по модели YOLO для тестирования системы управления. Это позволило измерить среднее время наведения на различные объекты, которое используется для тестирования реализованной системы управления. Эмпирические данные показали субоптимальный результат. Причина этого была проанализирована и устранена путем разработки более оптимального решения. Предлагаются потенциальные улучшения аппаратного обеспечения, используемого в тестовой установке, в интересах будущей работы.

Ключевые слова. Система управления, манипулятор, машинное зрение, компьютерное зрение, робототехника.

****

ӘОЖ-623.746.4-519 DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-209-216

Н.А.Баянбай[1], К.А.Ожикенов[1], Ч.А. Алимбаев[1,2], А.К. Ожикен[2] , Д.Т. Ахмедова[1]
[1] Satbayev University, Алматы, Қазақстан
[2]Академик Ө.А. Жолдасбеков атындағы Механика және машинатану институты, Алматы, Қазақстан
E-mail: chingiz_kopa@mail.ru

ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙЛАРДА ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТТАРЫН БАСҚАРУҒА АРНАЛҒАН ЖҮЙЕЛЕРДІҢ БАЙЛАНЫС МОДУЛЬДЕРІ

Аңдатпа. Пилотсыз әуе кемелерінің гетерогенді тобымен жабдықталған және ТЖ жағдайда жұмыс істейтін мобильді телемедицина кешенінің ішкі жүйесінің иерархиясы принципі негізінде байланыстырылған құрылым қарастырылады. Радиобайланыстың үш деңгейі ұсынылған: жоғарғы деңгей мобильді телемедициналық кешен құралдарымен жарақтандырылатын алыс (ғарыштық) радиобайланысқа сәйкес келеді, орта деңгей пилотсыз әуе кемелерінің гетерогенді тобының ұшу тапсырмасын үйлестіретін пилотсыз әуе кемесі және гетерогенді топтың пилотсыз әуе кемелері құралдарымен жарақталатын орта қашықтықтағы радиобайланысқа сәйкес келеді; төменгі деңгей гетерогенді топтың пилотсыз әуе кемесі құралдарымен жарақталатын жақын радиобайланысқа сәйкес келеді және отырықшы ТЖ аймағындағы объектілер. Құрылымдық схемалар қарастырылып, алыс, орта және жақын радиобайланыстың сипаттамалары келтірілген. Пилотсыз әуе кемелерінің гетерогенді тобымен жабдықталған және ТЖ жағдайында жұмыс істейтін мобильді телемедицина кешенінің байланыс ішкі жүйесін ұйымдастыру гетерогенді топтың жеке пилотсыз әуе кемелері шешетін міндеттерді функционалды түрде бөлуге, содан кейін алынған нәтижелерді біріктіруге мүмкіндік беретіні көрсетілген. Авторлардың пікірінше, пилотсыз әуе кемелерінің гетерогенді тобымен жабдықталған және ТЖ жағдайында жұмыс істейтін мобильді телемедициналық кешеннің байланыс ішкі жүйесінің иерархиясы қағидаты негізінде құру мыналарды шешуге мүмкіндік береді. Медицинадағы және ТЖ салдарын жою кезіндегі ресурстарды қажет ететін және күрделі міндеттер.

Түйінді сөздер. Мобильді телемедициналық кешен, пилотсыз әуе кемелерінің тобы, радиобайланыс блоктары

Кіріспе.

Пилотсыз әуе кемелерінің гетерогенді тобымен (Г) жарақтандырылған мобильді телемедицина кешенінің (ҒТМК) байланыс кіші жүйесі іздеу-құтқару жұмыстарын (ЖСҚ) жүргізу және шұғыл қызмет көрсету кезінде ТЖ жағдайында бірінші кезектегі маңызға ие зардап шеккендерге медициналық көмек (ЭМӨ). Оның негізгі міндеті үздіксіз өлшеу, бақылау, басқару және бақылау кезінде деректерді беруді қамтамасыз ету (және ҰБТ). ТЖ жағдайында ҒТМК жұмыс істеу ерекшелігі қашықтықтан дәрігерлік көмек көрсету үшін бейнеконференциялар режимінде телемедициналық консультациялар өткізу болып табылады, бұл кең жолақты байланыс арналары мен бейнеаппаратураны пайдалану қажеттілігін негіздейді.

Қолданыстағы МТМК байланыс ішкі жүйесінің кемшіліктеріне мыналар жатады:

− олардың құрамындағы байланыс құралдары мен кешендерінің көмегімен ұйымдастырылатын байланыс желілерінің өткізу қабілетінің жеткіліксіздігі;

- әртүрлі алгоритмдері бар әртүрлі түпкілікті құралдарды пайдалануына байланысты әртүрлі желілердің абоненттері арасындағы байланысты қамтамасыз етудегі қиындықтар;

- бейнеконференцияларды жедел өткізудің мүмкіндігі, бұл медициналық көмек көрсетудің тиімділігін төмендетеді.

Мақаланың мақсаты ТЖ жағдайында пилотсыз әуе кемелерінің гетерогенді тобын басқару жүйесінің байланыс ішкі жүйесін құру.

Материалдар мен тәсілдер.

Пилотсыз әуе кемелерінің гетерогенді тобын (БВС) қолдану медицинадағы ресурстарды қажет ететін және күрделі міндеттерді шешуде және ТЖ салдарын жоюда жаңа перспективалар ашады [1, 2]. G BVS-ортақ мақсатқа жету үшін ортақ міндеттерді шешетін бірлескен және келісілген жұмыс істейтін роботтардың жиынтығы [3]. Іс жүзінде G BVS-бұл топты құрайтын роботтардың функционалдық мүмкіндіктерінің бірлестігі. Олардың басты артықшылықтарының бірі GG BVS жеке мобильді роботтардың бірліктерімен салыстырғанда топтың функционалдық әлеуетін айтарлықтай арттырудан тұратын әсерге қол жеткізу мүмкіндігі [4].

Әрі қарай, ТЖ жағдайында пилотсыз әуе кемелерінің гетерогенді тобын басқару жүйесін қарастырайық. Пилотсыз әуе кемелерінің гетерогенді тобының басқару жүйесінің (БЖ) құрылымы жабық ақпараттық деңгейлерден тұрады, олардың арасындағы өзара іс-қимыл әрбір деңгейде шешілетін міндеттер сәйкестігінің домендерінде жүзеге асырылуы тиіс БЖ құрамына мыналар кіруі керек:

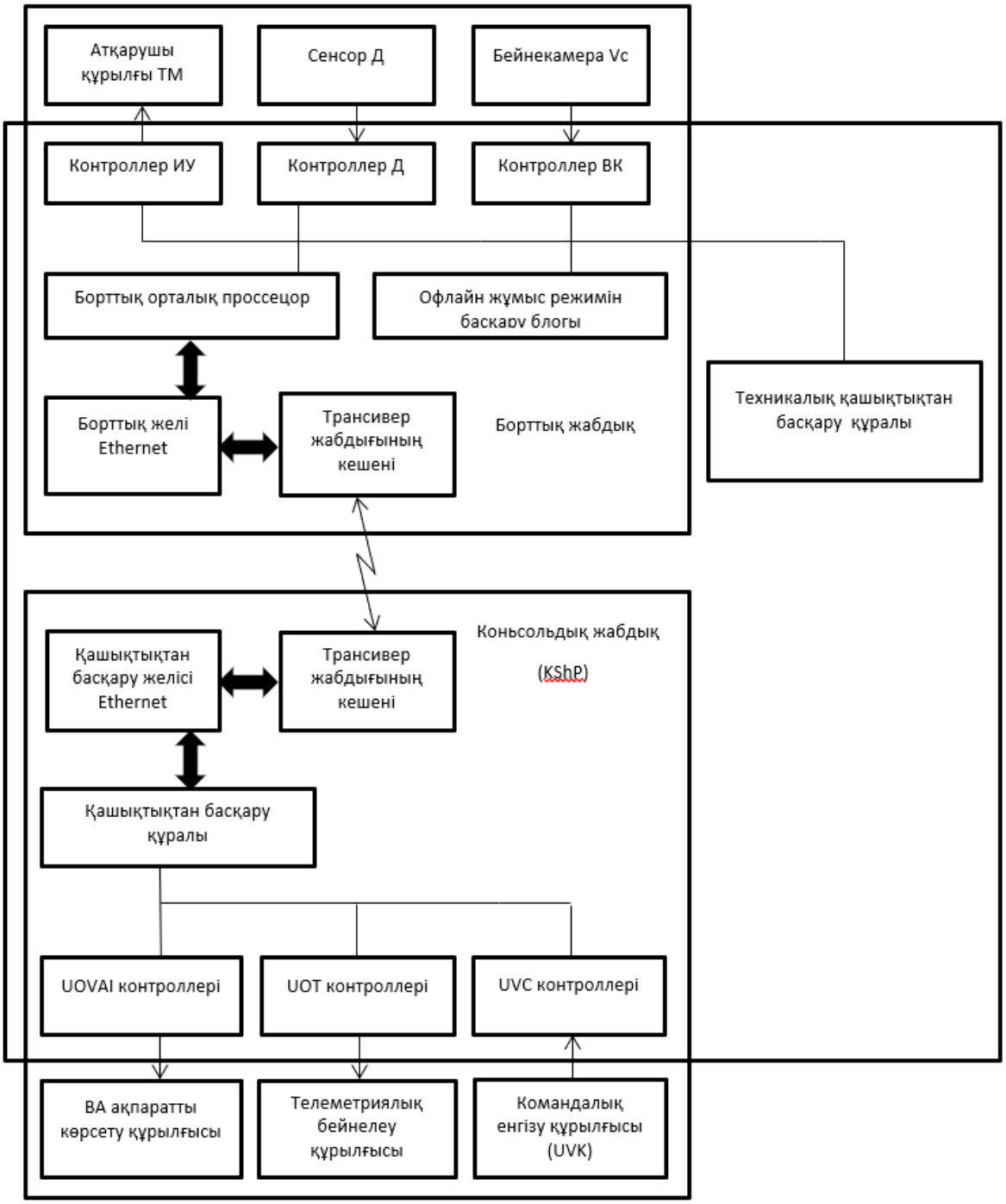
− орталық процессоры бар және басқарылатын объектінің және оның жұмыс аймағының параметрлері туралы жедел ақпарат алатын борттық жабдық (сенсорлар);

− басқарушы командаларды пилотсыз әуе кемелерінің гетерогенді тобының атқарушы құрылғыларына әзірлейтін пульттік жабдық;

− борттық және пульттік жабдықты қосатын байланыс арнасы.

Пилотсыз әуе кемелерінің гетерогенді тобының БЖ құрылымдық сызбасы 1 суретте көрсетілген.

1 ГОСТ Р 55895-2013. Өрт сөндіру техникасы. Робототехникалық кешендерді басқару жүйелері авариялық-құтқару жұмыстарын және өрт сөндіруді жүргізу үшін. Жалпы техникалық талаптар. Сынақ әдістері. Пилотсыз әуе кемелерінің гетерогенді тобын пайдалану кезінде топ мүшелері арасындағы байланыс басқару мен үйлестіруде үлкен маңызға ие. Байланыс құрылымы пилотсыз әуе кемелері тобында немесе пилотсыз әуе кемелерінің гетерогенді тобы мен оператор арасында ақпарат алмасудың қалай жүзеге асырылатынын анықтайды. Жұмыста төрт байланыс құрылымы, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері, қолдану сценарийі егжей-тегжейлі қарастырылады. [6]



1 сурет - Ұшқышсыз әуе кемелерінің гетерогенді тобын басқару жүйесінің құрылымдық схемасы

1 суретті талдау байланыс арнасы пилотсыз әуе кемелерінің гетерогенді тобының жұмысындағы «тар» орындардың бірі екенін көрсетеді.

Нәтижелер және талқылау.

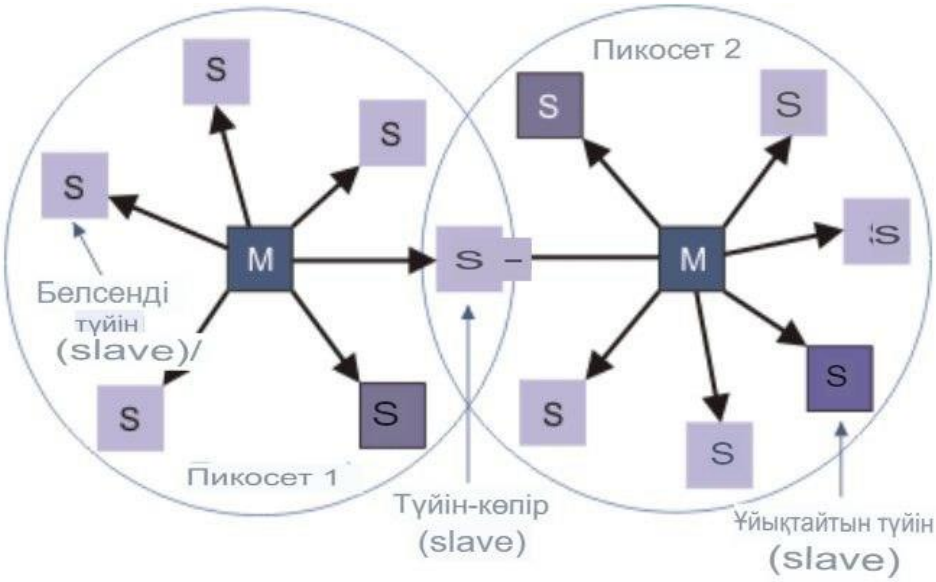
Авторлардың пікірінше, заманауи мобильді телемедицина кешені әртүрлі медициналық жабдықтармен, жақын, орта құралдармен біріктірілген қуатты компьютерді біріктіруі керек және алыс сымсыз байланыс, бейнеконференция

құралдары және IP хабар тарату құралдары. Авторлар пилотсыз әуе кемелерінің гетерогенді тобының БЖ байланыс ішкі жүйесінің құрамдас элементтері ретінде Wi-Fi кіру нүктесі бар Bluetooth пик желілерін пайдалануды және кейіннен спутниктік жүйені қолдануды ұсынады VSAT байланыстары.

Ұялы байланыстың ішкі жүйесінің құрамдас элементтерінің (блоктарының) әрқайсысының дамуын толығырақ қарастырайық. Жақын радиобайланыс блогы Bluetooth спецификациясы бойынша жасалған және физикалық жеке құрылғылар арасында сенімді ақпарат алмасуды қамтамасыз ететін байланыс қол жетімді радиожиілікте. Диапазоны аз-100 метрге дейін, бірақ төмен қуат тұтыну (0,1 Вт-тан аз) және жоғары «интеллектуалды» потенциал Модульдер жасайды Bluetooth іс жүзінде кез келген электрондық құрылғылардың өзара іс-қимылын жүзеге асыру үшін перспективалы болып табылады [7].

Bluetooth модульдері бар құрылғыларды шағын пик желілеріне өздігінен ұйымдастыру мүмкіндігі, 7-ден 256 абонентке дейін (2 сурет), технологияның басты артықшылығы болып табылады.

Мұндай желінің барлық түйіндері бірдей жиілікте жұмыс істейді және ортақ арнаны бөліседі. Негізгі түйін 7 белсенді клиенттік түйінді және 255-ке дейін пассивті (ұйықтайтын) түйінді қолдай алады (басқару түйіні төмен қуат режиміне ауыстырылған). Бірнеше пик желілері көпірлер арқылы бір-бірімен байланыса алады. Біріктірілген пик желілері шашыраңқы (scatternet) желі. Әр пик желісінің өзіндік шебері болғандықтан, олардың жиіліктерінің ауысу реттілігі мен фазалары сәйкес келмейді. Егер пик желілері бір-бірімен өзара әрекеттессе, бұл өткізу қабілеттілігінің төмендеуіне әкеледі. Bluetooth құрылғысы бірнеше пик желілерінде клиент бола алады, бірақ негізгі түйін (master) тек бір пик желісінде болуы мүмкін.



2 сурет - Bluetooth пик желісінің құрылымдық схемасы

Пик желісіндегі негізгі түйін (master) - гетерогенді топтан шыққан әуе күштері, ал пик желісіндегі түйіндер-отырықшы абоненттер, мысалы, ТЖ аймағында зардап шеккендер. Егер пик желісінің ауқымы таратқыштың номиналды диапазонынан асып кетсе, онда пик желісінің шалғай бөліктеріндегі байланысты қамтамасыз ету үшін қайталағыштар рөлін атқаратын қайталағыштарды пайдалану қажет. Bluetooth радио интерфейсі бірнеше режимде жұмыс істей алады. Белсенді режимде Bluetooth

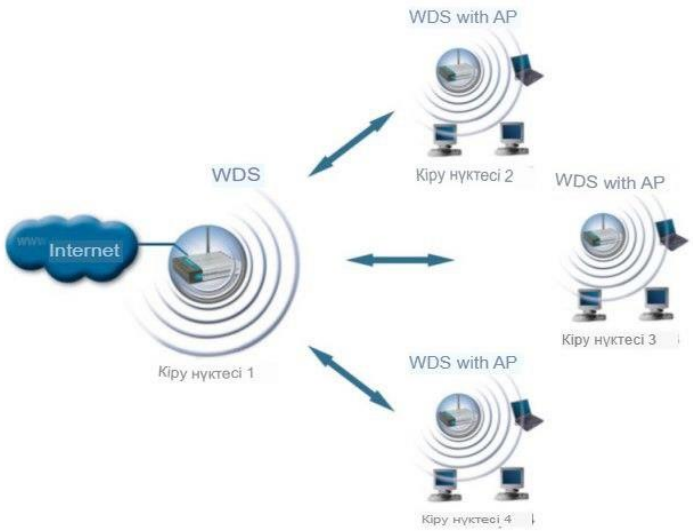
құрылғысы деректерді беру арнасының жұмысына қатысады. Қалған үш режим (күту, тыңдау, тұрақ) төмен қуат тұтынумен сипатталады. Барлық идеология мен айрықша ерекшеліктерді анықтайтын BLE 112 (Bluetooth 4.0) Модулінің негізі SoC – 65 нм/2,4 ГГц бір чипті құрастыру болып табылатын Texas Instrument CC2540 негізгі чипсеті болып табылады. BLE (төмен қуатты Bluetooth) негізгі сипаттамалары кестеде келтірілген. 1 [7].

1 кесте - Bluetooth low energy (CC2540) параметрлері

Параметрлер	Мин.	Түрі	Макс.	Ө.б.
Жұмыс шарттары				
Жиілік диапазоны	2402		2480	МГц
Өткізу қабілеті	-	1000	24000	МБ/сек
Қуат кернеуі	2	-	3,6	В
Қоршаған ортаның температурасы	-40	-	+85	°С
Шығу қуаты	-20	-	+4	дБм
Қабылдау				
Қабылдағыштың сезімталдылығы	-	-93	-	дБм
Көрші арнаның сигналын басу	-	5	-	дБ
Көрші арнаның сигналын басу	-	5	-	дБ
Көрші арнаның сигналын басу	-	30	-	дБ
Көрші арнаның сигналын басу	-	30	-	дБ
Ағымдағы тұтыну				
Ағымдағы тұтыну, қабылдау	-	19,6	-	мА
Ток тұтыну, беру	-	31,6	-	мА
Ағымдағы тұтыну, беру	-	27	-	мА
Ағымдағы тұтыну, «ұйқы» режимі	-	0,4	-	мА

Bluetooth 4.0 технологиясын қолдайтын құрылғыларды жасау үшін барлық қажетті элементтер бір BLE112 кристалында орналасқан.

Авторлардың орташа радиобайланыс блогының (Wi-Fi Модулінің) құрылымдық схемасын әзірлеу кезінде «нүкте – көп нүкте» архитектурасын қолдану ұсынылады [8]. Бұл режимде кіру нүктелері клиенттік компьютерлердің байланысын қамтамасыз етеді (3 сурет 3).



3 сурет - Орташа радиобайланыс блогының құрылымдық схемасы

Кіру нүктесін сымсыз қосқыш ретінде қарастыруға болады. Клиенттік станциялар бір-бірімен тікелей байланыспайды, бірақ кіру нүктесімен байланысады және ол пакеттерді адресаттарға жібереді.

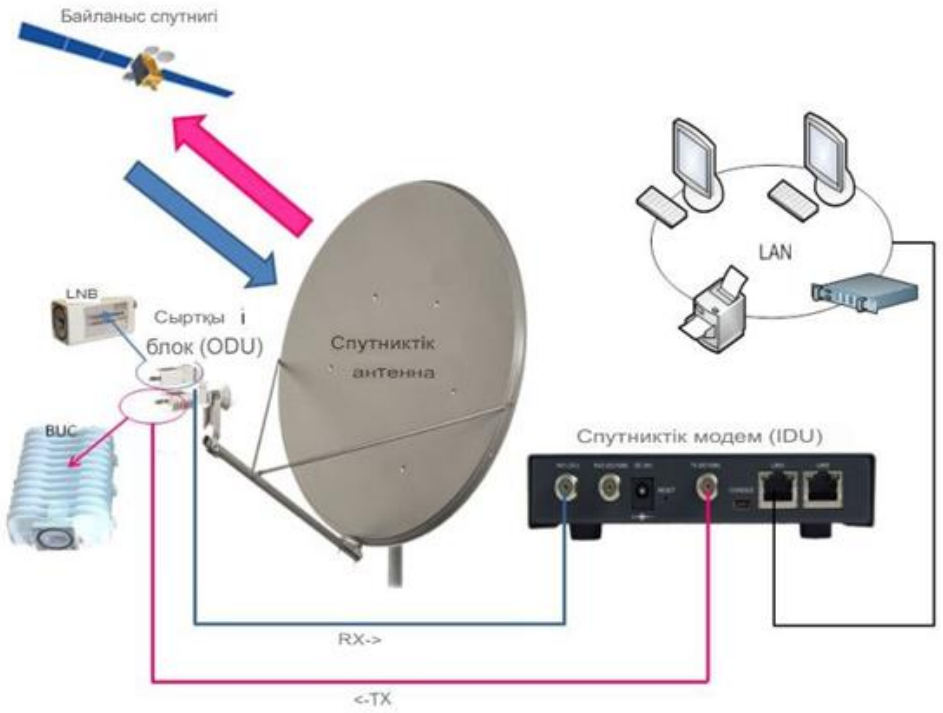
WDS (сымсыз тарату жүйесі) термині «таратылған сымсыз жүйе» дегенді білдіреді. Бұл режимде кіру нүктелері тек бір-бірімен байланысады көпір байланысы. Бұл жағдайда әр нүкте бірнеше басқа нүктелерге қосыла алады. Бұл режимдегі барлық нүктелер бірдей арнаны пайдалануы керек, сондықтан көпірдің пайда болуына қатысатын нүктелер саны тым көп болмауы керек.

WDS with AP (WDS with Access Point) термині «таратылған сымсыз» дегенді білдіреді жүйе, оның ішінде кіру нүктесі», яғни бұл режимді тек қана ұйымдастыруға болмайды кіру нүктелері арасындағы көпір байланысы, сонымен қатар клиенттік компьютерлерді бір уақытта қосу-Тера. Адресаттар ретінде Bluetooth Пико желілерінің негізгі түйіндері (masters) әрекет етеді (2 сурет).

Орташа радиобайланыс блогының құрылымдық схемасы сымсыз LAN желілерін біріктіруге мүмкіндік береді, бірнеше шақырымға дейінгі қашықтықта орналасқан.

Кіру нүктесі 1 суретте. 3-mtmk трансивер жабдықтарының жиынтығы (1 сурет) сымсыз байланыс блогынан спутниктік байланыс блогына ақпарат беруді қамтамасыз етеді. Алыс радиобайланыс блогының құрылымы (спутниктік байланыс жүйесі (ССС)) анықталады жер станциясының құрылымы (ЗС). Шығындар критерийі бойынша біз бір негізгі ЗС (mes-Master Earth Station) байланысты VSAT (VSAT – Very Small Aperture Terminal) түрін таңдаймыз. VSAT жабдықтары телемедицина және төтенше жағдайлар қызметі сияқты нақты қызметтерді ұсыну үшін оңтайландырылған [9].

Алыс радиобайланыс блогы деректерді, аудио сигналды, бейнені қабылдауды–беруді жүзеге асырады сигнал немесе олардың комбинациясы сандық түрде. VSAT терминалдары өзара байланысады негізгі ЗС – MES арқылы өңдеумен транзиттік құрал. Мұндай желілердің топологиясы жұлдыз тәрізді. VSAT құрылымдық схемасы 4 суретте көрсетілген.



4 сурет - VSAT құрылымдық схемасы

VSAT терминалы үш негізгі элементтен тұрады: антенна жүйесі, сыртқы блок (OutDoor Unit, ODU), тікелей антеннаға орналастырылған және ішкі (InDoor Unit, IDU) пайдаланушының үй-жайында орнатылады. Антенна жүйесінің диаметрі 1,2÷1,8 м құрайды.

Қорытынды.

Авторлардың пікірінше, пилотсыз әуе кемелерінің гетерогенді тобымен жабдықталған және ТЖ жағдайында жұмыс істейтін мобильді телемедицина кешенінің байланыс ішкі жүйесінің иерархиясы қағидаты негізінде құру ресурстарды қажет ететін және күрделі медицинадағы және ТЖ салдарын жою кезіндегі міндеттер.

ТЖ-да зардап шеккендерді гетерогенді топтағы пилотсыз әуе кемелерінде орналасқан Пико желісіндегі негізгі торабы (master) бар Пико желісінде біріктірілген, энергиясы төмен Bluetooth негізіндегі ағзаның функционалдық жай-күйін бақылау құралдарымен және жақын байланыс құралдарымен жарақтандыру кезінде уақтылы медициналық көмек көрсету мүмкіндігі пайда болады.

Гетерогенді топтың пилотсыз әуе кемелерімен жабдықталған орта қашықтықтағы радиобайланыс құралдарының арқасында мобильді телемедицина кешенінің операторы ТЖ аймағындағы жағдайдың өзгеруіне жедел ден қояды.

Алыс радиобайланыс құралдары телемедициналық кеңес береді.

Осылайша, төтенше жағдайлардың медициналық салдарын азайту үшін заманауи мобильді телемедицина кешенін жабдықтау әртүрлі медициналық жабдықтармен, жақын, орта және алыс сымсыз байланыс құралдарымен біріктірілген қуатты компьютерді біріктіруі керек, бейнеконференция құралдары және IP хабар тарату құралдары.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Патент 2694528 РФ. Способ проведения поисково-спасательных работ// Шерстнев В. В., Бодин О. Н., Безбородова О. Е. [и др.] ; № 2018139491; заявл. 07.11.2018; опубл. 16.07.2019, Бюл. № 20. 31 с.

[2] Буравлев А. И., Русанов И. П. Модель оценки эффективности боевых систем// Военная мысль. 2009, № 5.

[3] Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов. 4-е изд. - СПб.: Питер, 2010. - 944 с.

[4] Колюбакин В. Что такое VSAT // Телеспутник. 2015. № 6. С. 6–8.

Nurlan Bayanbay, senior lecturer, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, bayanbay_nur@mail.ru

Kassymbek Ozhikenov, candidate of technical sciences, professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, kas_ozhiken@mail.ru

Chingiz Alimbayev, PhD, associate professor, Deputy Director General of the Institute of Mechanics and Machine Science named after Academician U.A.Zholdasbekov, Almaty, Kazakhstan, chingiz_kopa@mail.ru

Asylbek Ozhiken, doctoral student, Institute of mechanics and Mechanical Science named after academician U. A. Zholdasbekov, Almaty, Kazakhstan, asylbek9393@mail.ru

Dilfuza Akhmedova, doctoral student, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, Cm-dilya-kz@mail.ru

COMMUNICATION MODULES OF UAV CONTROL SYSTEM INTENDED FOR EMERGENCIES

Abstract. Based on the principle of hierarchy of the internal system, the construction of a mobile telemedicine complex equipped with a heterogeneous group of unmanned aerial vehicles and operating in emergency situations is considered. Structural diagrams are considered and the characteristics of space, medium and short-range radio communications are given. It is shown that the organization of the communication subsystem of a mobile telemedicine complex equipped with a heterogeneous group of UAVs and operating in emergency situations makes it possible to functionally separate the tasks solved by individual UAVs of a heterogeneous group, and then combine the results obtained. According to the authors, the creation of a mobile telemedicine complex equipped with a heterogeneous group of unmanned aerial vehicles and operating in emergency situations based on the principle of hierarchy of the communication subsystem allows solving resource-intensive and complex tasks in medicine and emergency response.

Keywords. Mobile telemedical complex, a group of unmanned aerial vehicles, radio communication units.

Нурлан Баянбай, сеньор лектор, Satbayev University, Алматы, Казахстан, bayanbay_nur@mail.ru

Касымбек Ожикенов, к.т.н., профессор, Satbayev University, Алматы, Казахстан, kas_ozhiken@mail.ru

Чингиз Алимбаев, PhD, ассоциированный профессор, заместитель генерального директора Института механики и машиноведения имени академика У.А. Джолдасбекова, Satbayev University, Институт механики и машиноведения имени академика У.А.Джолдасбекова, Алматы, Казахстан, chingiz_kopa@mail.ru

Асылбек Ожикен, докторант, Институт механики и машиноведения имени академика У.А.Джолдасбекова, Алматы, Казахстан, asylbek9393@mail.ru

Дильфуза Ахмедова, докторант, Satbayev University, Алматы, Казахстан, Cm-dilya-kz@mail.ru

МОДУЛИ СВЯЗИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ЧС

Аннотация. На основе принципа иерархичности внутренней системы рассмотрено построение мобильного телемедицинского комплекса, оснащенного разнородной группой беспилотных летательных аппаратов и работающего в условиях ЧС. Рассмотрены структурные схемы и даны характеристики космической, средней и ближней радиосвязи. Показано, что организация подсистемы связи мобильного телемедицинского комплекса, оснащенного разнородной группой БПЛА и работающего в условиях ЧС, позволяет функционально разделить задачи, решаемые отдельными БПЛА разнородной группы, и затем объединить полученные результаты. По мнению авторов, создание мобильного телемедицинского комплекса, оснащенного разнородной группой беспилотных летательных аппаратов и работающего в условиях ЧС на основе принципа иерархичности подсистемы связи, позволяет решать ресурсоемкие и сложные задачи в медицине и ликвидации последствий ЧС.

Ключевые слова. Мобильный телемедицинский комплекс, группа беспилотных летательных аппаратов, модули радиосвязи.

****

UDC004.032.26 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-217-225**

E.N. Amirgaliyev [1], I.N. Bukenova [2], G.S. Bukenov[2]
[1]International University of Information Technologies, Kazakhstan, Almaty,
[2]Almaty Technological University, Kazakhstan, Almaty,
E-mail: ibukenowa@mail.ru

STUDY OF VIOLENCE RECOGNITION FROM VIDEO BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Abstract. This paper will discuss current approaches to the recognition of violent human actions. Recognition accuracy for these methods will also be presented. In the modern world due to development of sensory and visual technologies systems of recognition of violent actions of the person have become popular. The problem of aggression, including children's aggression, has long attracted the attention of psychologists. Among methods using violence there are several separate methods: methods of detection of violence using machine learning, methods of detection of violence using SVM and methods of detection of violence using deep learning. The purpose of this study is to review current software solutions for recognizing violent movements from video. During the work done, an analysis of existing machine learning and artificial intelligence algorithms for automatic detection of aggression was made. And also the application of the PoseNet method for aggression detection was tested and proposed. An attractive feature of the algorithm is that its performance is not affected by the number of people in the input image. Pose evaluation models take the processed camera image as input data and output information about the key points.

Keywords. Recognition of human actions. Deep learning, Support vector machine (SVM), artificial neural network (ANN), recurrent neural networks.

Introduction.

The problem of recognizing human actions from 3D skeleton data and/or RGB images is not new. However, methods for solving the problem are constantly evolving and improving. Classical methods based on manually generated features extracted from 3D skeleton data (such as covariance of 3D joint positions by action sequence, histogram of 3D skeletal joint locations (HOJ3D), mapping of skeletal configuration and actions to points and curves, skeletal joint angles, joint angular velocities, and joint velocities) in combination with conventional classifiers (such as support vector machine (SVM), hidden Markov model (HMM), and random forest) have been proposed in known works. Also, the development of automated psycho-emotional state detection systems has become an urgent need to reduce wasted labor and time. Detecting aggression in video is a challenging task because the definition of aggression can be ambiguous and uncertain.

This paper examines one important aspect of aggression detection, which is the recognition and detection of violence.

The purpose of this study is to examine current software solutions for recognizing violent movements from videos.

One in three Kazakhstani schoolchildren have experienced bullying and harassment. This is the data from monitoring conducted in five schools in three regions of the country.

Over 50% of children surveyed reported bullying in their school and classroom. 33.6 percent of students said they were victims of cyberbullying. Most often it was girls who received offensive messages via phone, messenger, or social media they use [14].

Almost half of the children admitted that it is high school students who resort to bullying. In second place were peers. 10.3% of respondents identified teachers as initiators of bullying, and 5.6% identified their parents and older brothers and sisters. Students in grades 4 to 7 are more likely to be humiliated by older students.

The consequences of bullying can be serious for both victims and bullies. Victimization has been found to contribute to depression, somatic illness, dissatisfaction with life, and low rates of college enrollment for victims of bullying 3 years after the incident.

A Canadian study examined the relationship between suicidality and bullying and sexual harassment among adolescents. Repeated online and offline bullying resulting in symptoms of PTSD and lack of maternal support contributed to active suicidal ideation in 12- to 18-year-old adolescent girls, while sexual harassment was not associated with suicidality. [12]

Similarly, the relationship between female gender and suicidal ideation was confirmed in a Chinese study with a sample of 23,392 high school students that examined the relationship between aggressive behavior with suicidal ideation and attempts, as well as the influence of gender. Victims, bullies, and victims of bullies had a higher risk of suicidal ideation than neutrals; similar associations can be found in the associations between aggressive behavior and suicide attempts. Further stratification analysis showed that associations of bullying or intimidating others with suicidal ideation and suicide attempts were slightly stronger in girls than in boys. [13]

Modeling methods used to detect emotion or violent acts can be broadly classified as shallow and deep.

Shallow modeling methods are methods that are not capable of extracting objects on their own [1]. Objects extracted by manual methods must be provided to a shallow model for classification. Classifiers such as support vector machine (SVM), artificial neural network (ANN) with one hidden layer, etc. can be used as a shallow model. These models are best suited for reinforcement learning, which requires good partitioned data. The main disadvantage of these methods is that they do not automatically adapt to pattern changes.

Unlike shallow models, most deep models do not require a separate feature extractor because they are based on a feature learning method, which is that they learn their own features from the given data and classify them based on them. In addition, in addition to end-to-end learning, extracted features can be given as input to SVMs and other shallow model classifiers. Another way to implement deep models is to use features from manually created feature descriptors and give them to a deep classifier. These models work with both supervised and unsupervised learning methods. Although they work with unlabeled data, they require large amounts of data and processing power.

In computer vision, action recognition is becoming an important area of research. Tasks such as aggressive behavior or fights are relatively poorly understood, but can be useful in many surveillance scenarios such as prisons, psychiatric wards or schools. Their extensive practicality creates interest in the development of violence or fight detectors.

Materials and methods.

Violence detection methods are classified into three categories depending on the classifier used: Machine Learning Violence Detection Methods, SVM Violence Detection Methods, and Deep Learning Violence Detection Methods. SVM and deep learning are classified separately because these algorithms are widely used in computer vision. Table 1 provides a list of violent detection methods. SVM (Support vector machine) is an algorithm that is used to solve classification problems using reinforcement learning. The classification task refers to learning with a teacher. SVM is an algorithm for learning with a teacher. The main goal of SVM as a classifier is to find the equation of the separating hyperplane

$\omega_1 x_1 + \omega_2 x_2 + \cdots + \omega_n x_n + \omega_0 = 0$ in space R^n , which would separate two classes in some optimal way.

The algorithm will correctly classify objects if the condition is met:

$$y(\omega^T x - b) \geq 1.$$

Solved analytically through the Kuhn-Tacker theorem. The resulting problem is equivalent to the dual problem of finding the saddle point of a Lagrange function.

$$\begin{cases} (\omega^T \omega)/_2 \to min \\ y(\omega^T x - b) \geq 1 \end{cases}.$$

Table 1 - Methods of Violence Detection Using SVMs

Method	Object detection method	Feature extraction method	Type of incident	Accuracy %
Real-time detection of violence in crowded scenes [1]	ViF descriptor	Feature set	The crowded	88%
Bag of words framework that uses acceleration to detect actions [2]	Background subtraction algorithms	Ellipse estimation method for consecutive frames	Less crowded	Approximately 90%
Genetic framework algorithm with tracking and detection module [3]	Gaussian model	Algorithm for optical stream extraction	The crowded	82%-89%
Multimodel features of the subclass-based framework [4]	Image by CNN and ImageNet	Google Net for feature extraction	Less crowded	98%
Determining the Frequency of Violent Assignment Actions [5]	Spatial pyramids and grids for object detection	Spatial temporal grid methods for object extraction	The crowded	96%–99% using different data sets
Violence detection using oriented violent flow [6]	Optical flow method	Combination of ViF and OViF descriptors	The crowded	90%
AEI and HOG have combined a framework for recognizing anomalous event in visual motion [7]	AEI method for background subtraction	HOG and spatial and temporal methods of feature extraction	Both crowded and less crowded	94%-95%
The framework includes pre-processing, activity detection, and image extraction. This work identifies the abnormal event and image from the data [8]	Optical flux and temporal difference for object detection CBIR image extraction method	Gaussian function for video file analysis	Less crowded	97%

Late fusion method for time-lapse perception layers for high level activity detection. Using multiple cameras from 1 to N. [9]	Motion vector method for identification from multiple cameras in two dimensions	SGT MtPL method	Less crowded	98%
Two-channel convolutional neural network for real-time detection [10]	ImageNet for object detection	VGG-f model for feature extraction	The crowded	91%-94%
Solve the detection problem by dividing the target by depth and clear format with Connect [11]	Motion detection and the Trof model	BoW approach	Less crowded	96%

For the first time, the deep learning paradigm is applied to a task using 3D CNN, which takes a full video sequence as input. But human motion features are crucial for this task, and using full video as input causes noise and redundancy in the learning process. For this purpose, according to Goyal R., Kahou S. E., Michalski V., Materzyńska J. a hybrid "handcrafted/learned" framework has been proposed [15]. The method, firstly, aims at obtaining an illustrative image from a video sequence taken as input data for feature extraction, and Hough's forest is used as a classifier. Then, to classify this image and obtain an inference for the sequence, a 2D CNN is used. This method has provided excellent results for one of the best methods for representing fine manual work. However, the dual-flow architecture may not be suitable for real-time applications because of the computational complexity.

And the results show that the proposed method performs better than various manual and deep learning methods based on accuracy and standard deviations.

A three-stage end-to-end violence detection structure in deep learning is proposed to recognize violent actions [16]. First, people are detected in surveillance video streams using a lightweight CNN model to overcome and reduce the huge processing of unsuitable frames. Second, about 16 frames with detected individuals are transferred to the 3D CNN, where the spatio-temporal characteristics of these sequences are extracted and fed into the Softmax Classifier. The 3D CNN model is then optimized using the neural network optimization and open visual inference tools developed by Intel. The trained model is converted into an intermediate illustration and modified to execute on the final platform for final violence detection. Once violence is detected, an alarm is transmitted to a nearby security department or police station to produce an action.

Body action is also a critical interface, attracting more and more attention in recent years.

Recognizing and detecting violence is becoming an important topic for outdoor surveillance videos. The main goal is to determine if violence is occurring. First, an extension of improved Fisher vectors (IFV) is proposed for video clips [11]. Local objects and their spatio-temporal positions are used to represent the video. The popular sliding window approach is then explored to detect violence. To speed up the approach, the data structure of the summarized area table is used and the IFV formulas are reformulated. Second, local spatiotemporal features are extracted from the video using enhanced dense trajectories (IDT). The video representation for each descriptor is then computed independently as a HOG to represent the video using IFV. A linear SVM classifier is then used to recognize violence, and finally, using a fast sliding window approach, violence is detected. Extensive evaluation is done using 4 state-of-the-art data sets of violent streams, movies, and hockey games. The

Violence-Flow 21 dataset is used for the violence detection task. And the results show that the proposed approaches perform better than existing approaches.

Visual Action Recognition is the primary method for recognizing bullying. Action Recognition. Visual action recognition is the primary method for recognizing aggression. Applying this method, the aggression of the observed can be computed using two supervised recurrent multiple time scale neural networks (MTRNN) [10]. The first layer recognizes human actions, and the second layer predicts human intentions, based on the results of the first layer. In addition, action features were studied in a hierarchical way to understand spontaneous emotions. This approach applied a multichannel convolutional neural network (CCNN) to integrate multimodal recognition of nonverbal emotions, including facial expressions and body movements.

PoseNET model.

I have validated the PoseNet method, which returns the validity value of each detected person and the key points of each detected gesture.

PoseNet can be used to evaluate a single pose or multiple poses, which means that one version of the algorithm can detect only one person in the image/video, while another version can detect multiple people in the image/video.

Software implementation:

- Skeletons of human figures are detected in the video using the PoseNet model;
- then the coordinates of the key points are used as features for a classifier by aggressive action classes.

The pose evaluation models take the processed camera image as input and output the keypoint information. The detected key points are indexed by part ID with a confidence score ranging from 0.0 to 1.0. The confidence score indicates the probability that a key point exists at that position. The highlights of this method are described below.

Posture Confidence - This determines the overall confidence in the posture assessment. It is a value between 0.0 and 1.0. It can be used to hide poses in which there is no confidence.

pose -From the top level, PoseNet will return a pose object that contains a list of key points for each person detected and an instance level confidence score.

The keypoint confidence score is a determination of confidence in the accuracy of the estimated location of the keypoint. It is a value between 0.0 and 1.0. It can be used to hide keypoints where there is insufficient confidence.

Keypoint location - The two-dimensional x and y coordinates of the detected keypoints in the original input image.

The key point is a part of a person's perceived posture, e.g. nose, right ear, left knee, right foot, etc. D. It contains confidence estimates for postures and keypoints. PoseNet can currently detect 17 key points.

The different body joints detected by the pose assessment model are shown in Table 2.

Table 2 - Different body joints detected by the PoseNet model

Identifier	Part
0	nose
1	left eye
2	right eye
3	left ear
4	right ear
5	left shoulder
6	right shoulder
7	left elbow

8	right elbow
9	left wrist
10	right wrist
11	left hip
12	right hip
13	left knee
14	right knee
15	left ankle
16	right ankle

Results.

The result of PoseNET is a representation of the human figure with 17 key points with coordinates and confidence scores. These 17 points include: nose, eyes, ears, shoulder tops, lbows, wrists, hips, knees and ankles. An example of PoseNET's identification of the 17 key points is shown in Figure 1.

Figure 1- Identification of 17 key points by the PoseNET network

PoseNet returns the plausibility value of each detected person and the key points of each detected gesture.

From the top level, pose evaluation occurs in two steps:

1) The RGB image is input into the convolutional neural network.

2) Single or multi-position decoding algorithms are used to decode the poses, construct validity estimates, key point locations and key point validity estimates based on the model output.

Discussion.

The single pose estimation algorithm is simpler and faster. Its ideal scenario is that there is only one person in the middle of the input image or video. The disadvantage is that if

more than one person is in the image, the key points of two people can be evaluated i.e. determined by the algorithm as part of the same pose. The pose can be combined. If the input image can contain multiple people, the multiple pose evaluation algorithm should be used.

The multiple person pose estimation algorithm can estimate multiple poses (people in the image). It is more complex and slightly slower than the single pose algorithm, but it has the advantage that if multiple people appear in the image, the key points they detect are unlikely to be associated with the wrong pose. For this reason, this algorithm may be more desirable even if the application script is designed to detect the pose of a single person.

In addition, an attractive feature of the algorithm is that its performance is not affected by the number of people in the input image. Whether it is 15 or 5 people, the computation time is the same.

Conclusion.

The use of automatic violence detection in video footage is essential for surveillance camera analysis and law enforcement to maintain public safety. It also helps protect children from being exposed to inappropriate content and helps parents make better decisions about what their children should watch. In computer vision, action recognition is becoming an important area of research. Tasks such as aggressive behavior or fights are relatively poorly understood, but can be useful in many video surveillance scenarios. Deep learning has become a very popular direction within machine learning, surpassing traditional approaches in many computer vision applications. A very advantageous feature of deep learning algorithms is their ability to learn features from raw data, eliminating the need for manual descriptors and descriptors.

This paper describes the features of modern artificial neural networks for recognizing aggressive human actions. This paper analyzes existing machine learning and artificial intelligence algorithms for automatically detecting and classifying physical, social and other kinds of violence, detecting the psycho-emotional state of those being observed. The comparative analysis of these algorithms on examples of other works and researches of foreign experts was done. The application of the PoseNet method to detect aggression was tested and proposed.

The study was supported by project AP14871625 of the Ministry of Education of the Republic of Kazakhstan.

REFERENCES

[1] Marinoiu, E., Zanfir, M., Olaru, V., & Sminchisescu, C. (2018). 3d human sensing, action and emotion recognition in robot assisted therapy of children with autism. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (pp. 2158-2167).

[2] El-Ghaish, H., Hussein, M. E., Shoukry, A., & Onai, R. (2018). Human action recognition based on integrating body pose, part shape, and motion. IEEE Access, 6, 49040-49055.

[3] Song, S., Lan, C., Xing, J., Zeng, W., & Liu, J. (2016). An end-to-end spatio-temporal attention model for human action recognition from skeleton data. arXiv preprint arXiv:1611.06067.

[4] Arici, T., Celebi, S., Aydin, A. S., & Temiz, T. T. (2014). Robust gesture recognition using feature pre-processing and weighted dynamic time warping. Multimedia Tools and Applications, 72(3), 3045-3062.

[5] Ji, Y., Cheng, H., Zheng, Y., & Li, H. (2015). Learning contrastive feature distribution model for interaction recognition. Journal of Visual Communication and Image Representation, 33, 340-349.

[6] Huynh-The, T., Le, B. V., Lee, S., & Yoon, Y. (2016). Interactive activity recognition using pose-based spatio–temporal relation features and four-level Pachinko Allocation Model. Information Sciences, 369, 317-333.

[7] Charalampous, K., Kostavelis, I., Boukas, E., Amanatiadis, A., Nalpantidis, L., Emmanouilidis, C., & Gasteratos, A. (2015). Autonomous robot path planning techniques using cellular automata. In Robots and lattice automata (pp. 175-196). Springer, Cham.

[8] H. S. Koppula, R. Gupta, and A. Saxena, “Learning human activities and object affordances from rgb-d videos,” International Journal of Robotics Research, vol. 32, no. 8, pp. 951–970, 2013.

[9] C. Granata, A. Ibanez, and P. Bidaud, “Human activity-understanding: A multilayer approach combining body movements and contextual descriptors analysis,” International Journalof Advanced Robotic Systems, vol. 12, no. 7, 2015.

[10] V. Dutta and T. Zielinska, “Predicting the intention of human activities for real-time human-robot interaction (hri),” in ICRA, 2016.

[11] http://hacs.csail.mit.edu

[12] Zhao, H., Torralba, A., Torresani, L., Yan, Z. Hacs: Human action clips and segments dataset for recognition and temporal localization //Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision. – 2019. – С. 8668-8678.

[13] M.Ju. Uzdjaev “Raspoznavanie agressivnyh dejstvij s ispol'zovaniem nejrosetevyh arhitektur 3d-CNN,” Izvestija TulGU. Tehnicheskie nauki. 2020. Vyp. 2.

[14] Nelli Adamenko, IA «NewTimes.kz»

[15] Goyal R., Kahou S. E., Michalski V., Materzyńska J., Westphal S., Kim H., Haenel V., Fruend I., Yianilos P., Mueller-Freitag M., Hoppe F., Thurau C., Bax I., Memisevic R. The "Something Something" Video Database for Learning and Evaluating Visual Common Sense //ICCV. – 2017. – Т. 1. – №. 4. – С. 5.

[16] http://activity-net.org/

Еділхан Амиргалиев т.ғ.д., профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Қазақстан, Алматы, amir_ed@mail.ru

Ғани Букенов, лектор, Алматы технологиялық университеті, Қазақстан, Алматы, gani1212@bk.ru

Индира Букенова, магистр, лектор, Алматы технологиялық университеті, Қазақстан, Алматы, ibukenowa@mail.ru

ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТНІҢ НЕГІЗІНДЕГІ ВИДЕОДАН ЗОРЛЫҚТЫ ТАНУДЫ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл мақалада адамның зорлық-зомбылық әрекеттерін танудың заманауи тәсілдері қарастырылады. Бұл әдістер үшін тану дәлдігі де ұсынылады. Қазіргі әлемде сенсорлық және визуалды технологиялардың дамуының арқасында адамның зорлық-зомбылықты тану жүйелері танымал болды. Агрессивтілік мәселесі, оның ішінде балалардын, ұзақ уақыт бойы психологтардың назарын аударды. Зорлық-зомбылықты қолдану әдістерінің ішінде бірнеше жеке ерекшеліктер бар: машиналық оқытуды қолдану арқылы зорлық-зомбылықты анықтау әдістері, SVM көмегімен зорлық-зомбылықты анықтау әдістері және терең оқытуды қолдану арқылы зорлық-зомбылықты анықтау әдістері. Бұл зерттеудің мақсаты бейне арқылы зорлық-зомбылық

қозғалыстарын танудың заманауи бағдарламалық шешімдерін қарастыру. Атқарылған жұмыс барысында агрессияны автоматты түрде анықтау үшін қолданыстағы Машиналық оқыту және жасанды интеллект алгоритмдеріне талдау жасалды. Сондай-ақ, агрессияны анықтау үшін posenet әдісін қолдану тексеріліп, ұсынылды. Алгоритмнің тартымды ерекшелігі-оның өнімділігіне кіріс кескініндегі адамдардың саны әсер етпейді. Позаны бағалау модельдері камерадан өңделген кескінді кіріс ретінде қабылдайды және негізгі нүктелер туралы ақпаратты шығарады.

Түйінді сөздер. адамның іс-әрекетін тану. Терең оқыту, тірек векторлық машина (SVM), жасанды нейрондық желі (ANN), қайталанатын нейрондық желілер.

Едилхан Амиргалиев д.т.н., профессор, Международный университет информационных технологии, Казақстан, Алматы, amir_ed@mail.ru

Гани Букенов, лектор, Алматинский технологический университет, Казақстан, Алматы, gani1212@bk.ru

Индира Букенова, магистр, лектор, Алматинский технологический университет, Казақстан, Алматы, ibukenowa@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПОЗНАВАНИЯ НАСИЛИЯ ПО ВИДЕО НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Аннотация. В данной статье рассматриваются современные подходы распознавания насильственных действий человека. Также будут представлены точности распознавания для данных методов. В современном мире благодаря развитию сенсорных и визуальных технологий системы распознавания насильственных действий человека стали популярны. Проблема агрессивности, в том числе детской, давно привлекает внимание психологов. Среди методов с использованием насилия выделяется несколько отдельных: методы обнаружения насилия с использованием машинного обучения, методы обнаружения насилия с использованием SVM и методы обнаружения насилия с использованием глубокого обучения. Цель данного исследования рассмотреть современные программные решения по распознаванию насильственных движений по видео. В ходе проделанной работы был сделан анализ существующих алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта для автоматического выявления агрессии. А также проверено и предложено применение метода PoseNet для выявления агрессии. Привлекательной особенностью алгоритма является то, что на его производительность не влияет количество людей на входном изображении. Модели оценки позы принимают обработанное изображение с камеры в качестве входных данных и выводят информацию о ключевых точках.

Ключевые слова. Распознавание действий человека, глубокое обучение, машина опорных векторов (SVM), искусственная нейронная сеть (ANN), рекуррентные нейронные сети.

****

УДК 004.9 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-226-234**

О.К. Тасмагамбетов, Е.Н. Сейткулов✉, Р.М. Оспанов,
Н.Н. Ташатов, Б.Б. Ергалиева
Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан
E-mail: yerzhan.seitkulov@gmail.com

МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОЙ СИСТЕМЫ РЕЗЕРВНОГО ХРАНЕНИЯ КОНФИДЕНЦИАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Аннотация. В работе рассмотрена модель функционирования отказоустойчивой системы резервного хранения конфиденциальных данных на основе криптографического протокола шифрования на заданное время. Для решения этой задачи существуют криптографические протоколы, обеспечивающие зашифрование сообщений, расшифрование которых будет возможно не ранее заданного времени. Такие протоколы представляют собой эффективную комбинацию различных вариантов протоколов распределенной генерации ключей, протоколов проактивного разделения секрета, асимметричных алгоритмов шифрования, алгоритмов электронной цифровой подписи. На основе таких криптографических протоколов можно разработать и внедрить отказоустойчивый сервис резервного хранения конфиденциальных данных. Это одно из важных проблем в вопросах обеспечения безопасности функционирования критически важных информационных систем, оперирующие с большими объемами конфиденциальной информации.

Ключевые слова. Информационная безопасностью, криптография, криптографические алгоритмы, резервное хранение, отказоустойчивость системы.

Введение.

В соответствии с п. 46 требованиями Постановления Правительства РК от 20 декабря 2016 года №832 «Об утверждении единых требований в области информационно-коммуникационных технологий и обеспечения информационной безопасности» в целях обеспечения ИБ при эксплуатации объектов информатизации устанавливаются требования к способам обеспечения доступности и отказоустойчивости информационных ресурсов, аппаратным средствам обработки и хранения данных.

При этом для этого владельцами обеспечиваются наличие резервного серверного помещения, серверов данных, систем хранения данных и каналов передачи данных. В зависимости от класса критичности данных и вычислительных ресурсов должно обеспечиваться развертывание зеркального нагруженного горячего «клона» серверов в резервном серверном помещении, ненагруженного холодного резерва и хранения на складе запасных комплектов серверного оборудования и систем хранения данных (ЗИП), а также копий самих информационных ресурсов.

Кроме того, обеспечивается резервирование систем жизнеобеспечения серверов и серверного помещения – гарантированного электропитания (ИБП, дизельно-генераторные установки) и заземления, систем кондиционирования и вентиляции, независимого от систем пожарной безопасности здания газового пожаротушения и контроля доступа, а также устройством фальшполов (для противодействия затоплениям).

Также для критически важных данных класса отказоустойчивости с коэффициентом использования не менее 98,7 процентов используется подходы по декомпозиции - где вычислительные ресурсы распределяются между виртуальными

машинами, их изоляции - где аварийный отказ одной из них не оказывает влияния на остальные, совместимости - где программное обеспечение может функционировать на стандартизированных операционных платформах. Указанное сопряжено с требованиями по исключению единой точки отказа на логическом и физическом уровнях серверного оборудования, программного обеспечения, разделения вычислительных ресурсов на аппаратном и программных уровнях.

Отказоустойчивость в соответствии с едиными требованиями реализуется также организационными мерами путем разработки процедур восстановления после сбоев и отказов серверов и ПО, обеспечения сохранности образов виртуальных машин, складированием запасных частей в непосредственной близости к серверным.

Для достижения показателей надежности размещения внутри серверных помещений в критически важных объектах информатизации применяются способы расположения оборудования, обеспечивающие снижение рисков возникновения угроз.

Вместе с тем, одним из аспектов отказоустойчивого использования информационных ресурсов является резервное хранение полной копии архивных данных.

При этом согласно пункта 35 Задачи по созданию регионального дата хаба критически важных данных Постановления Правительства РК от 12 октября 2021 года №727 «Об утверждении национального проекта «Технологический рывок за счет цифровизации, науки и инноваций» предусмотрено создание Центров обработки данных по параметру отказоустойчивости по стандарту TIER 4 Института бесперебойных процессов США, функционирующих под английским правом, а значит размещенных за пределами Республики Казахстан. Этим определяется, что резервные данные по аналогии золотовалютных резервов страны должны располагаться за рубежом на одной из доверенных площадок. При этом для обеспечения их конфиденциальности в условиях территории, неконтролируемой отечественными органами защиты одной из важных аспектов национальной безопасности является необходимость их шифрования на базе отечественных алгоритмов с отложенными по времени ключами шифрования.

Материалы и методы.

В данной работе будет представлен протокол взаимодействия клиент-серверного взаимодействия, в основе которого будут использованы более эффективные криптографические алгоритмы, расширяющие функциональные возможности сервиса резервного хранения конфиденциальных данных [1-19]. В частности, для обеспечения зашифрования данных на достаточно продолжительное время можно применить протокол проактивного разделения секрета (proactive secret sharing). К настоящему времени разработаны различные варианты проактивного разделения секрета, такие как, например, в работах.

На основе криптографического протокола шифрования на заданное время можно разработать и внедрить практический сервис шифрования данных на заданное время. Это одно из важных проблем в вопросах обеспечения безопасности функционирования критически важных информационных систем, оперирующие с большими объемами конфиденциальной информации. В частности, в качестве применения, разработанные практические методы и протоколы позволят выработать модель функционирования отказоустойчивого сервиса хранения информации на заданной время.

Результаты и обсуждение.

Рассмотрим модель функционирования отказоустойчивой системы резервного хранения конфиденциальных данных на заданное время на основе криптографического протокола шифрования на заданное время ECTLC [8].

Участники в рассматриваемой модели:

1) Портал приема заявок от клиентов на хранение конфиденциальной информации;

2) Клиент – пользователь портала;

3) Сервис – n распределенных серверов, удаленных друг от друга, безошибочно и секретно выполняющих вычисления, предусмотренные протоколом, надежно хранящих все свои секретные данные, имеющих безопасный способ резервного копирования данных для аварийного восстановления. Предполагается, что серверы не вступают в сговор между собой, то есть не передают друг другу конфиденциальные данные. Все серверы могут приватно и секретно обмениваться информацией между собой, образуя сеть. Предполагается пороговое значение t такое, что самое большее $t-1$ серверов могут нарушить протокол, и самое меньшее t серверов являются надежными. Должно выполняться условие $n \geq 2t-1$ ($t \leq (n+1)/2$), например, если $n=3$, то $t \leq 2$.

Модель предусматривает использование согласованных параметров используемой эллиптической кривой: модуль эллиптической кривой - простое число p, уравнение эллиптической кривой, коэффициенты уравнения a и b из поля F_p, точка эллиптической кривой G простого порядка q. Эти параметры можно найти, например, на сайте проекта SafeCurves [20].

Общее описание модели (протокола):

Шаг 1: Клиент осуществляет стандартный вход в портал.

Шаг 2: Клиент отправляет порталу запрос на шифрование данных (некоторого сообщения m).

Шаг 3: Портал отправляет запрос Клиента Сервису с указанием уникального идентификатора клиента ID, времени отправки запроса T_{ID} и времени $T_{ID}+\delta_{ID}$, раньше которого нельзя расшифровывать данные Клиента.

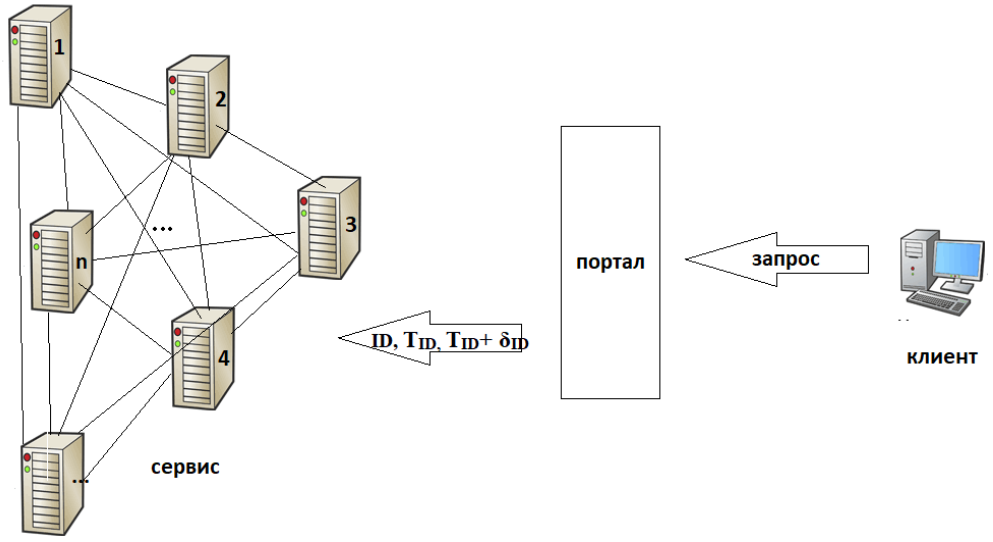


Рисунок 1 - Шаги 1-3:

Шаг 4: Каждый сервер P_i Сервиса получает запрос.

Шаг 5: Каждый сервер P_i выбирает случайные значения $a_{i0}, a_{i1}, \ldots, a_{ik}, b_{i0}, b_{i1}, \ldots, b_{ik}$, где $k=t-1$, из поля F_p (т.е. $0 \leq a_{ir} < p$, $0 \leq b_{ir} < p$). a_{i0} является частью закрытого ключа.

Шаг 6: Затем каждый сервер P_i вычисляет $s_{ij} = a_{i0} + a_{i1}j + a_{i2}j^2 + \cdots + a_{ik}j^k \ (mod\ q)$ и $s'_{ij} = b_{i0} + b_{i1}j + b_{i2}j^2 + \cdots + b_{ik}j^k \ (mod\ q)$, где $j \neq i$ - номер сервера P_j, $1 \leq j \leq n$.

Шаг 7: Затем каждый сервер P_i вычисляет $C_{ir} = a_{ir}G + b_{ir}G'$, $0 \leq r \leq k$ (здесь применяются операция сложения точек эллиптической кривой и умножение точки на число).

Шаг 8: Затем каждый сервер P_i отправляет s_{ij} и s'_{ij} серверам P_j по закрытым каналам связи между P_i и P_j, а C_{ir} $(0 \leq r \leq k)$ открыто публикует со своей цифровой подписью $SIGN_i$.

Шаг 9: Каждый сервер P_i получив s_{ji} и s'_{ji} от серверов P_j, $1 \leq j \leq n$, $j \neq i$, проверяет равенство

$$s_{ji}G + s'_{ji}G' = \sum_{r=0}^{k} i^r C_{jr} \ . \qquad (*).$$

Если равенство (*) не выполняется для значений s_{ji} и s'_{ji}, полученных от сервера P_j, то сервер P_i выражает жалобу против P_j.

Если сервер P_i получает жалобу против себя, то он опубликовывает со своей цифровой подписью $SIGN_i$ значения s_{ij} и s'_{ij}, удовлетворяющие равенству (*).

Шаг 10: Каждый сервер P_i отмечает дисквалифицированным каждый сервер, который получил более k жалоб или ответил на жалобу значениями, не удовлетворяющими равенству (*).

Шаг 11: Каждый сервер P_i создает множество Q всех не дисквалифицированных серверов. Каждый сервер P_i из множества Q вычисляет $A_{i0} = a_{i0}G$ и публикует A_{i0} со своей цифровой подписью $SIGN_i$.

Шаг 12: Каждый сервер P_i из множества Q получает A_{j0} и вычисляет открытый ключ $Pk_i = \sum_{j \in Q} A_{j0}$.

Шаг 13: Каждый сервер P_i формирует ключевую структуру K_{ID}=(ID, T_{ID}, δ_{ID}, $PK_{ID} = Pk_i$) со своей цифровой подписью $SIGN_i$.

Шаг 14: Каждый сервер P_i отправляет сформированную ключевую структуру порталу.

Шаг 15: Портал отправляет полученные ключевые структуры Клиенту.

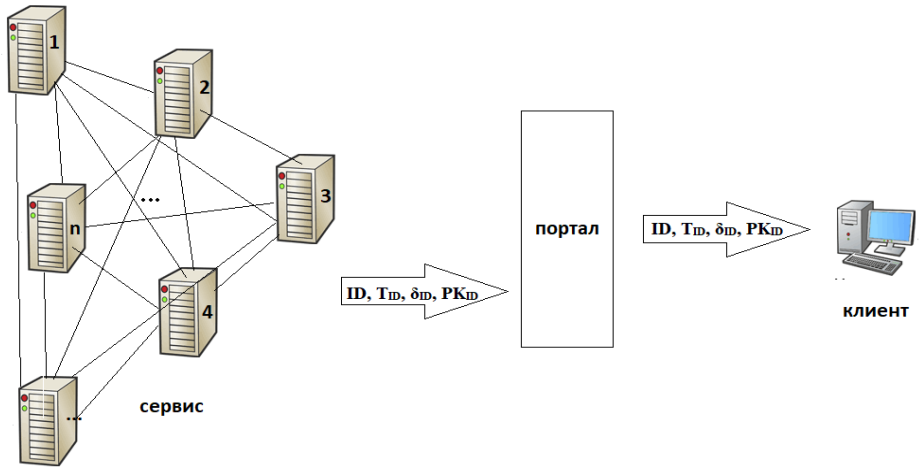


Рисунок 2 - Шаги 14-15:

Шаг 16: Клиент проверяет соответствие цифровых подписей $SIGN_i(K_{ID})$ опубликованным ключевым структурам K_{ID} минимум для t участников и их идентичность.

Шаг 17: Клиент генерирует симметричный ключ s для шифрования сообщения m.

Шаг 18: Клиент зашифровывает сообщение m ключом s.

Шаг 19: Клиент зашифровывает симметричный ключ s следующим образом. Ключ s помещается в точку эллиптической кривой: выбирается точка $M = (x,y)$ такая, что часть вектора x фиксирована и соответствует ключу s, а вектор y удовлетворяет уравнению эллиптической кривой при выбранном x, т.е. y – квадратный корень по модулю p (алгоритм Шенкса). Выбирается случайное число r, $0 < r < q$. Вычисляется $C_1 = rG$: $rG = G + G + \cdots + G$ (r раз) (+ - операция сложения точек эллиптической кривой). Вычисляется $C_2 = M + rPk$, где Pk - открытый ключ (точка эллиптической кривой). Пара (C_1, C_2) – шифртекст.

Шаг 20: Клиент отправляет зашифрованное сообщение m и зашифрованный симметричный ключ s Порталу.

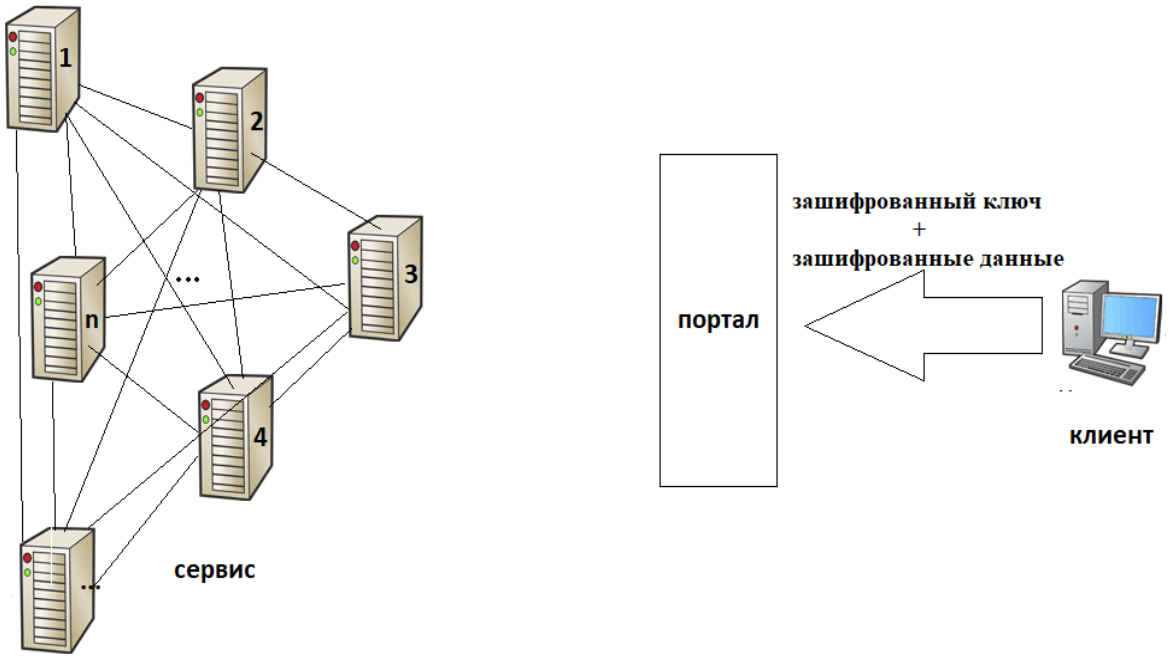


Рисунок 3 - Шаг 20:

Шаг 21: Портал сохраняет полученные зашифрованные данные и зашифрованный ключ в своей базе данных с привязкой к указанным в запросе идентификатору Клиента и временным параметрам.

Шаг 22: Портал при достижении времени, раньше которого нельзя расшифровывать данные Клиента, или позже этого времени отправляет запрос Сервису на получение закрытого ключа с указанием идентификатора Клиента, открытого ключа и временных параметров.

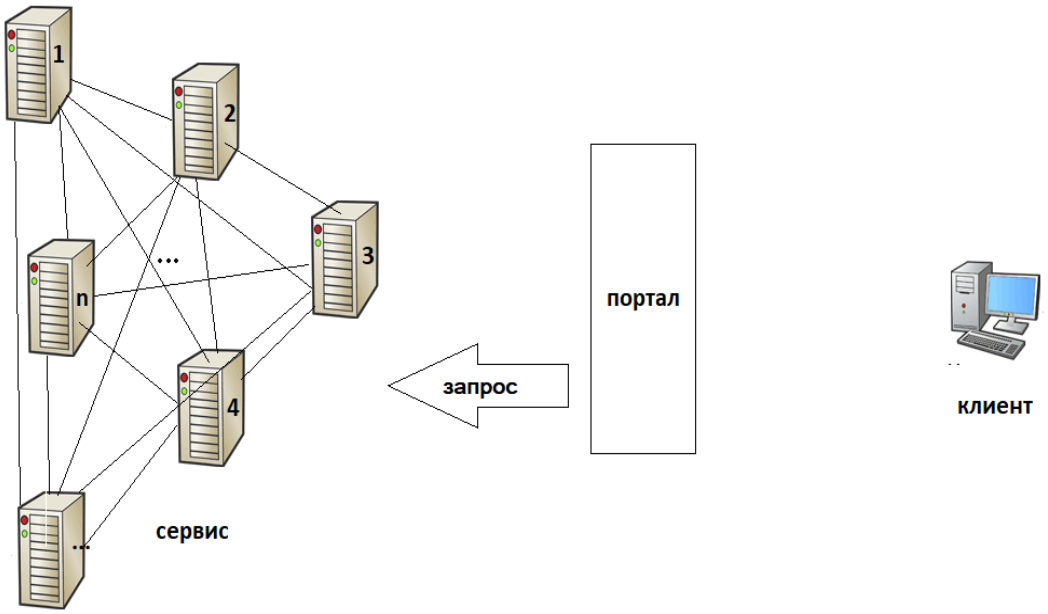


Рисунок 4 - Шаг 22:

Шаг 23: Каждый сервер Сервиса получает запрос, отправляет собственный закрытый ключ остальным серверам.

Шаг 24: Каждый сервер Сервиса получает закрытые ключи остальных серверов, вычисляет общий закрытый ключ, сохраняет его в своей базе данных с привязкой к соответствующему общему открытому ключу и отправляет закрытый ключ Порталу.

Шаг 25: Портал получает закрытый ключ, расшифровывает этим ключом симметричный ключ следующим образом. Вычисляется DkC_1, где Dk – закрытый ключ. Вычисляется $-DkC_1$ (обратный элемент для DkC_1). Вычисляется $(-DkC_1) + C_2 = M$.

Шаг 26: Портал расшифровывает данные Клиента.

Примечание. Возможно использование в составе Сервиса небольшой сети менеджеров, которые действуют как “команда управления” Сервисом. В задачи этой команды входит создание расписания открытых и соответствующих закрытых ключей, создаваемых Сервисом; ведение внутренней доски объявлений для использования участниками Сервиса; ведение открытой доски объявлений для пользователей Сервиса. Каждый менеджер будет вести собственные копии этих двух досок объявлений. Серверы и пользователи Сервиса будут смотреть на сообщения, размещенные на каждом из копий досок объявлений, и определять правильные значения большинством записей. Каждый сервер Сервиса сопровождает каждое сообщение цифровой подписью. Действия всех участников протокола синхронизируются при помощи общедоступных и надежных часов таких, как предоставляемых NIST. Сервис может генерировать ключевые структуры на периодической основе; например, каждый день он может создавать ключи со сроком службы 1 неделю, или каждые 30 минут создавать ключи со сроком службы 2 часа. Такое расписание размещается менеджерами на открытой доске объявлений. Кроме того, Сервис может принимать запросы от пользователей генерировать новые ключи с заданным сроком службы; менеджеры принимают эти запросы и размещают их на открытой доске объявлений. Серверы Сервиса создают ключи согласно протокола, подписывают их и опубликовывают подписанные ключевые структуры на открытой доске объявлений.

Заключение.

В данной работе рассмотрена модель функционирования отказоустойчивой системы резервного хранения данных на заданное время. Модель построена на основе криптографического протокола шифрования на заданное время ECTLC. Протокол представляет собой эффективную комбинацию протокола распределенной генерации ключей, основанный на дискретном логарифмировании на эллиптических кривых, протокол проверяемого порогового разделения секрета Педерсена и алгоритм шифрования Эль-Гамаля на эллиптических кривых, алгоритма электронной цифровой подписи. Протокол предусматривает использование согласованных параметров, таких, как модуль эллиптической кривой простое число p, уравнение эллиптической кривой, коэффициенты уравнения a и b из поля F_p, точка эллиптической кривой G простого порядка q в случае алгоритма шифрования Эль-Гамаля на эллиптических кривых. Поэтому в дальнейшем необходимо будет осуществить исследование и выбор наиболее эффективных для разрабатываемого протокола указанных выше алгоритмов, протоколов и параметров. В основе протокола ECTLC лежит один из подходов к решению задачи отправки секретных сообщений в будущее, известный как Time-Lapse Cryptography (TLC), описанный в [5], [6]. Однако вместо алгоритмов распределенной генерации ключей, проверяемого порогового разделения секрета и шифрования, используемых в TLC, применяются алгоритмы на основе криптографии на эллиптических кривых, что предполагает большую эффективность. В тоже время предполагается, что эти изменения не влияют на устойчивость к известным атакам, обоснованную в [5].

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке КН МНВО РК, № AP14869013.

ЛИТЕРАТУРА

[1] May, T.C. (1994) The Cyphernomicon: Cypherpunks FAQ and More, v. 0.666, September 10, 1994.

[2] Rivest, R. L., Shamir, A., Wagner, D. A. (1996) “Time-lock puzzles and timed-release crypto”, Technical Report MIT/LCS/TR-684, MIT.

[3] Bellare, M., Goldwasser, S. (1997) “Verifiable partial key escrow”, ACM Conference on Computer and Communications Security, pp. 78–91.

[4] Blake, I. F., Chan, A. C.-F. (2005) “Scalable, server-passive, user-anonymous timedrelease public key encryption from bilinear pairing”, Proceedings of 25th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems, pp. 504 – 513.

[5] Rabin, M.O., Thorpe, C.A. (2006) “Time-lapse cryptography”, Technical report TR-22-06, Harvard University School of Engineering and Computer Science.

[6] Rabin, M.O., Thorpe, C.A. (2007) “Method and apparatus for time-lapse cryptography”, U.S. Patent 8,526,621.

[7] Thorpe, C.A., Barrientos, M., Rabin, M.O. (2009) “Implementation of A Time-Lapse Cryptography Service”, IEEE Symposium on Security and Privacy, Oakland.

[8] Seitkulov Ye.N., Ospanov R.M., Maimanov E.M. Data encryption service for a given time // “Information security in the light of the Kazakhstan-2050 Strategy”: Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference (October 15-16, 2015, Astana). - Astana, 2015. - pp. 308-317. (In Russian)

[9] Tang, C., Chronopoulos, A.T. (2005) “An Efficient Distributed Key Generation Protocol for Secure Communications with Causal Ordering”, Proceedings of IEEE ICPADS 2005, The 11th International Conference on Parallel and Distributed Systems, 20-22 July 2005, Volume 2, Fukuoka, Japan, pp. 285 - 289.

[10] Seitkulov Ye..N., Ospanov R.M., Yergaliyeva B.B. On one method of storing information for a given time // Bulletin of KazNITU.- Almaty: KazNITU, 2021.-No. 143(3). - pp. 167-173 (In Russian)

[11] Yergaliyeva, B., Seitkulov, Y., Satybaldina, D., Ospanov R. On some methods of storing data in the cloud for a given time // TELKOMNIKA Telecommunication Computing Electronics and Control Vol. 20, No. 2, April 2022, pp. 366-372, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v20i2.21887

[12] Doku, R., Rawat, D. B., Liu, C. (2020) "On the Blockchain-Based Decentralized Data Sharing for Event Based Encryption to Combat Adversarial Attacks", IEEE Transactions on Network Science and Engineering, doi: 10.1109/TNSE.2020.2987919.

[13] Alvarez, R., Nojoumian, M. (2019) “Comprehensive Survey on Privacy-Preserving Protocols for Sealed-Bid Auctions”, Computers and Security (C&S), Elsevier, vol 88, pp. 101502-101515.

[14] Sun, J, Liu, N. (2017) “Incentivizing Verifiable Privacy-Protection Mechanisms for Offline Crowdsensing Applications”, Sensors. 2017; 17(9):2024. https://doi.org/10.3390/s17092024

[15] Luong, N. C., Hoang, D. T., Wang, P., Niyato, D., Han, Z. (2017) “Applications of Economic and Pricing Models for Wireless Network Security: A Survey”, IEEE Communications Surveys and Tutorials, vol. 19, no. 4, 7994586, pp. 2735-2767. https://doi.org/10.1109/COMST.2017.2732462

[16] Herzberg, A., Jarecki, S., Krawczyk, H., Yung, M. (1995) “Proactive secret sharing or: How to cope with perpetual leakage”, In: Coppersmith D. (eds) Advances in Cryptology — CRYPT0’ 95. CRYPTO 1995. Lecture Notes in Computer Science, vol 963. Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 339–352. https://doi.org/10.1007/3-540-44750-4_27

[17] Baron, J., ElDefrawy, K., Lampkins, J., Ostrovsky, R. (2015) “Communication-Optimal Proactive Secret Sharing for Dynamic Groups”, Cryptology ePrint Archive, Report 2015/304, 2015, Available at: https://eprint.iacr.org/2015/304 (Accessed: 15 September 2022)

[18] Brendel, J., Demirel, D. (2017) “Efficient Proactive Secret Sharing”, Cryptology ePrint Archive, Report 2017/719, 2017, Available at: https://eprint.iacr.org/2017/719 (Accessed: 15 September 2022)

[19] Low, A., Krishna, D., Zhang, F., Wang, L., Zhang, Y., Juels, A., Song, D. (2019) “Proactive Secret Sharing in Dynamic Environments”, EECS Department University of California, Berkeley Technical Report No. UCB/EECS-2019-62, May 17, 2019, Available at: http://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2019/EECS-2019-62.pdf (Accessed: 15 September 2022)

[20] Bernstein D.J., Lange T. SafeCurves: choosing safe curves for elliptic-curve cryptography. http://safecurves.cr.yp.to (Accessed: 15 September 2022)

Олжас Тасмағамбетов, докторант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, 5999454@mail.ru

Ержан Сейткулов, ф.-м.ғ.к., профессор, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, yerzhan.seitkulov@gmail.com

Руслан Оспанов, ғылыми қызметкер, Л. Н. Гумилева атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, hamza13@mail.com

Нурлан Ташатов, ф.-м.ғ.к., ғылыми қызметкер, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, tash.nur@mail.com

Бану Ергалиева, докторант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, banu.yergaliyeva@gmail.com

ҚҰПИЯ ДЕРЕКТЕРДІ САҚТАУҒА АРНАЛҒАН АҚАУЛАРҒА ТӨЗІМДІ СИСТЕМАНІҢ ФУНКЦИЯЛЫҚ МОДЕЛІ

Аңдатпа. Жұмыста берілген уақыт ішінде криптографиялық шифрлау протоколы негізінде құпия деректердің сақтық көшірмесін жасау үшін ақауларға төзімді қызметтің жұмыс істеу моделі қарастырылған. Бұл мәселені шешу үшін хабарламаларды шифрлауды қамтамасыз ететін криптографиялық протоколдар бар, олардың шифрын шешу белгіленген уақыттан ерте емес мүмкін болады. Мұндай хаттамалар таратылған кілттерді генерациялау хаттамаларының әртүрлі нұсқаларының, белсенді құпияны бөлісуге арналған хаттамалардың, асимметриялық шифрлау алгоритмдерінің және цифрлық қолтаңба алгоритмдерінің тиімді үйлесімі болып табылады. Осындай криптографиялық хаттамалардың негізінде құпия деректердің сақтық көшірмесін жасау үшін ақауларға төзімді сервисті әзірлеуге және енгізуге болады. Бұл үлкен көлемдегі құпия ақпаратпен жұмыс істейтін маңызды ақпараттық жүйелердің жұмыс істеу қауіпсіздігін қамтамасыз етудегі маңызды мәселелердің бірі.

Түйінді сөздер. Ақпараттық қауіпсіздік, криптография, криптографиялық алгоритмдер, сақтық көшірме сақтау, жүйе ақауларына төзімділік.

Olzhas Tasmagambetov, doctoral student, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, 5999454@mail.ru

Yerzhan Seitkulov, candidate of physical and мathematical sciences, professor, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, yerzhan.seitkulov@gmail.com

Ruslan Ospanov, researcher, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, hamza13@mail.com

Nurlan Tashatov, candidate of physical and мathematical sciences, researcher, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, tash.nur@mail.com

Banu Yergaliyeva, doctoral student, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, banu.yergaliyeva@gmail.com

FUNCTIONING MODEL OF A FAULT-TOLER SYSTEM FOR BACKUP OF CONFIDENTIAL DATA

The paper considers a model of functioning of a fault-tolerant system for backup storage of confidential data based on a cryptographic encryption protocol for a given time. To solve this problem, there are cryptographic protocols that provide encryption of messages, the decryption of which will be possible not earlier than a specified time. Such protocols are an effective combination of various variants of distributed key generation protocols, protocols for proactive secret sharing, asymmetric encryption algorithms, and digital signature algorithms. Based on such cryptographic protocols, it is possible to develop and implement a fault-tolerant service for backing up confidential data. This is one of the important problems in ensuring the security of the functioning of critical information systems that operate with large amounts of confidential information.

Keywords. Information security, cryptography, cryptographic algorithms, backup storage, system fault tolerance.

****

УДК 681.5.011 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-235-244**

М.Х. Шалабаева[1], Б.С. Ахметов[2], В.А. Лахно[3], Ж.К. Алимсеитова[4,5], А.К. Абуова[1]
[1]Қазақ қатынас жолдары университеті, Алматы, Қазақстан,
[2]Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан,
[2]Украинаның Ұлттық биоресурстар және табиғатты пайдалану университеті, Киев, Украина
[4]Сәтбаев университет, Алматы, Қазақстан,
[5]Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: zh.alimseitova@alt.edu.kz

САПАНЫ МОНИТОРИНГІЛЕУДІҢ МОБИЛЬДІ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІН ЖАСАУ

Аңдатпа. Ауа сапасын мониторингілеудің мобильді жүйесі (АСММЖ) әзірленіп, жүзеге асырылды. Жүйе (немесе АСММЖ) негізгі екі бөліктен тұрады: деректерді өңдеудің біртұтас сервері және ақпаратты жинау құрылғылары. Таратқыш ATmega328 микробақылау базасында құрылған. Жұмысы Wi-Fi желісіне тәуелді АСММЖ құрамдас құрылғылары үшін ESP8266 микробақылау базасында таратқыш пайдаланылды. Соңғысы 802.11n стандарты бойынша тұрақты қосылымды қамтамасыз етеді. Бұл стандарт қоршаған орта деректерін жинау құрылғылары мен MQTT сервері арасындағы негізгі деректерді беру хаттамасы болып табылады. Енгізілген АСММЖ-де деректерді өңдеу сервері MQTT хаттамасы арқылы барлық құрылғылардан әрбір датчиктің жай-күйі және қоршаған ортаның ластануымен қатар жүретін жерлерде құрылғының орналасуы туралы ақпаратты алады. Барлық деректер уақытша белгілермен сәйкес пішімде сервердегі дерекқорға белгілі бір мерзімде жазылады. Сақталған деректерге қол жеткізу үшін веб-браузері бар барлық құрылғылардан АСММЖ басқаруға мүмкіндік беретін WEB интерфейсі пайдаланылады.

Түйінді сөздер. Қоршаған ортаны бақылау, мобильді мониторинг жүйесі, бағдарламалық қамтамасыз ету.

Кіріспе.

Жаһандық өнеркәсіптік өркениет дамуының маңызды мәселелерінің бірі қоршаған ортаның антропогендік шығарындылармен ластануы болып табылады.

Сонымен қатар технологиялық объектілерді пайдалану кезінде туындайтын ең қауіпті құбылыстардың бірі қауіпті улы заттардың шығарындыларымен жүретін апатты жағдайлар болып табылады.

Қоршаған ортаны басқарудың тиімді жүйесін қалыптастыруға заманауи көзқарастағы қажетті қадам арнайы экологиялық ақпараттық жүйені құру болып табылады. Бұл табиғатты пайдалану процесінде экологиялық және экономикалық зиянның объективті бағасын алуға мүмкіндік береді. Ауа сапасын мониторингілеудің мобильді жүйелері (АСММЖ) осындай экологиялық ақпараттық жүйенің құрамдас бөлігі бола алады [1-15].

Жұмыстың мақсаты: темір жол көлігіндегі техногендік апаттар болған орындарда пайдалану үшін ауа сапасын мониторингілеудің мобильді автоматтандырылған жүйесін әзірлеу және жүзеге асыру.

Материалдар мен тәсілдер.

Зерттеу аясында жасалған АСММЖ прототипі Arduino ең кішкентай тақталарының бірі Arduino Nano платформасында әзірленді [16, 17]. Бұл тақта оның жалпы өлшемдері негізінде таңдалды және жинақылығы маңызды жобаларда жиі қолданылады.

Сондай-ақ АСММЖ-де Wi-Fi интерфейсімен қытайлық Espressif өндірушісінің микробақылауы- ESP8266 қолданылды [18]. Wi-Fi-дан басқа, микробақылау SPI интерфейсімен сыртқы флэш-жадтан бағдарламаларды орындауға қабілетті.

Микробақылауда пайдаланушыға арналған энергияға тәуелсіз тұрақты жады жоқ. Бағдарлама қажетті бағдарлама фрагменттерін нұсқаулық кэшіне динамикалық түрде жүктеу арқылы сыртқы SPI ТЖҚ (тұрақты жад құрылғысы)-нан орындалады. 16 Мбайтқа дейінгі бағдарламаның сыртқы жадына қолдау көрсетіледі.

ESP8266 кіру нүктесі де, соңғы станция ретінде де жұмыс істей алады. Жергілікті желінің қалыпты жұмысы кезінде ESP8266 соңғы нүкте режиміне орнатылады. Ол үшін Wi-Fi желісінің SSID кодын және жабық желілерде кіру құпия сөзін орнату қажет.

Белгілі бір материалдарды тасымалдау кезінде радиоактивті заттардың бөлінуіне әкелуі мүмкін болғандықтан, АСММЖ Гейгер есептегішімен жабдықталған.

Бұл АСММЖ модулі Arduino бақылауы негізінде дозиметрді жинауға мүмкіндік берді. АСММЖ модулі ең жиі қолданылатын Гейгер датчиктерімен үйлесімді. Кеңейту тақтасы дыбыстық және визуалды сәулелену индикация жүйесімен жабдықталған.

Жиналған құрылғы қауіпті радиация деңгейін және радиактивті материалдарды теміржол апаты орнында жоғары дәлдіктегі детектор ретінде пайдалануға болады.

АСММЖ шаңдану деңгейін бақылау үшін жеке датчик – оптикалық шаң датчигі GP2Y1010AU0F пайдаланылды. GP2Y1010AU0F оптикалық датчигі ауадағы шаңдану немесе түтіндену дәрежесін өлшеуге арналған (0,6 мг / м3 дейін).

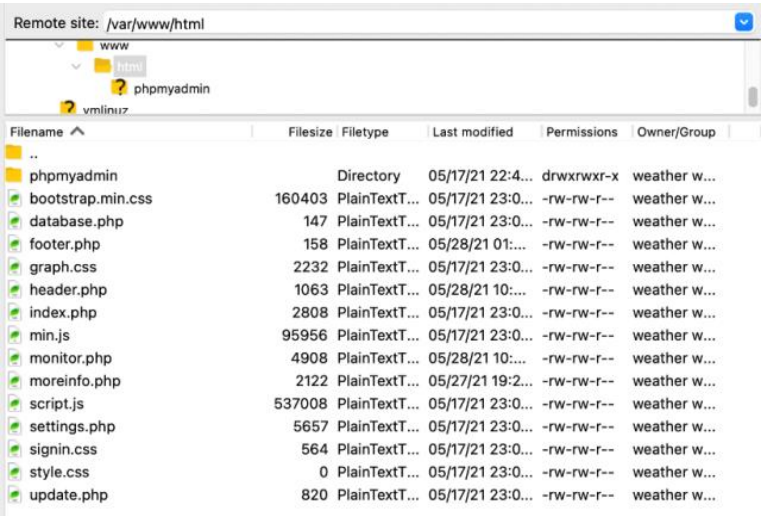
Ауа датчигінің модулі көптеген ауа параметрлерін өлшейтін SSI811, Si7021 және BME280 датчиктерінің үйлесімін қамтиды.

Arduino-ны датчиктерге қосу үшін I2C жүйелі интерфейсі пайдаланылды.

CCS811кіріктірілген сенсор бірнеше өлшеу режимдерін қолдайды.

АСММЖ-де қажетті ақпаратты шығару веб-интерфейстің көмегімен жүзеге асырылады, ол датчиктері бар құрылғыларды басқару жүйесі болып табылады.

Баптаулар парақшасында құрылғыларды қосуға және жоюға болады. Сайтты орнату үшін барлық файлдарды / var/www/html папкасына көшіру керек, бұл операцияны орындау нәтижесі 1-суретте көрсетілген.



1 сурет – /var/www/html папкасының мазмұны

Темір жол апаты немесе төтенше жағдай орнындағы ауа сапасын мониторингілеу сайты бес веб-парақшадан тұрады:

- АСММЖ негізгі парақшасы;
- қосылған құрылғыларды мониторингілеу парақшасы;
- әрбір құрылғыға арналған сызбалар бойынша толық ақпарат парақшасы;
- жүйені әзірлеушілер парақшасы;
- құрылғыларды басқару парақшасы.

Сайт мекенжайын енгізгеннен кейін пайдаланушы жүйенің негізгі парақшасына өтеді. Бұл парақшада жүйе туралы жалпы ақпарат болады.

GPS модулі бар құрылғылар үшін орны көрсетілген карта автоматты түрде жүктеледі. Парақшада мынадай параметрлер бойынша АСММЖ датчиктерінің соңғы жаңарту деректерін көрсетеді:

- иондаушы сәулелену датчигінен алынған мәліметтер;
- шаң датчигінен алынған деректер;
- қоршаған ортаның температурасы;
- ауаның ылғалдылығы;
- атмосфералық қысым;
- CO2 концентрациясы;
- жарықтандыру деңгейі;
- иіс газы мен басқа газдар деңгейі.

АСММЖ құрамына кіретін әрбір құрылғы бойынша соңғы 24 сағаттағы толық ақпаратты көруге болады. Сайттағы ақпарат АСММЖ датчигінің әрқайсысы үшін сызбалар түрінде ұсынылады. АСММЖ сызбалары бар парақшаның мысалы 2-суретте көрсетілген.

2 сурет – Теміржол апаты болған жердегі ауаның жай-күйі туралы сызбалары бар қосымша ақпаратты көрсетуге арналған парақша

Баптаулар парақшасында деректер қорынан және АСММЖ мониторингілеу жүйесінен құрылғыларды қосуға және жоюға болады. MQTT арқылы қосылған, бірақ деректер қорына қосылмаған құрылғы жүйеде көрсетілмейді. Жаңа құрылғыны қосқан кезде жүйе АСММЖ датчиктерінің көрсеткіштерін сақтау үшін деректер қорында оған автоматты түрде жаңа кесте жасайды.

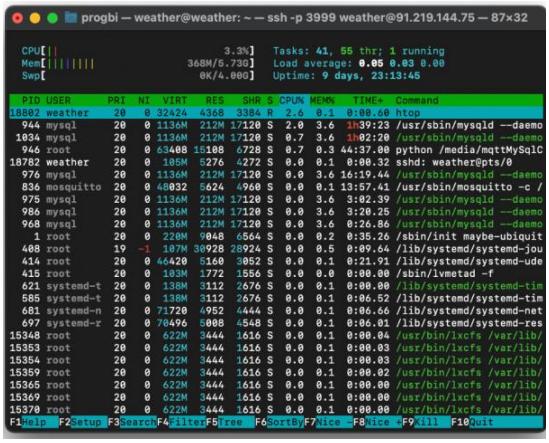
Мониторингілеу нәтижелерін, мысалы, темір жол диспетчеріне көрсететін сайт мынадай бағдарламалау тілдерінде жазылған: PHP, HTML, CSS, JS, Python, SQL. АСММЖ деректер базасына қосылу кезінде қателер болған жағдайда жүйе пайдаланушыға тиісті қате коды туралы хабарлайды. Құрылғы жойылған кезде оның кестесі де деректер қорынан жойылады, сондықтан сақталған деректерді қалпына келтіру мүмкін болмайды. Баптаулар парақшасы пайдаланушының логині мен құпия сөзі арқылы қорғалған.

АСММЖ аппараттық бөлігі әртүрлі типтегі микробақылауда жұмыс істей алады, жұмысты орындау барысында Atmega328 және ESP8266 микробақылау базасында құрылғылар сәтті сынақтан өтті. АСММЖ модульділігі микробақылауға датчиктерді қосудың әртүрлі нұсқаларын қамтамасыз етеді. АСММЖ жүйесі әрқайсысында бес датчигі бар 100 құрылғыны қосуға есептелген. Әрбір құрылғының 00-ден 99-ға дейінгі бірегей идентификаторы бар. Микробақылауға қойылатын негізгі талап – MQTT хаттамасы бойынша деректерді беру мүмкіндігі. Жергілікті пайдалану үшін құрылғылар деректерді серверге жіберу үшін қаланың WiFi желісін пайдалана алады, ауылдық жерлерде пайдаланылған жағдайда шалғай және электрлендірілмеген аумақтарда сенімді байланысты қамтамасыз ету үшін құрылғылар GPRS байланыс модулімен жабдықталуы мүмкін.

TP4056 және MT3608 микросұлбалары компоненттерді үздіксіз қуатпен қамтамасыз ету және АСММЖ аккумуляторларын қайта зарядтау үшін қолданылады. 18650 типті, сыйымдылығы 2000 мА/сағ. үш дана аккумулятор пайдаланылған.

Температураны, ауа ылғалдылығын, атмосфералық қысымды, CO2 концентрациясын анықтайтын датчиктер ішкі компоненттерден қосымша қызуды азайту және жылдам ауа алмасу үшін корпустың сыртында болады.

Серверлік бағдарламалық қамтамасыз ету темір жол апаттары болған жерлердегі ауа сапасын мониторингілеу жүйесіндегі маңызды функциялардың бірін орындайды. Сервер апат ауданындағы құрылғылардан деректерді алады, датчиктерден ақпаратты сүзеді де сақтайды және сақталған ақпаратты сызбалар түрінде көруге рұқсат береді. Бұл сервер функцияларын орындау үшін есептеу ресурстарының жеткілікті мөлшерін қамтамасыз ету керек. Қосылған екі құрылғымен нақты сервер жүктемесі және минут сайын деректерді тасымалдау 3-суретте көрсетілген.



3 сурет - Сервер жүктемесі

Теміржол желісіндегі ауа сапасын мониторингілеу құрылғылары қашықтан жұмыс істейді, сондықтан олардың әрқайсысына физикалық түрде жылдам қосылу мүмкін емес. Құрылғылардың жұмыс тұрақтылығын қадағалау үшін серверге «Қосылғаннан кейінгі тасымалдау сеанстарының саны» параметрі жіберіледі. Бұл параметр құрылғының қайта жүктеусіз қанша уақыт жұмыс істеп тұрғанын анықтауға мүмкіндік береді, мысалы, егер бұл параметр 10000-ға тең болса және деректер осы құрылғыға секунд сайын жіберілсе, онда бұл құрылғы 2 сағат 47 минут қайта жүктеусіз жұмыс істейді.

MQTT деректерін тасымалдау хаттамасы бойынша құрылғыларды қосуды тексеру үшін MQTTool мобильді қосымшасын пайдалануға болады.

Сервер мүмкіндіктерін тексеру үшін тест құрылғылары деректерді минут немесе секунд сайын жібереді, бұл қажетті уақыт аралығы үшін қалыпты деректерді беру кезеңі бар көптеген құрылғылар мөлшерімен жүйені модельдеуге мүмкіндік береді. Мұндай жұмыс режимінде АСММЖ ұзақ уақыт бойы тұрақты жұмыс істейді.

Антенналары, қуат қосқыштары және қосу түймесі жойылған су өткізбейтін корпустағы құрылғының соңғы көрінісі 4-суретте көрсетілген.

4 сурет - Құрылғының ішкі көрінісі

Нәтижелер және талқылау.

АСММЖ көмегімен жағдайды бағалау, әзірленген бағдарламалық өнім арқылы жою бөлімшелерінің жұмыс жүктемесінің дәрежесін модельдеу, апатты жағдайларға ден қою үшін қажетті шараларды әртүрлі сипатта жоспарлау, қабылданған шешімдерді орындаушыларға жеткізу, осындай шешімдерді орындау және түзету шараларын әзірлеу процестерін бақылау барлық басқару деңгейлерінің басшыларымен жүзеге асырылады. Әдетте, барлық көрсетілген шаралар уақыт тапшылығы жағдайында іске асырылады. Бұл, әдетте, көлік оқиғасының мән-жайы туралы ақпараттың белгісіздігі, адамдарға, объектілерге, жолаушыларға және жүк пойыздарына қауіптің болуы жағдайында орын алады, бұл ретте шешім қабылдаушы адам (ШҚА) күйзеліс жағдайында болуы мүмкін, сонымен қатар шешімнің орындалуына темір жол көліктеріне тән факторлар кедергі келтіреді.

Сондықтан басқару пункттерінің ситуациялық орталықтарының құрамында жағдайды жедел және объективті бағалау, экологиялық қауіпті апатты жағдайдың дамуын болжау бойынша ақпараттық есеп тапсырмалары үшін шешімдерді қалыптастыру, апатты жағдайды жою үшін арнайы бөлімшелердің іс-қимыл жоспарын әзірлеу мақсатында ақпаратты талдауға арналған автоматтандыру құралдарының жеткілікті өнімді кешендері, осындай іс-қимылдарды жан-жақты қамтамасыз ету

бойынша шаралар қабылдау, сондай-ақ жедел штабтың автоматтандырылған жұмыс орындары, темір жол мамандарының және жою жұмыстарын жүргізуге тартылған басқа да ұйымдар мамандарының жұмыс орындары болуы тиіс.

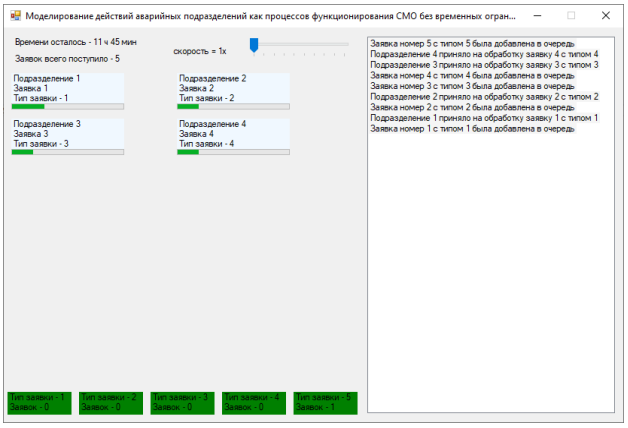
Мұндай тапсырмаларды орындау үшін толық бағдарламалық қамтамасыз ету пакетін әзірлеу осы мақаланың аясынан тыс, дегенмен, мұндай автоматтандырылған жүйенің негізгі құрамдас бөліктері біздің зерттеу барысында жүзеге асырылды. Ең алдымен, бұл темір жолдағы апат орнында ауаның сапасын автоматты түрде бағалауға мүмкіндік беретін ауа сапасын мониторингілеудің автоматтандырылған мобильді жүйесі (АСМАМЖ), сондай-ақ ADO.net технология платформасында уақыт шектеусіз жалпыға қызмет көрсету жүйесінің жұмыс істеу процесі ретінде апатты бөлімшелердің формалды іс-қимыл сипатын бағдарламалық іске асыру.

ADO.net технология платформасында уақыт шектеусіз жалпыға қызмет көрсету жүйесінің жұмыс істеу процесі ретінде апатты бөлімшелердің формалды іс-қимыл сипатын бағдарламалық іске асыру.

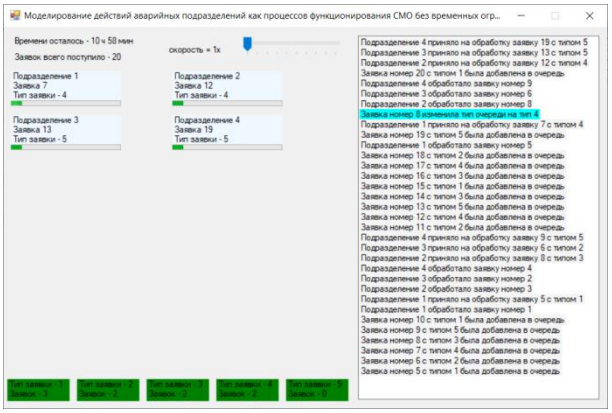
Апатты жағдайды оқшаулау және оның салдарын жою жұмыстарын сипаттайтын өтінімдердің бес түрі «талаптарға» (ден қоюды қажет ететін қауіпті факторларға) қызмет көрсетуге уақыт шектеусіз жалпыға қызмет көрсету жүйесі (ЖҚКЖ) және қызмет көрсетуге кезекте болу жүйесі ретінде қарастырылды. Мұндай теориялық тәсілмен нақты тапсырмаларға бейімделген ТМТ классикалық және математикалық әдістерін қолдануға болады.

Өтінімдердің біреуі міндетті түрде ең жоғары басымдықта болуы (кезектен тыс қызмет көрсетілуі) тиіс. Апат орнында жою жұмыстарын жүргізу барысында өтінім түрін өзгерту мүмкіндігін ескеру қажет. Сондай-ақ өтінімнің кезектен шығу ықтималдығын ескеру керек. Егер өтінім тым ұзақ кезекте болса және бірде-бір арна оны ағымдағы сәтте өңдей алмаса, осындай жағдай орын алуы мүмкін. Өтінімді қалыптастыру уақыты және оны өңдеу уақыты кездейсоқ сандар генераторының көмегімен көрсетілген диапазондағы кездейсоқ сандар түрінде құрылуы керек. ЖҚКЖ бірегей идентификаторларды беру және кездейсоқ мәндерді генерациялау үшін объектілерді модельдеуге арналған құралдармен қамтамасыз етуі керек.

Модельдеудің барлық параметрлерін баптау жою жұмыстарын жүргізуді модельдеу басталар алдында және, атап айтқанда, қоршаған орта үшін салдарды жою үшін тікелей бөлек терезеде орындалады. Аралық модельдеу нәтижелері нақты уақытта экранда шығарылады, 5-6-суреттерді қараңыз.



5 сурет – ТЖ АЖ орындарында жою бөлімшелерінің жұмыс жүктемесінің жағдайларын көрсету (барлық бөлімдер бос және өтінімдерге қызмет көрсете алады)



6 сурет – ТЖ АЖ орындарында жою бөлімшелерінің жұмыс жүктемесінің жағдайларын көрсету (өтінімдердің бірі кезек түрін өзгертті)

Жою жұмыстары барысында 5, 6-суреттердегі тиісті бөлімшелер (1-4 бөлімшелер) әртүрлі қарқындылықпен (өнімділікпен) орындалатын қызмет көрсетуге өтінімдердің алуан түрлерімен айналысуы керек. Мұндай жұмыстарға мыналар жатады: жүк қалдықтарын сақтау, жүк қалдықтарын қайта айдау (мысалы, қауіпті сұйық заттарды зақымдалған цистерналардан резервтердегілерге); жер жұмыстарын орындау кезінде экскаваторлардың жұмысы (мысалы, қауіпті сұйықтық сіңген топырақтың үстіңгі қабатын алу және шығару) және басқа жұмыстар.

Көрсетілген жою бөлімшелері мен құралдары әртүрлі жұмыс түрлерін орындау үшін бір уақытта пайдаланылуы мүмкін және бұл жұмыстар апатты жағдайдың сипатына және оның зардаптарын жою жоспарына байланысты түрлі уақытта аяқталуы мүмкін. Осылайша, жою жұмыстарының жалпы ұзақтығы «алғашқы» (кезек бойынша) жұмыстың басынан бастап (ауаның ластану дәрежесін АСММЖ көмегімен бағалау) және «соңғы» жұмыстың аяқталуына дейінгі уақытпен анықталады, ал оны анықтау және азайту тиісті математикалық әдістердің көмегімен жүзеге асырылуы мүмкін.

Мұндай тапсырмаларды орындау үшін толық бағдарламалық қамтамасыз ету пакетін әзірлеу бұл зерттеудің шеңберінен тыс, дегенмен мұндай автоматтандырылған жүйенің негізгі құрамдас бөліктері біздің зерттеу жұмысымыздың барысында жүзеге асырылды. Бұл, ең алдымен, темір жолдағы апат орнында ауаның сапасын автоматты түрде бағалауға мүмкіндік беретін ауа сапасын мониторингілеудің автоматтандырылған мобильді жүйесі (АСМАМЖ), сондай-ақ ADO.net технология платформасында уақыт шектеусіз жалпыға қызмет көрсету жүйесінің жұмыс істеу процесі ретінде апатты бөлімшелердің формалды іс-қимыл сипатын бағдарламалық іске асыру.

Қорытынды.

Жүргізілген зерттеу негізінде мынандай нәтижелер алынды:

ТЖ инфрақұрылымы объектілерінде ауа сапасын мониторингілеу жүйесі әзірленді және жүзеге асырылды. Жүйе (немесе АСММЖ) негізгі екі бөліктен тұрады: деректерді өңдеудің біртұтас сервері және ақпаратты жинау құрылғылары. Таратқыш ATmega328 микробақылау базасында құрылған. Жұмысы Wi-Fi желісіне тәуелді АСММЖ құрамдас құрылғылары үшін ESP8266 микробақылау базасында таратқыш пайдаланылды, бұл 802.11n стандарты бойынша тұрақты қосылымды қамтамасыз етеді. Бұл стандарт қоршаған орта деректерін жинау құрылғылары мен MQTT сервері арасындағы деректерді беру хаттамасы болып табылады.

802.11n хаттамасын осылай таңдау артықшылықтары: қолдану қарапайымдылығы, қарапайым басқару, байланыс арнасына төмен жүктеме, байланыс үнемі жоғалу немесе желідегі басқа мәселелер жағдайында жұмыс істеу, жіберілетін контенттің пішіміне шектеулер жоқ екендігі көрсетілді.

Енгізілген АСММЖ-де деректерді өңдеу сервері MQTT хаттамасы арқылы барлық құрылғылардан әрбір датчиктің күйі және қоршаған ортаның ластануымен жүретін теміржол апатының орнында құрылғының орналасқан жері туралы ақпаратты алады. Барлық деректер уақыт белгілерімен тиісті пішімде сервердегі деректер қорына мерзімді түрде жазылады. Сақталған деректерге қол жеткізу үшін веб-браузері бар барлық құрылғылардан АСММЖ басқаруға мүмкіндік беретін WEB интерфейсі пайдаланылады.

Мониторинг жүйесі (АСММЖ) тұрақтылық пен жылдамдыққа Украина мен Қазақстан теміржолдарында сәтті сынақтан өтті. Тестілеу кезінде деректерді тасымалдау құрылғылары өзгертілді. Атап айтқанда, электрмен жабдықтау жүйесі қосымша жоғары жиілікті сүзгілерді қолдану арқылы өзгертілді. АСММЖ веб-қосымшасының жұмысы әртүрлі виртуалдандыру жүйелерінде және берілген есептеу ресурстарының әртүрлі мөлшерінде сынақтан өтті.

ADO.net технология платформасында уақыт шектеусіз жалпыға қызмет көрсету жүйесінің жұмыс істеу процесі ретінде апатты бөлімшелердің формалды іс-қимыл сипатын бағдарламалық іске асыру орындалды. ТЖ АЖ қауіпті факторлары әсерінің қарқындылығы, жою бөлімшелерінің келу уақыты, іс-қимылын күшейту және өнімділік қарқындылығы және темір жол арқылы тасымалданатын қауіпті жүктердің қоршаған ортаға зиянын барынша азайтуға байланысты жою жұмыстарын орындау тиімділігі арасында сандық өзара байланыс орнатылды.

Әзірленген қосымшаның көмегімен компьютерлік модельдеу нәтижелері ТЖ АЖ-ның қоршаған ортаға тигізетін кері әсерін айтарлықтай азайту жою жұмыстарын жүргізу мерзімін қысқарту кезінде, сондай-ақ бөлімшелердің шоғырлану және қажетті өнімділіктің күштері мен құралдарын пайдалану уақытын қысқарту кезінде мүмкін болатынын көрсетті. Ал шоғырлану уақытының ұлғаюы кейде мұндай күштер мен құралдардың өнімділігін арттыруды талап етеді. Компьютерде имитациялық есептеу эксперименттерін жүргізу барысында, егер ТЖ АЖ салдарын жою құралдары оның сипатына сәйкес келмесе және/немесе өте өнімді болмаса, онда олар уақытында шоғырланған жерде болса да, жою тиімді болмайды. Немесе, егер жою құралдары жеткілікті тиімді болса да, бірақ олардың осы жағдайдың пайда болу орнында шоғырлануы кешіктірілсе, онда олар да нәтиже бермейді.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Rimienė, K., & Grundey, D. (2007). Logistics centre concept through evolution and definition. *Inžinerinė ekonomika*, (4), 87-95.

[2] Skripnuk, D. F., Kikkas, K. N., Safonova, A. S., & Volodarskaya, E. B. (2019, July). Comparison of international transport corridors in the Arctic based on the autoregressive distributed lag model. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 302, No. 1, p. 012096). IOP Publishing.

[3] Абуова А.К. Автоматизированные системы поддержки решений по реагированию на чрезвычайные ситуации на железнодорожном транспорте // Материалы международной практической интернет-конференции «Актуальные проблемы науки». – Алматы: КазНИТУ им. К.И. Сатпаева, 22 ноября 2018. – С.180-182. https://doi.org/10.31643/2018.034.

[4] Stroeve, S. H., Blom, H. A., & Bakker, G. B. (2009). Systemic accident risk assessment in air traffic by Monte Carlo simulation. *Safety science*, *47*(2), 238-249.

[5] Zhao, H., Zhang, N., & Guan, Y. (2018). Safety assessment model for dangerous goods transport by air carrier. *Sustainability*, *10*(5), 1306.

[6] Huang, W., Shuai, B., Zuo, B., Xu, Y., & Antwi, E. (2019). A systematic railway dangerous goods transportation system risk analysis approach: The 24 model. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, *61*, 94-103.

[7] Soroka, M. L., & Yaryshkina, L. A. (2012). Technology for the oil spills clean-up which provides preliminary accumulation of sorbents into the area of emergence and localization oil spills. *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, (42), 45-55.

[8] Michel, J., & Fingas, M. (2016). Oil Spills: Causes, consequences, prevention, and countermeasures. In *Fossil Fuels: Current Status and Future Directions* (pp. 159-201).

[9] Maslennikova, L. L., Abu-Khasan, M. S., & Babak, N. A. (2017). The use of oil-contaminated crushed stone screenings in construction ceramics. *Procedia Engineering*, *189*, 59-64.

[10] Chadwick, S. G., Zhou, N., & Saat, M. R. (2014). Highway-rail grade crossing safety challenges for shared operations of high-speed passenger and heavy freight rail in the US. *Safety Science*, *68*, 128-137.

[11] Elkins, J. A., & Carter, A. (1993). Testing and analysis techniques for safety assessment of rail vehicles: the state-of-the-art. *Vehicle System Dynamics*, *22*(3-4), 185-208.

[12] Tartakovskyi, E., Gorobchenko, A., & Antonovych, A. (2016). Improving the process of driving a locomotive through the use of decision support systems. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, (5 (3)), 4-11.

[13] Litra, M. (2014). Decision Support System for Assisting in Rail Traffic Management. *vol*, *3*, 188-204.

[14] Akhmetov B., Lakhno, V., Malyukov, V., Omarov, A., Abuova, K. Issaikin, D., Development of a decision support system on the distribution of financial resources for emergency situations elimination on railway transport//Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 97(16), с. 4401-4411, 2019.

[15] Б. С. Ахметов, В. А. Лахно, А. К. Абуова. Интеллектуальные технологии для анализа чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте// Вестник ПГУ, Серия энергетическая. № 1. – 2019. – С. 43-51

[16] Arsyad, N. A., Syarif, S., Ahmad, M., & As'ad, S. (2020). Breast milk volume using portable double pump microcontroller Arduino Nano. *Enfermeria clinica*, *30*, 555-558.

[17] Santosa, E. S. B., & Waluyanti, S. (2019, November). Teaching Microcontrollers using Arduino Nano Based Quadcopter. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1413, No. 1, p. 012003). IOP Publishing.

[18] Mesquita, J., Guimarães, D., Pereira, C., Santos, F., & Almeida, L. (2018, September). Assessing the ESP8266 WiFi module for the Internet of Things. In *2018 IEEE 23rd International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)* (Vol. 1, pp. 784-791). IEEE.

Maira Shalabayeva, doctoral student, Kazakh University ways of Communications, Almaty, Kazakhstan, **m.shalabaeva@mail.ru**

Bakhytzhan Akhmetov, doctor of technical sciences, professor, Abai Kazakh National pedagogical university, Almaty, Kazakhstan, bakhytzhan.akhmetov.54@mail.ru

Valerii Lakhno, doctor of technical sciences, professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

Zhuldyz Alimseitova, PhD, associate professor, Satpayev University, senior lecturer, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, zhuldyz_al@mail.ru

Akbala Abuova, docent, associate professor, Kazakh University ways of Communications, Almaty, Kazakhstan, akbala86@gmail.com

DEVELOPMENT OF A MOBILE AUTOMATED QUALITY MONITORING SYSTEM

Annotation. A mobile air quality monitoring system (MAMSKV) was designed and implemented. The system (or MASMCV) consists of two main parts: a single data processing server and information collection devices. The transmitter is based on the ATmega328 microcontroller. For MASMCV component devices whose operation depends on Wi-Fi, a transmitter based on the ESP8266 microcontroller was used. The latter provides a stable connection according to the 802.11n standard. This standard is the main communication protocol between environmental data collection devices and the MQTT server. In the implemented MACCM, the data processing server receives information via the MQTT protocol from all devices about the status of each sensor and the location of the device in

places accompanied by environmental pollution. All data is periodically written to the database on the server in the appropriate format with timestamps. To access the stored data, a WEB interface is used, which allows administering MACCM from all devices that have a web browser.

Keywords. Environmental monitoring, mobile monitoring system, software.

Майра Шалабаева, докторант, Казахский университет путей сообщения, Алматы, Казахстан, **m.shalabaeva@mail.ru**

Бахытжан Ахметов, д.т.н., профессор, Казахский Национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан, bakhytzhan.akhmetov.54@mail.ru

Валерий Лахно, д.т.н., профессор, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Жулдыз Алимсеитова, PhD, ассоциированный профессор, Сатпаев университет, сениор-лектор Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, zhuldyz_al@mail.ru

Акбала Абуова, доцент, ассоциированный профессор, Казахский университет путей сообщения, Алматы, Казахстан, akbala86@gmail.com

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА

Аннотация. Спроектирована и реализована мобильная система мониторинга качества воздуха (МАСМКВ). Система (или МАСМКВ) состоит из двух основных частей: единого сервера обработки данных и устройств сбора информации. Передатчик построен на базе микроконтроллера ATmega328. Для компонентных устройств МАСМКВ, работа которых зависит от Wi-Fi, использован передатчик на базе микроконтроллера ESP8266. Последнее обеспечивает стабильную связь по стандарту 802.11n. Данный стандарт является основным протоколом передачи данных между устройствами сбора данных об окружающей среде и сервером MQTT. В реализованном МАСМКВ сервер обработки данных получает информацию через протокол MQTT со всех устройств о состоянии каждого датчика и местонахождение устройства в местах, сопровождающихся загрязнением окружающей среды. Все данные с определенной периодичностью записываются в базу данных на сервере в соответствующем формате с временными метками. Для доступа к хранимым данным используется WEB-интерфейс, что позволяет администрировать МАСМКВ из всех устройств, которые имеют веб-браузер.

Ключевые слова: мониторинг окружающей среды, мобильная система мониторинга, программное обеспечение.

****

УДК 004.89 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-245-255**

Ж.К. Алимсеитова[1,2], Ф.У. Маликова[2], А.И. Акжолова[2]
[1]Satbayev University, Алматы, Қазақстан,
[2]Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: zhuldyz_al@mail.ru

«ЖОО-НА ТҮСУ КЕЗІНДЕ МАМАНДЫҚ ТАҢДАУ» БОЙЫНША БІЛІМ БАЗАСЫНЫҢ МОДУЛЬДІК ҚҰРЫЛЫМЫ

Аңдатпа. Мақалада жоғары оқу орнына түсу кезінде талапкер үшін ең жақсы мамандықты таңдаудың көп өлшемді мәселесін шешу үшін модульдік принцип негізінде шешім қабылдау процестерін таратуға негізделген сараптамалық жүйенің білім қорын құру әдісі ұсынылған. Мамандық таңдаудың көп критериалды міндеті қоса қарастырылады. Және эксперттік жүйе IDEF технологиясы базасын құру негізінде күрделі әлеуметтік міндеттер класына жататын мамандық таңдаудың көп өлшемді міндеті шешіледі. Зерттелетін тапсырма факторлармен сипатталады. Көп өлшемділік мәселесі және одан да көп баламалар шешіледі. Бұл жұмыстың нәтижелерін қоғамға өз пайдасын тигізгісі келген болашақ білікті маман иелері қолдана алады. ЖОО түсуге үміткерге мамандықты таңдау үшін сараптамалық жүйенің білім базасын құру әдістерін талданады және зерттеледі.“ЖОО-на түсу барысында мамандықты таңдау” эксперттік жүйесін құру үшін құрылымдық тәсілді пайдалана отырып, пәндік саланы талдау және модельдеу жүргізіледі.

Түйінді сөздер. Эксперттік жүйе, білім базасы, кластер, модуль, функционал, декомпозиция.

Кіріспе.

Қазіргі таңда мемлекеттің әлеуметтік және экономикалық дамуының біршама маңызды проблемаларының ішінде шаруашылық қызметтің көптеген салаларында жоғары білікті мамандар дайындау проблемасы өте өткір болып тұр.

Барлық тілектер мен қажеттіліктерді ескере отырып, ең қолайлы мамандықты таңдау мәселесі оқуорнына түсушілердің әрқайсысының алдында тұр.

Әр адамның кәсіби болашағы мамандық таңдауына байланысты, ал оның қанағаттануы бүкіл қоғамның қанағаттануын білдіреді. Ол көптеген экономикалық және әлеуметтік мәселелерді шешеді, мысалы, жұмыссыздық, табыс деңгейі, жұмыспен қамту және т.б. Бұл міндет жыл өткен сайын талапкерлер үшін жауапкершілікті күшейтеді. Талапкерлердің өздері де, жалпы жоғары оқу орындары да ең жақсы мамандықты таңдауға мүдделі, сайып келгенде, мемлекет өз қабілеті мен қызығушылығына қарай болашақ мамандықты таңдаған сауатты, білікті мамандардың болғанын қалайды.

Болашақта бұл олар үшін оқуға ең қолайлы уақыт, оқуға жоғалтқан қаржы ресурстарын жоғалтуғаәкеледі. Және мамандықты өзгерту қажеттілігін тудырады.

Әлемде 40 мыңға жуық әртүрлі мамандықтар бар. Статистиктердің зерттеуі бойынша жыл сайын 25 млн. адам жұмыс орнын ауыстырады, ал олардың 12 пайызы қайтадан орнына қайтады екен.

Ғылым мен техниканың қарқынды дамуымен қатар мамандық түрлері де қарқынды өсіп, бір жағынан кейбір мамандықтар ескірсе, екінші жағынан жаңалары пайда болуда. Осыған байланысты болашақта адамдар өмір бойы 3-4 мамандықты

ауыстырады деген болжам бар. Технологиялардың жаңаруына байланысты және кәсіпорындарда мамандар жылына 1-2 рет қосымша оқу курстарына жіберіледі.

ЖОО түлектерінің басым бөлігі өз мамандығы бойынша емес, басқа салаларда жұмыс істейді деген тенденция жиі байқалады. Бұқаралық ақпарат құралдарының хабарлауынша, еліміздегі университет түлектерінің 30 пайызы ғана өз мамандығы бойынша жұмыс істейді. Мұның әртүрлі себептері бар. Олардың бірі адамдардың өзін танып, өзіне ыңғайлы, ұнайтын әрекет түрін табуымен байланысты болуы мүмкін.

Мамандық таңдау – өте жауапты және маңызды мәселе. Мамандық таңдауда әр адам өзінің қызығушылығына, қабілетіне, бейімділігіне, қалауына сүйену керек. Қазіргі таңда мамандықтың түрлері өте көп.

Әр адамның кәсіби болашағы, оның қанағаттануы және бүкіл қоғамның қанағаттануы, жұмыссыздық, табыс деңгейі, жұмысқа орналасу т.б көптеген экономикалық және әлеуметтік мәселелердің шешімі мамандық таңдауына байланысты.Бұл жұмыстың нәтижесі. қоғамға пайда әкелгісі келетін болашақ білікті иелері пайдалана алады.

Мамандық адам өмірінде өте маңызды орын алады. Өйткені өмірдің елеулі бөлігі, яғни түскі сағат сегізде осы кәсіппен өтеді. Сондықтан мамандық таңдауда барлық жағдайды ескере отырып, мұқият болу керек. Және әрбір адам өзінің жаратылысын, мінез-құлқын, қабілетін, істеген ісін жақсы көретінін ескеруді ұмытпағанымыз жөн.Таңдау алдында тұрған талапкер әр түрлі мамандық иелерінен жұмыс істейтін жағдайды, сол жұмыстың қандай ауыртпалығы, қандай артықшылықтары, қандай кемшіліктері барын сұрағаны дұрыс. Егер мүмкіндік болатын болса сол жұмыс орнына бара отырып, бәрін өз көзімен көріп, бастап-аяқ бір жұмыс күні сол мамандық иесінің жанында болудың өте көп пайдасы бар. Осылайша осы мамандық ұнайды ма, жоқ па деген сияқты сұрақтарға жауап ала отырып, таңдау жасауды жеңілдетуге болады. Және де көрген, оқыған, естіген ақпараттарды, сол талапкерде бар қабілеттер мен мүмкіндіктерді талдау жүргізіп, мүмкіндік болып жатса сол бағытта кәсіби бағдар беретін арнайы мамандардан кеңес алған соң таңдау жасаған дұрыс.

Білікті мамандардың тапшылығы мәселесі қазіргі өнеркәсіп үшін өте өткір болып тұр. Білікті мамандардың жетіспеуі сонымен қатар еңбектің ұтымдылығының төмен қалыптасуы соңғы уақыттарда мемлекетіміздің экономикасының дамуына кедергі келтіретін негізгі факторлар болып отыр. Осы проблема көптеген өнеркәсіптік кәсіпорындардың басшыларын алаңдатып отырғаны анық. Соңғы жылдарда маман даярлау бойынша білім беру жүйесі кімдерді, нелерді және қалай үйрету керек екендігіне белсенді мемлекеттік араласудың өте көп қажеттілігі туындап тұрғаны анық.

Қойылған міндеттер. Әдістемелік негіздер принциптерді, салыстыруларды, талдауларды және жүйелік тәсілдердің интегративті тәсілдерін қамтиды. Ғылыми зерттеуде құрал ретінде ғылыми абстракция, индукция және дедукция әдістері де қолданылады.Белгісіз материалды зерттеуде жинақталған материалды экономикалық және статистикалық өңдеу және талдау әдістері қолданылады.

Мамандық таңдаудың көп критериалды міндеті.

Білім базасы көптеген салаға қатысты сонымен қатар сол салалар бойынша жобалауларды іске асыра алатындай формальды жағынан ұсынылған білімдердің жиынтығы.

Білім базасы көбінде сараптамалық жүйелердің контексінде қолданылды. Және сараптамалық жүйелердің пайдасымен көптеген салалардағы практикалық жұмыспен айналысатын сарапшылардың әдеттері мен тәжірибесі ұсынылып отырды (мысалы, медицинада немесе математика). Көбінде білім базасы ақпараттарды шығару ережелерінің жиыны болып саналды.

Сараптамалық жүйе – адамдарға негізделген шешім қабылдауға көмектесетін компьютерлік бағдарламалық қамтамасыз ету жиынтығы. Бұл сараптамалық жүйелер бұрын белгілі бір саладағы үздік сарапшылар болып саналатын сарапшылардан таңдалған ақпаратты пайдаланады.

Мақсаты. Сараптамалық жүйелер белгілі бір пән саласы туралы білімді сақтау. Оның ішінде фактілер, оқиғалар және заңдылықтарды сипаттау.

Шектеулі табиғи тілде пайдаланушымен қарым-қатынас жасай білу. Яғни сұрақтар қою және жауаптарды түсіну.

Жаңа білімді шығару, заңдылықтарды анықтау, қайшылықтарды анықтау үшін логикалық құралдар кешенін меңгеру.

Сұраныс бойынша тапсырма қою, оның қойылымын анықтау және шешім табу, пайдаланушыға шешімнің қалай алынғанын түсіндіру.

Сонымен қатар, сараптау жүйесі пайдаланушының сараптама жүйесіне деген сенімін арттыратын ақпаратты хабарлауы және де өз құрылымы туралы болуы керек болып саналды.

Сараптамалық жүйелер көптеген салаларда: медицинадағы диагностикада, ақауларды іздеуде, пайдалы қазбаларды барлауда, компьютерлік жүйенің архитектурасын және т. б. таңдау жасауда пайдаланылды.

Материалдар мен тәсілдер.

Сараптама жүйесі ақпаратқа бағытталған жүйе. Оның мақсатына белгілі бір пәндік саладағы сарапшыны ішінара немесе толық алмастыру жатады. Мұндай сараптамалық жүйелер логистикада, әуе ұшуларын басқаруда, әскери іс-қимыл театрын басқаруда және басқа салаларда ұтымды қолданылды. Белгілі бір саладағы қандай да бір аспектілер шеңберінде болжаулар жасалды.

Білімге осы сала шегінде кәсіби жұмыс нәтижесінде алынған ережелер, заңдар, заңдылықтар жатады.

Білім базасы дегеніміз көптеген пәндік салалардағы адамдардың тәжірибесі мен білімі туралы ақпараттар және шығару ережелері бар мәліметтердің жиынтығы. Басқа сөзбен айтқанда, білім базасы енгізілетін және шығарылатын ақпараттардың ортасындағы байланысты анықтайтын заңдылықтардыңжиыны.

Деректерге формалды түрде ұсынылған фактілер мен идеялардың жиынтығын жатқызамыз.

Деректер болжам жасауға, болжау заңдылықтарына негізделеді. Осы білім базасына жаңа білімдерді, ақпараттарды қоса отырып, осы деректердің негізінде оқуға қабілетті озық зияткерлік жүйелер алынды.

Білімді ұсыну моделі сараптамалық жүйенің міндетіне сай келетін сақтауға, ыңғайлы қол жеткізужәне олармен өзара іс-қимыл жасауға арналған білім берудің тәсілі.

Деректер бойынша логикалық шығару механизмі талдау жасайды. Және деректер базасынан және білім базасынан ережелер мен бастапқы деректерді салыстыруға негізделген жаңа білім алу бойынша жұмыстар жасалды. Сараптамалық жүйе құрылымындағы логикалық шығару механизмі басты орын алады.

Деректерді логикалық түрде шығару механизмі тұжырымдамалық түрде <A,B,C,D> ретіндекелесідей ұсынуға болады:

А-білім базасынан сонымен қатар деректер базасынан тиісінше заңдылықтар мен фактілердітаңдауға арналған функция.

В-ережелер қолданатын деректер базасынан өте көп фактілерді анықтайтын ережелерді тексеругебағытталған функция.

С-ережелерді қолдану тәртібін анықтауға арналған функция.

Егер ереже нәтижесінде бірдей фактілер көрсетілсе D-әрекеті функциясы қолданылады.

Барлық сараптамалық жүйенің деректер шығаруы және жүйенің «ойлау» нақтылығы болуы керек. Бұл сол жүйені жобалаудағы ақауларды анықтау үшін қажет. Жақсы интеллектуалдық жүйе интеллектуалдық редактор арқылы жүзеге асырылатын деректерді енгізу құқығына ие болуы керек, жүйені жобалау барысында редактордың «ойлау» ұғымына құқығы және білім қорының толықтығы (білім жөніндегі инженер мен сарапшы арасындағы пәндік саладағы заңдылықтарды жобалау кезінде жүзеге асырылады).

Сараптамалық жүйелер шындығында баршамыздың өмірімізде кеңінен қолданылып жүр. Олар нақты пәндік саладағы нақтыланған сарапшылардың уақытын үнемдеуге септігін тигізеді. Білім беру үлгілері-барлық деңгейдегі сараптамалық жүйелердің ажырамас бөлігі болып табылады.

Сараптамалық жүйелер медицина немесе сақтандыру секілді белгілі бір салада шешім қабылдау барысында болжамдау мен тәжірибені қолданатын сарапшы адамдарға тәуелділікті азайту тәсілі ретінде ойлап табылды. Сол себепті сараптамалық жүйеде нақты фактілер мен олар туралы ойлау әдістерінің дерекқоры болуы керек. Сараптамалық жүйелерді көбінде «білімге бағытталған жүйе» депте атайды.

Сараптамалық жүйе өте күрделі проблемаларды шешуді қамтамасыз ету немесе адами тәжірибені керек ететін алгоритмге сай емес бағдарламаларды пайдалану арқылы белгісіздікті анықтау үшін қолданылатын озық компьютерлік бағдарлама. Сараптамалық жүйелер қиын мәселелік салада кеңінен таралған және адамның нақты тәжірибесін қажет ететін шешімдерді іздестіруде кеңінен қолданылатын балама ретінде қарастырылады. Сараптамалық жүйе сонымен қатар бұрынғы пайдаланушылардың білімі мен олардың мәліметтеріне сүйене отырып, қарастырылған шешімдерін ақтай алады.

Сараптамалық жүйе белгілі бір нашар жүйеленген және формализациялануы қиын және тар тақырып саласы туралы білімдерді қамтитын және пайдаланушыға ақылға қонымды шешімдерді ұсынуға, түсіндіруге қабілетті предиктивті жүйе. Сараптамалық жүйе білім базасынан, логикалық қорытындылау механизмінен және түсіндірудің ішкі жүйесінен тұрады. Сараптамалық жүйе кішігірім құрылымдық компоненттердің үлкен санын қамтиды.

Ақпараттық технологиялардың соңғы кездегі даму деңгейі компьютерлік дамуды адам жұмысының әртүрлі салаларына көбірек енгізуге мүмкіндік береді. Кәсіптік бағдарлау саласында инновациялық технологияларды пайдалану жоғары оқу орнын бітіретін мамандардың біліктілігін едәуір жақсарта алады.

“ЖОО-на түсу кезінде мамандық таңдау” эксперттік жүйесі IDEF технологиясының базасын жасау негізінде қиын әлеуметтік міндеттер класына жатқызылатын мамандық таңдаудың көп өлшемдіміндеті шешіледі [1-2].

IDEF3 процесін модельдеу әдістемесі ақпараттық ағындардың өзара әрекеттесу логикасын, ақпаратты өңдеу процестері мен осы процестердің бөлігі болып саналатын объектілер арасындағы қатынасты сипаттауға мүмкіндік береді. Модельдің IDEF3 кескіндеу бірліктері диаграммалар, жұмыс бірліктері сонымен қатар олардың арасындағы байланыс болып табылады. Процесс моделін құру күрделі міндет, соған қарамастан ол технологиялық процесті егжей-тегжейлі зерттеу барысында көптеген мүмкіндік береді. Өйткені ол функционалды модельді дараланған жұмыстарға дейін нақтылауды жүзеге асырады.

Проблеманы шешу үшін көптеген жобалауларды азайту және өлшемдерді біріктіру ұсынылады. Нәтижесінде алынған ішкі жиындар іздеу аймағын шектеуге және критерийлер жиынтығын нақтылауға мүмкіндік береді. Бұл ең жақсы мамандықты

таңдау мәселесін шешуді айтарлықтай жеңілдетеді. Одан соң жоғарыда келтірілген мәліметті ескере отырып, талапкердің ең жақсы мамандықты таңдауы үшін алгоритмді енгізіледі.

Процесс моделі қабылданған шешімдердің себеп-салдарлық байланысын және шешім қабылдау практикаларын көрсетеді. Пайдаланушы шешім қабылдаудың көптеген баламаларын бағалауға және білімі мен тәжірибесі негізінде шешім қабылдауға тура келетін жерлерді бөледі. Процесс моделін жеке процесстерге бөлу кезінде жуық шешімдердің бірін таңдау үшін шешім қабылдаушы жүзеге асыруы керек әрекеттер жиынтығы алынады. Осы шешімдерді қолдау үшін сараптамалық жүйелер қолданылады. Шешім қабылдау процестерін таңдау әр әрекеттің ішінде шешім қабылдау ережелерінің жиынтығын ойластыруға мүмкіндік тудырады. Осындай ережелер эксперттік жүйенің білім базасының дамыған негізін құрайды [3-5].

Зерттеу әдістері. Зерттелетін тапсырма келесі факторлармен сипатталады:

- белгісіздік шешімдер қабылдау үшін қажетті ақпараттың көп бөлігі сапалы сипатқа ие болуымен;
- көп өлшемділік зерттелетін критерийлер әр түрлі өлшеу шкалаларында (аралық, номиналды, реттік) болуымен;
- сандық және сапалық баламаларды бағалаудың бір мезгілде есепке алу қажеттілігімен;
- сарапшылардың топтық пікірлерінің келісу қажеттілігімен;
- жеке критерийлер жүйесінің және олардың теңсіздігінің көпдеңгейлілігімен;
- таңдау процесінің көп реттілігімен;
- тапсырма элементтері сипаттамаларының объективті және субъективті үйлесімділігімен;
- баламалардың көп сандылығымен.

Осылай таңдау туралы шешім қабылдаудың зерттелген міндеті ең жақсы мамандық таңдау белгісіздік жағдайында және тривиалды емес есептер класына жатады. Шешім қабылдау сапалы болуы үшін қажетті ақпарат толық сипатталады. Тапсырмалардың осы класын шешу үшін Интеллектуалды ақпараттық жүйелер, нақты айтқанда шешімдерді қолдау жүйелері сараптамалық жүйелер қолданылады.

Көп өлшемділік мәселесі және одан да көп баламалар төмендегі кезеңдерде шешіледі:

1 кезең: алынған барша жиынтықтан анықтайтын өлшемдерді таңдау, критерийлер ағашын құру және оларды жалпыланған критерийді таңдау әдісін қолдана отырып біріктіру;

2 кезең: критерийлерді топтастыру, әрбір балама басқа топтардың критерийлеріне әсер етпей, оны нақтылайтын критерийлер бойынша ғана бағаланады;

3 кезең: зерттеу іздеу аймағының тарылуы. Кластерлік белгілер бойынша кластерлерге жобалаулардың декомпозициясы;

4 кезең: алдын ала нақтыланған критерийлер бойынша (кластерге «түсу» критерийі және мамандықтарды таңдау критерийлері) топтастырылған кластер ішінде шешім іздеу.

Критерийлерді агрегаттау және баламаларды, яғни мамандықтарды кластерлеу кезеңдері ең жақсы шешімді таңдау міндетін айтарлықтай жеңілдетуге септігін тигізеді. Атап айтқанда, іздеу саласын, таңдау жылдамдығы мен дәлдігін азайтуға мүмкіндік береді. Әрбір шешім оны көрсететін және басқа кластерлердің критерийлеріне әсер етпейтін критерийлер бойынша ғана бағаланады [6].

Нәтижелер. Сараптамалық жүйенің білім базасын құрастурудың модульдік принципі. «ЖОО- на түсу кезінде мамандықты таңдау» сараптамалық жүйесін құру үшін құрылымдық тәсілді пайдаланып, пәндік саланы талдау және модельдеу жүргізілді.

Модельдердің әзірленген кешені (яғни функционалдық, процестік, ақпараттық) зерттелетін пәндік сала туралы толық және нақты ақпарат алуға, білім базасының құрылымын және әзірленетін сараптамалық жүйенің құрылымын әзірлеуге, жүйенің бағдарламалық және аппараттық қамтамасыз етілуіне қойылатын талаптарды нақтылауға мүмкіндік берді. Және де ақпараттық модель мәліметтер базасының логикалық құрылымы болып табылды. Ал функционалды және технологиялық модель білім базасының құрылымын жобалауға негіз болды. Модульдік принципке негізделген “ЖОО-на түсу кезінде мамандықты таңдау” сараптамалық жүйесінің білім базасын жасау барысында процесс моделі ерекше рөл атқарды.

IDEF3 процесін модельдеу әдістемесі ақпараттық ағындардың өзара әрекеттесу логикасын, ақпаратты өңдеу жұмыстары мен осы процестердің бөлігі болып саналатын объектілер арасындағы қатынасты сипаттауға мүмкіндік берді. Процесс моделін құру күрделі міндет, бірақ бұл процесті егжей- тегжейлі зерттеуге мүмкіндік берді. Өйткені ол функционалды модельді дара жұмыстарға дейін анықтады.

Процесс моделі қабылданған шешімдердің себеп-салдарлық байланысын шешім қабылдау рәсімін көрсетті. Және пайдаланушы шешім қабылдаудың көптеген баламаларын бағалауға және білімі мен тәжірибесін ескере отырып шешім қабылдауға тура келетін жерлерді бөлді.

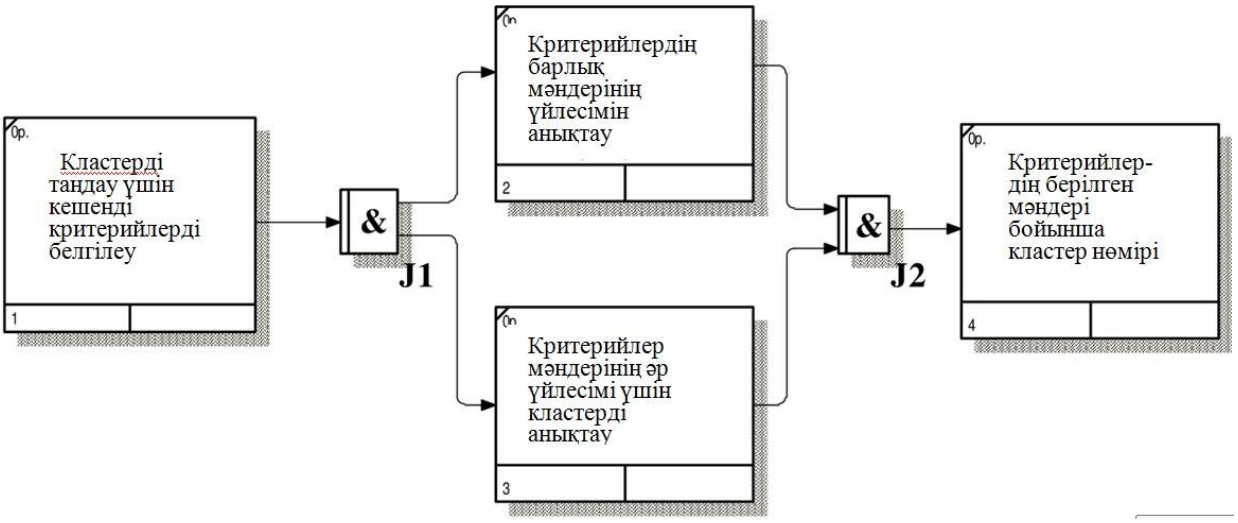
Процесс моделін жеке процесстерге бөлу кезінде жуық шешімдердің бірін таңдау үшін шешім қабылдаушы жүзеге асыруы қажет әрекеттер жиынтығы алынды. Осындай шешімдерді қолдау үшін сараптамалық жүйелер қолданылды. Шешім қабылдау процестерін таңдау әр процестің ішкі бөлігінде шешім қабылдау ережелерінің жиынтығын ойластыруға мүмкіндік берді. Сонымен қатар осы ережелер дамыған білім базасы сараптамалық жүйенің негізін құрады [7-9].

«ЖОО-ға түсу кезінде мамандық таңдау» эксперттік жүйе білім базасының құрылымын жүйелеу екі кезеңде жүргізілді:

- процесс моделін функционалды модельден бөлу. Яғни процесс моделі функционалды модельдің ішкі моделі. Өйткені функционалды модель ішіндегі процесті декомпозициялау барлық процестерді алдын-ала оқшаулауға және әр процесс моделі үшін құруға қарағанда қисынды;
- процесс моделін білім базасының модульдеріне түрлендіру. IDEF әдістемесі модельді бөлуге, түрлі негізде пайдаланып жүрген модельден ішкі модельдерді бөліп көрсетуге және жаңа модель жасау үшін ішкі модельдерді біріктіруге мүмкіндік берді. Зерттелетін мәселені шешу үшін шешім қабылдау процестері функционалды диаграммада ерекшеленді, олардың иерархиясы анықталды, оның негізінде
- барша шешім қабылдау процестерін сипаттайтын жаңа процесс моделі жасалды.

«Балама шешім қабылдау» процесс моделі асинхронды қиылысу түрін пайдалана отырып, модельдің IDEF0 функциясын ыдырату барысында құрылған «және», «барлық алдыңғы процестер аяқталуы керек немесе келесілердің бәрі жұмыс істейді» .

Процесс моделі ыдыраудың екі деңгейінен тұрады. Олар: кластерге «түсу» туралы шешім қабылдау және ең жақсы нұсқа туралы шешім қабылдау (1 сурет).



1 сурет - Кластерге түсу туралы шешім қабылдау

Функционалдық және технологиялық үлгілерді құру сараптамалық жүйенің шешім қабылдау үдерісі мен модульдерін ерекшелеудің ең жақсы нұсқаларын таңдау үшін кластерге «енгізу» жолы туралы білім алуға мүмкіндік береді.

IDEFlX технологиясын қолдану арқылы әзірленген ақпараттық модель жүйелік объект ақпаратының логикалық құрылымын ұсынады. Бұл ақпарат IDEFO функционалдық үлгісіне қажетті қосымша болып саналады және жүйенің қызметін басқаратын объектілерді егжей-тегжейлі сипаттайды. IDEFlX модельдері концептуалды жүйенің логикалық деректер қоры құрылымының элементтері ретінде қарастырылады. IDEF1X әдісіндегі «мән қатынасы» концепциясына негізделген деректерді семантикалық модельдеу әдісі ұсынылған. Содан кейін жүйені жобалау нәтижесінде IDEFO, IDEF3 және IDEF1X үлгілерінен тұратын модельдер жиынтығын алдық. Сонымен қатар, ақпараттық модель мәліметтер қорының логикалық құрылымы болып табылады, ал функционалдық модель мен техникалық модель білім базасының құрылымын жобалаудың негізі болып табылады [10].

Нәтижелер және талқылаулар.

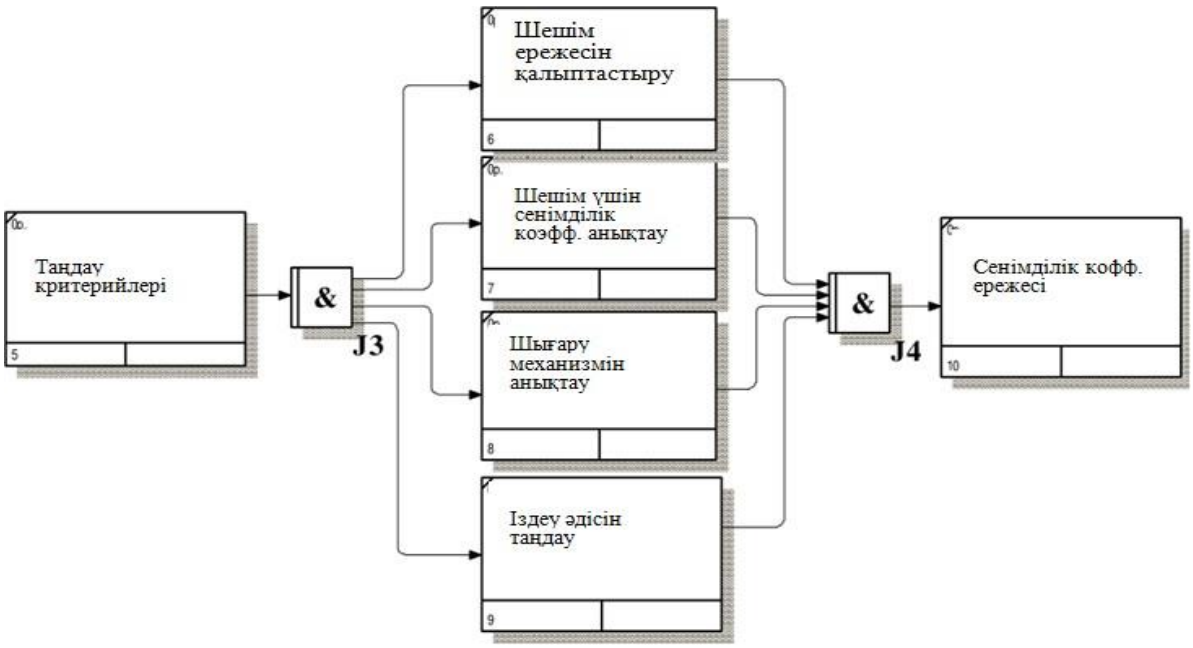
Пәндік саланы талдау мынаны көрсетті:

1) Зерттелетін міндеттің негізгі ерекшеліктеріне мыналар жатады: белгісіздік; белгісіздік жағдайында көп критериалды міндет шешілді, бұл ретте үлкен бөлігі бойынша шешім қабылдау үшін қажетті ақпарат сапалы сипатта болды; көп критериалды және зерттелетін критерийлер әртүрлі өлшеу шкалаларында (аралық, номиналды, реттік) ұсынылған.

2) Шешім қабылдау теориясының тәсілдері және оңтайландыру тәсілдері (яғни басты критерий әдісі, сызықтық түйісу әдісі, максиминальды түйісу әдісі) келесідей себептер бойынша зерттелетін міндетті шешу үшін пайдаланыла алмады: өлшемшарттар мен баламалардың көп саны; өлшемшарттарды өлшеудің номиналды шкаласының болуы, яғни түйілудің барлық түрінің тетігін пайдалану мүмкін емес; өлшемшарттарды барынша азайту немесе барынша көбейту қажеттілігінің болмауы.

3) Мамандықтар өте әртүрлі және әр мамандық әртүрлі критерийлермен сипатталды: барлығына ортақ және анықталған мамандықта оқытудың дара ерекшеліктерін ашатын өзіндік критерийлер жиынтығы. Критерийлердің осы саны зерттелетін мәселенің өлшемін едәуір арттырды.

Модельдің IDEF0 функциясының декомпозициясы кезінде «баламаларды шешу» процесінің моделі құрастырылады. Процесс моделі 2 деңгейлі декомпозициядан тұрады: кластерлерге «түсу» туралы шешімдер қабылданады және көпөлшемді есептерді шешудің бұрын сипатталған кезеңдері бойынша ең жақсы нұсқа шешіледі [11-13] (2 сурет).



2 сурет - Ең жақсы нұсқа туралы шешім қабылдау

Функционалдық және технологиялық модельдерді құру кластерге «енгізу» туралы шешім қабылдау процесін жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Білім базасын құрудың модульдік принципінің артықшылықтары мыналар:

- модульдер білім қорын бөлек сақталатын файлдарда сақтау және осы файлдарды бірнеше қолданбалы бағдарламалармен пайдалану үшін құралдар мен әдістерді қамтамасыз етеді;
- процесс ішіндегі шығару механизмі білім базасының модульдерін бөлуді ескереді;
- модульдер таңдамалы түрде қосылады және өшіріледі. Бұл белсенді емес модульдердің ережелерін қарастырудан шығаруға мүмкіндік береді (3 сурет).

Білім базасының модульдері иерархияға ұйымдастыруға мүмкіндік береді, яғни модульдер жоғарғы болып табылады

Біреуі үшін бұл көп деңгейлі модуль немесе бір объектімен байланысты бағынышты модуль болуы мүмкін. Қарастырылған модуль деңгейі шешімнің техникалық моделінің ұяшық деңгейіне тең. Ал білім қоры модулі соған негізделеді.

Сондықтан, құрастыру мен қабылдаудың қарапайымдылығынан басқа, модульдік білім қорын пайдалану процесінде де ыңғайлы, өйткені ол логикалық шығару механизмінің өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Бұл тәсіл «ЖОО түсу кезінде мамандық таңдау» сараптамалық жүйесінің прототипінде іске асырылған білім базасы модульдері контекстінде шешім қабылдау процестерін анықтауға бағытталған. Әзірленген сараптамалық жүйе ең жақсы кәсіпті таңдау бойынша шешім қабылдау процесін сипаттайтын көптеген ережелерден тұрады. Жүздеген шешім ережелерінен тұратын білім қорын қабылдау, өңдеу және қолдану қиын, ал мұндай білім қоры туралы тұжырымдар көп ережелер болса, ұзақ болуы

мүмкін. Функционалдық және техникалық үлгілерді құру кластерге «кіру» туралы шешім қабылдау процесі мен ең жақсы таңдау туралы шешімді ажыратуға мүмкіндік береді.

3 сурет - Эксперттік жүйенің білім базасын құрудың модульдік принципі

Сараптамалық жүйе күрделі есептердің шешімдерін қамтамасыз ету немесе адам тәжірибесін қажет ететін алгоритмдік емес бағдарламаларды пайдалана отырып, белгісіздікті анықтау үшін қолданылатын жетілдірілген компьютерлік бағдарламаны білдіреді.

Эксперттік жүйелер жанама болып саналады, күрделі мәселе салаларында кеңінен қолданылады және нақты адам тәжірибесін қажет ететін шешімдерді табу үшін кеңінен қолданылады. Сараптамалық жүйелер сонымен қатар бұрынғы пайдаланушылардың білімі мен деректері негізінде қарастырылатын шешімдерді нақтылай алады.

Қорытынды.

Сараптамалық жүйенің жүйелік мәселелерді қалыпты шешудегі айырмашылығы бағдарлама да, деректер құрылымы да кодталған жүйе болып табылады. Ал сараптамалық жүйе үшінтек деректер құрылымы қатаң кодталған және нақты мәселелер туралы ақпарат жоқ, бағдарлама құрылымында кодталмайды. Оның орнына, адам тәжірибесі туралы білім білім инжинирингі деп аталатын процесте алынады және кодталады. Сондықтан, белгілі бір проблема шешімді қамтамасыз ету үшін белгілі бір адам тәжірибесінің көмегін қажет еткен кезде, кодталған адам тәжірибесі тиімді және логикалық шешімді қамтамасыз ету үшін қолданылады және өңделеді. Бұл білімге

негізделген, сараптамалық жүйе жүйеге жаңа білімді қосуға және әркез өзгеріп отыратын және болжанбайтын ортада жаңа талаптарға сай бейімделуге мүмкіндік береді.

Сараптамалық жүйенің білім базасы модульдік принцип бойынша құрылады, осылайша модульдерге білім базасы декомпозициясы жұмыс моделінде белгіленген шешім қабылдау процестерінің иерархиясына сәйкес жүзеге асырылады.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Методы и средства преобразования информации. - М.: Рига: Зинатне, 2016. - 136 с.

[2] Ладенко, И.С. Интеллектуальные системы и информатика//И.С. Ладенко, В.Г. Поляков. - М.: Знание, 2020. - 977 с.

[3] Нильсон, Н. Принципы искусственного интеллекта//Н. Нильсон. - М.: Радио и связь, 2020. - 373 с.

[4] Лорьер Системы искусственного интеллекта//Лорьер, Ж.-Л.. - М.: Мир, 2019. - 568 с.

[5] Поспелов, Д.А. Фантазия или наука. На пути к искусственному интеллекту: моногр. / Д.А. Поспелов. - М.: Наука, 2019. - 224 с.

[6] Рассел, С. Искусственный интеллект: современный подход//С. Рассел, П. Норвиг. - М.: Вильямс, 2016. - 267 с.

[7] Уотерман, Д. Построение экспертных систем//ред. Ф. Хейес-Рот, Д. Уотерман, Д. Ленат. - М.: Мир, 2018. - 441 с.

[8] Фу, К. Последовательные методы в распознавании образов и обучении машин// К. Фу. - М.: Наука, 2020. - 256с.

[9] В.А. Гвоздева. Информатика, автоматизированные информационные технологии и системы. – М.: Форум, Инфра-М, 2011. – 544 с.

[10] Александр Гусев. 12 проблем, решенных методами информационной технологии. – М.: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 208 с.

[11] Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. Системный анализ и синтез стратегических решений в инноватике. Математические, эвристические и интеллектуальные методы системного анализа и синтеза инноваций. Учебное пособие; Ленанд - М., 2015. - 306 с.

[12] Искусственный интеллект и принятие решений, №1, 2011; Ленанд - М., 2011. - 742 с.

[13] Искусственный интеллект и принятие решений, №4, 2011: моногр.; ИСА РАН - М., 2011. - 124 с

Жулдыз Алимсеитова, PhD, ассоциированный профессор, Satbayev University, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, zhuldyz_al@mail.ru

Феруза Маликова, PhD, ассоциированный профессор, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, feruza-malikova@mail.ru

Асель Акжолова, старший преподаватель, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, asel_zhalyn@mail.ru

МОДУЛЬНАЯ СТРУКТУРА БАЗЫ ЗНАНИЙ «ВЫБОР ПРОФЕССИИ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ В ВУЗ»

Аннотация. В статье предлагается метод построения базы знаний экспертной системы, основанный на распределении процессов принятия решений по модульному

принципу для решения многомерной задачи выбора наилучшей для абитуриента специальности при поступлении в ВУЗ. Рассматривается многокритериальная задача выбора профессии. И экспертная система на основе создания базы технологии IDEF решается многомерная задача выбора профессии, относящейся к классу сложных социальных задач. Исследуемая задача характеризуется факторами. Решается проблема многомерности и более альтернатив. Результаты этой работы могут быть использованы будущими владельцами квалифицированных специалистов, которые хотят принести пользу обществу. Анализируются и исследуются методы создания базы знаний экспертной системы для выбора специальности кандидату на поступление в ВУЗ. Для построения экспертной системы “Выбор профессии при поступлении в ВУЗ” проводится анализ и моделирование предметной области с использованием структурного подхода.

Ключевые слова. Экспертная система, база знаний, кластер, модуль, функционал, декомпозиция.

Zhuldyz Alimseitova, PhD, associate professor, Satbayev University, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, zhuldyz_al@mail.ru

Feruza Malikova, PhD, associate professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, feruza-malikova@mail.ru

Assel Akzholova, senior lecturer, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, asel_zhalyn@mail.ru

MODULAR STRUCTURE OF THE KNOWLEDGE BASE «CHOOSING A PROFESSION WHEN ENTERING A UNIVERSITY»

Abstract. The article proposes a method for building the knowledge base of an expert system based on the distribution of decision-making processes on a modular basis to solve the multidimensional problem of choosing the best specialty for an applicant when entering a UNIVERSITY. The multi-criteria task of choosing a profession is considered. And the expert system based on the creation of the IDEF technology base, the multidimensional task of choosing a profession belonging to the class of complex social tasks is solved. The problem under study is characterized by factors. The problem of multidimensionality and more alternatives is solved. The results of this work can be used by future owners of qualified professionals who want to benefit society. Methods of creating a knowledge base of an expert system for choosing a specialty for a candidate for admission to a university are analyzed and investigated. To build the expert system “Choosing a profession when entering a university”, the subject area is analyzed and modeled using a structural approach.

Keywords. Expert system, knowledge base, cluster, module, functional, decomposition.

****

ӘОЖ-519.688 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-256-263**

Ж.Н. Алимбаева[1,2], Ж.С. Орынбай[1], А.Қ. Еркебай[1], Д.Т. Ахмедова[1], Н.А. Баянбай[1]
[1]Satbayev University, Алматы, Қазақстан
[2]Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: zhansilaa@gmail.com

ГЛИКЕМИЯ ДЕҢГЕЙІН АНЫҚТАУ ҮШІН ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛДАРДЫ ТАЛДАУ ЖӘНЕ ӨҢДЕУ

Аңдатпа. Қандағы глюкоза деңгейінің тұрақсыз болуы адамда қант диабеті, қатерлі ісік, бүйрек және жүрек ауруларын тудырады. Адам өмірі жүректің дұрыс жұмыс жасауымен, жүрек соғысының тұрақтылығымен тікелей байланысты. Ал жүрек қызметін тұрақты бақылау қатерлі аурулармен ауыратын адамдар үшін маңызды. Қандағы глюкоза деңгейі жүрек қызметінің бұзылуына әкелуіне байланысты глюкоза деңгейін тұрақты бақылап отыру қажет. Глюкоза деңгейін инвазивті түрде, саусаққа ине сұғу арқылы анықтау үздіксіз анықтауға мүмкіндік бермеуі, науқас үшін ауыр және инфекцияға ұшырату мүмкіндігінің болуына байланысты инвазивті емес анықтаудың тиімді әдісін жетілдіру маңызды. Бұл мақалада қандағы глюкозаның деңгейіне байланысты жүрек қызметінің өзгерістерін анықтау үшін инвазивті емес әдіс ЭКГ арқылы анықтау қолданылды. ЭКГ арқылы қандағы глюкоза деңгейін анықтауға байланысты әдістер мен зерттеулерге және нәтижелерге талдау жасалынды. Зерттеу барысында ЭКГ арқылы анықтау үшін 5 сау қатысушыға екі күн бойы эксперимент жүргізілді. Бірінші күні қатысушылар 75 г сусыз глюкоза ерітіндісін тұтынса, екінші күні қатысушылар сусыз глюкоза ерітіндісін тұтынған жоқ. Екі күн бойы жүргізілген зерттеулер нәтижесі бойынша сау адамдар сусыз глюкоза ерітіндісін тұтынған жағдайда қандағы глюкоза деңгейінің өзгеретіндігі және ЭКГ нәтижелеріне әсер ететіндігі анықталды. ЭКГ нәтижелері мен глюкометрмен алынған нәтижелердің ұқсастығы мен айырмашылығы салыстырмалы түрде зерттелді. Зерттеу нәтижесі бойынша қандағы глюкозаның деңгейіне байланысты өзгеріске ұшырайтын ЭКГ аралықтары анықталды.

Түйінді сөздер. Глюкоза деңгейі, инвазивті емес диагностика, электрокардиография, глюкометр, кардиоанализатор.

Кіріспе.

Қандағы глюкоза деңгейі тұрақсыздығы дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының мәліметтері бойынша психикалық мәртебенің өзгеруіне, физикалық денсаулықтың нашарлауына, шамадан тыс стресске, артық салмақ қосуға және артық салмақ жоғалтуға әкеледі. Статистика бойынша қандағы глюкоза деңгейінің тұрақсыздығынан 422 миллионға жуық адам зардап шегеді. Қандағы глюкоза деңгейінің тұрақсыздығынан жүрек аурулары, 1 және 2 типті қант диабеті, қатерлі ісік және бүйрек аурулары пайда болады. Қандағы глюкоза деңгейі гликемия терминімен, глюкоза деңгейінің 3,3-5,5 ммоль/л нормасының өзгеруіне байланысты гипергликемиялық, эугликемиялық және гипогликемиялық жағдайлары анықталады.

Қандағы глюкоза деңгейін анықтау үшін инвазивті әдістер кеңінен қолданылуда. Бұл әдіс бақыланушы үшін ауыр және санитарлық ережелердің сақталмауынан жұқпалы ауруларға ұшыратуы мүмкін. Мақалада қандағы глюкоза деңгейін анықтау үшін инвазивті емес әдіс ЭКГ арқылы анықтау ұсынылды.

Қандағы глюкоза деңгейінің төмендеуі гипогликемиялық жағдайда 1 типті қант диабетімен ауыратын науқастарда түнгі өлім көрсеткіштерінің көбейуіне байланысты ЭКГ арқылы бақылау тиімді әдіс ретінде қолданылған. ЭКГ нәтижесінде 1 типті қант диабетімен ауыратын адамдардың гипогликемиялық жағдайында RT интервалы ұзарып, T толқыны [1] тегістелуі анықталған. 2 типті қант диабетімен ауыратын науқастарда гликемияның көрсеткіштерін ЭКГ нәтижелері бойынша QTc интервалының өзгерістеріне байланысты бақылаған. Зерттеу нәтижесінде 2 типті қант диабетімен ауыратын науқастардың гипогликемиялық жағдайында QTc интервалының ұзаруы анықталған. QTc интервалын анықтаудың Базет формуласы [2] қолданылған.

ЭКГ бойынша гликемияны анықтау үшін сезімталдық, ерекшелік және геометриялық орташа мәндер қарастырылған. Гипергликемия жағдайында QTc, RTc, TpTec және HRV көрсеткіштерінің төмендеуі [3] анықталған. ЭКГ нәтижелерін статисткалық және спектрлік талдау арқылы ST, QT, PRQ, P-H, HRV көрсеткіштеріне қандағы глюкозаның деңгейі әсер ететіндігі [4] анықталған.

Қандағы глюкоза деңгейін реттеу үшін инсулинді шамадан тыс енгізу глюкозаның төмендеуіне әкелуі мүмкін (гипогликемия), ал инсулинді жеткіліксіз қабылдау қандағы глюкозаның жоғарылауына әкелуі [5] мүмкін (гипергликемия). Қандағы глюкоза деңгейін анықтау үшін саусақты тесуге инені қолдану тітіркенуді, ластануды және аурудың таралуын тудыруы мүмкін. Зерттеуде инвазивті емес әдіс глюкозаны бақылауға арналған тері арқылы анықтау тәсілі қарастырылған. Жүйе аспирациялық құрылғыдан және глюкозаның сенсорлық жүйесінен тұрады. Вакуум науқастың терісіне 400 мм сын.бағ абсолютті қысыммен қолданылады. Эффузиялық сұйықтықты жинауға арналған транзисторға негізделген миниатюралық ионға сезімтал глюкоза сенсоры терінің аз деңгейіндегі глюкоза деңгейін өлшеу үшін [6] қолданылған. Ұсынылған басқа әдістерге мыналар жатады: инфрақызыл спектроскопия, оптикалық зондтау, микротолқынды спектр, сыйымдылықты өлшеу әдісі және терінің электр өткізгіштігі. Осы әдістерді қолдану арқылы айтарлықтай нәтижелерге қол жеткізілген. Алайда, электрокардиограмма (ЭКГ) сияқты физиологиялық сигналды қолдану қандағы глюкоза деңгейін инвазивті емес түрде анықтау мүмкіндігіне қол жеткізудің балама әдісін ұсына алады.

Сонымен қатар, гипогликемия QT аралығының ұзаруы және жүрек соғу жиілігінің жоғарылауы сияқты ЭКГ сегменттеріне әсер етуі мүмкін екендігі туралы да [7] дәлелдер бар. ЭКГ-ның бес белгісін қолдана отырып, гипогликемияның көп деңгейлі перцептрондық классификациясы ұсынылған, атап айтқанда: RR, RT, T толқынының амплитудасы, T толқынының асимметриясы. Сонымен қатар [7] гипогликемияны бақылау үшін екі ЭКГ белгісі бар ережеге негізделген әдіс біріктірілген. Олар, T толқынының амплитудасы мен RT интервалы. Гипогликемияны анықтау үшін QT және жүрек соғу жиілігімен бірге түзетілген T аралығының комбинациясы қарастырылған. Талдаулар нәтижесінде гипергликемия жағдайында QT, QT дисперсиясы және PR аралығы айтарлықтай өзгеретіні дәлелденген.

Зерттеу жұмыстары бойынша әдістер мен нәтижелерге талдау жүргізу арқылы қандағы глюкоза деңгейінің деңгейіне байланысты ЭКГ-ның нақты өзгеріске ұшырайтын толқындары туралы ақпараттың жеткіліксіздігі мәселесі бар екендігі анықталды.

Материалдар мен тәсілдер.

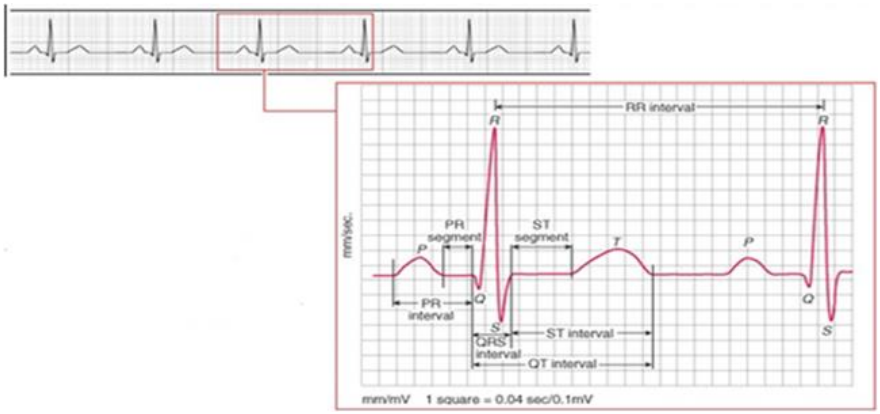
Зерттеу жүргізу үшін, ЭКГ сигналдары бұрын Satbayev University-де профессор К.А. Ожикенов-тың зерттеу тобы әзірлеген 1 суреттегі портативті кардиоанализатор арқылы [8] тіркелді.

1 сурет – Экспериментте пайдаланылған портативті кардиоанализатор

Экспериментті жүргізу үшін, 2 суреттегі Роботты техника және техниканың автоматика құралдары кафедрасының (Satbayev University) зерттеу орталығында 5 сау қатысушының электрокардиосигналдары бір арналы электродтары бар электрокардиограмма арқылы алынды.

2 сурет – ЭКГ қосылған бір арналы электродтары бар экспериментке қатысушы

Сонымен қатар, экспериментке қатысушылардың ЭКГ сигналдарының қасиеттері мен күйін анықтау үшін 3 суреттегі қалыпты жағдайдағы ЭКГ көрсеткіші мен ЭКГ сигналдарының нүктелері арасында өлшеулер жүргізілді.



3 сурет – Жүрек циклі үшін толық ЭКГ қисығының құрамдас сегменттерінің сипаттамасы

Зерттеу барысында қандағы глюкоза деңгейін глюкометрмен анықтау кезінде экспериментке қатысушының күйін анықтау үшін 1, 2, және 3 кестелердегі дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы ұсынған қант деңгейінің қалыпты көрсеткіштері қолданылды.

1 кесте – Жас ерекшелігіне байланысты қандағы қант деңгейінің қалыпты көрсеткіштері

№	Жас ерекшелігі	Қандағы қант деңгейінің қалыпты көрсеткіші ммоль/л
1	18-20	3,2-5,3
2	20-30	3,3-5,5
3	30-40	3,3-5,6
4	40-50	3,3-5,7
5	50-60	3,5-6,5
6	60-70	3,8-6,8
7	70-80	3,9-6,9

2 кесте – Әйелдердің қандағы қант деңгейінің қалыпты жағдайы

Әйелдің жасы, жас	Көрсеткіштер, ммоль/л
50 - 60	3,8 - 5,9
60 - 90	4,2 - 6,4
90-нан үлкен	4,6 - 6,9

3 кесте – Ер адамдардың қандағы қант деңгейінің қалыпты жағдайы

Ер адамның жасы, жас	Көрсеткіштер, ммоль/л
15 - 50	4,1 - 5,9
50-ден кейін	4,4 - 6,2
60-тан кейін	4,6 - 6,4

Нәтижелер мен талқылаулар.

Зерттеу барысында глюкозаның электрокардиосигналға әсерін анықтау үшін эксперименттер жүргізілді. Эксперименттер 5 сау қатысушыға жүргізілді (Роботты техника және техниканың автоматика құралдары кафедрасының қызметкерлері, Satbayev University). Эксперименттің талабы бойынша қатысушылар 120 минут бойы ыңғайлы күйде отырды.

Экспериментке бір күн қалғанда қатысушылардан кешке кешкі ас, ал эксперимент күні таңғы ас ішпеуі сұралды. Эксперимент таңғы сағат 8:00 шамасында басталды және эксперименттің 30 минутынан кейін қатысушылар дайындалған 75 г сусыз глюкоза ерітіндісін қабылдады. Экспериментке 3 ер адам мен 2 әйел қатысты, жасы 24-тен 35 жасқа дейін, дене салмағы 58 кг-нан 76 кг-ға дейін. Олардың бойы 1,60 м-ден 1,80 м-ге дейін, олар эксперимент барысында тұрақты қалыпты дене температурасы мен тұрақты импульске ие болды.

Экспериментте ең алдымен, бір арналы ЭКГ электродтары қатысушының денесіне қосылды. Портативті жүрек анализаторы ЭКГ аналогтық сигналын компьютер үшін сандық мәнге түрлендірді. ЭКГ деректеріндегі өзгерістерді салыстыру үшін әрбір қатысушы экспериментке 2 күн қатарынан екі рет қатысты. Бірінші күні қатысушылар глюкоза ерітіндісін тұтынды, екінші күні эксперимент қайталанды, бірақ бірінші күні жасалған эксперимент нәтижелерімен салыстыру үшін қатысушыларға глюкоза ерітіндісі

берілмеді. Сондықтан, бірінші күн глюкоза эксперименті, ал екінші күн глюкозасыз эксперимент деп аталды. Эксперимент барысында екі күн ішінде 25 минуттық интервалмен қандағы глюкозаның деңгейі саусақты тесу арқылы глюкометрмен өлшеніп, нәтижелері 4 кестеде берілді.

4 кесте – Қандағы қант деңгейін глюкометрмен өлшегендегі нәтижелер

Экспериментке қатысушылар	Жынысы	Жасы	Глюкозамен 1 күн нәтижелері, ммоль/л	Глюкозасыз 2 күн нәтижелері, ммоль/л
I	Әйел	24	5,1	4,4
II	Әйел	32	5,3	4,8
III	Ер	28	5	4,6
IV	Ер	34	5,4	4,5
V	Ер	30	5,2	4,6

Толық дәйекті ЭКГ қисығында жүрек циклінің сипаттамалары болып табылатын тоғыз сегментті ЭКГ сигналы мен олардың сегменттерінің сипаттамасы бойынша ажыратуға болады. Анықтама мен сипаттама үшін маңызды сәттер "P", "Q", "R", "S", "T" және "U" әріптерімен белгіленеді. Сигналдың қасиеттері мен күйін анықтау үшін осы нүктелер арасында өлшеулер жүргізілді.

5 кесте – Қандағы глюкозаның деңгейіне байланысты ЭКГ сигналдарының өзгеруі (өзгеріске ұшырау жағдайында (+), өзгеріске ұшырамау жағдайында (-))

ЭКГ аралықтары	Глюкозамен 1 күн көрсеткіштері					Глюкозасыз 2 күн көрсеткіштері				
	I	**II**	**III**	**IV**	**V**	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**
HRV	+	+	+	+	+	–	–	–	–	–
HR	+	+	+	+	+	–	–	–	–	–
RH	+	+	+	+	+	–	–	–	–	–
QRS	+	+	+	+	+	–	–	–	–	–
PQ	+	+	+	+	+	–	–	–	–	–
QTc	+	+	+	+	+	–	–	–	–	–
QT	+	+	+	+	+	–	–	–	–	–
ST	+	+	+	+	+	–	–	–	–	–

Глюкозаны тұтынуға қатысты өзгерістерді анықтау үшін біз талдаудағы барлық сегменттерді қарастырдық. 5 кестеде глюкозамен және глюкозасыз эксперимент кезінде ЭКГ-ның өзгеріске ұшыраған сигналдары анықталды.

Зерттеу нәтижесі бойынша қандағы глюкоза деңгейі жоғарылаған кезде ЭКГ-нің RR-I (HRV), HR, RH, PH, QRS, PQ, QT, QTc және ST аралықтарының (сегменттер мен интервалдар) өзгеріске ұшырауы анықталды.

Қорытынды.

Зерттеуде қандағы қант деңгейіне байланысты пайда болатын ауруларға шолу жасалынды. Қазіргі уақытта қандағы қант деңгейін өлшеу үшін қолданылатын әдістердің тиімді және тиімсіз тұстары қарастырылды. Сонымен қатар, қандағы қант деңгейіне байланысты ЭКГ сигналдарының өзгеріске ұшырауы туралы зерттелген әдістер мен нәтижелер талқыланды. Зерттеу барысында сау адамдарға бірінші күні сусыз глюкоза ерітіндісі тұтындырылды және екінші күні глюкозасыз эксперимент жүргізілді. Екі күн бойы экспериментке қатысушылардың қанындағы глюкоза деңгейі глюкометр арқылы өлшеніп, глюкоза деңгейіне байланысты өзгеріске ұшыраған ЭКГ аралықтары анықталды. Satbayev University-де бұрын әзірленген портативті кардиоанализатор арқылы глюкоза деңгейіне байланысты өзгеретін сегменттерді зерттеу үшін электрокардиосигналға спектрлік талдау жүргізілді. Нәтижесінде PQ және ST сегменттеріне глюкоза әсер ететіні анықталды.

Нәтижелер «AP14969403- Машиналық оқыту алгоритмдерін қолдану арқылы миокард инфарктісін болжау әдістерін зерттеу» тақырыбы бойынша ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігінің қаржыландыруымен алынған.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] C Alexakis, M Rodrigues, R Saatchi, HO Nyongesa, C Davies, RH Ireland, ND Harris, SR Heller. A Knowledge-Based Electrocardiogram-Monitoring System for Detection of the Onset of Nocturnal Hypoglycaemia in Type 1 Diabetic Patients // October 2006, Computers in Cardiology 33:5 – 8

[2] Pertseva N, Moshenets K. Definition of the dependence of QTc interval prolongation on glycemic control in patients with type 2 diabetes mellitus. Med. perspekt. [Internet]. 2022Mar.30 [cited 2022Oct.30];27(1):58-64.

[3] Nguyen, L.; Su, S.W.; Nguyen, H.T. Neural network approach for non-invasive detection of hyperglycemia using electrocar- diographic signals. In Proceedings of the 2014 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Chicago, IL, USA, 26–30 August 2014; pp. 4475–4478.

[4] Tobore, I., Li, J., Kandwal, A. *et al.* Statistical and spectral analysis of ECG signal towards achieving non-invasive blood glucose monitoring. *BMC Med Inform Decis Mak* 19 (Suppl 6), 266 (2019). https://doi.org/10.1186/s12911-019-0959-9

[5] Bequette BW, Cameron F, Buckingham BA, Maahs DM, Lum J. Overnight hypoglycemia and hyperglycemia mitigation for individuals with type 1 diabetes: how risks can be reduced. IEEE Control Syst Mag. 2018

[6] Kayashima S, Arai T and etc. New noninvasive transcutaneous approach to blood glucose monitoring: successful glucose monitoring on human 75 g OGTT with novel sampling chamber. IEEE Trans Biomed Eng. 1991

[7] Alexakis C, Rodrigues M, Saatchi R, Nyongesa HO, Davies C, Ireland RH, Harris ND, Heller SR. A knowledge-based electrocardiogram-monitoring system for detection of the onset of nocturnal hypoglycaemia in type 1 diabetic patients. In 2006 Computers in Cardiology, universidad politecnica de valencia. Spain: IEEE; 2006.

[8] Development of measuring system for determining life-threatening cardiac arrhythmias in a patient’s free activity, Alimbayev Ch., Alimbayeva Zh., Ozhikenov K., Bodin O., Mukazhanov Y., Eastern-european journal of enterprise technologies, DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.197079

Zhadyra Alimbayeva, postdoctornat, senior lecturer, Satbayev University, Kazakh National Women's teacher training University, Almaty, Kazakhstan, zhadyralimbay@gmail.com

Zhansila Orynbay, doctoral student, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, zhansilaa@gmail.com

Aidana Yerkebay, doctoral student, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, 0106aidana@mail.ru

Dilfuza Akhmedova, doctoral student, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, cm-dilya-kz@mail.ru

Nurlan Bayanbay, master, senior lecturer, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, bayanbay_nur@mail.ru

ANALYSIS AND PROCESSING OF ECG SIGNAL FOR DETERMINATION OF GLYCEMIA LEVEL

Abstract. An unstable level of glucose in the blood causes a person diabetes, cancer, kidney and heart disease. A person's life is directly related to the correct functioning of the heart, the stability of the heartbeat. And constant control of cardiac activity is important for people suffering from malignant diseases. The amount of glucose in the blood must be constantly monitored due to the fact that it causes heart failure. It is important to improve the effective method of non -invasive detection, since the invasive determination of the amount of glucose by introducing the needle into the finger does not allow to constantly detect what is difficult for the patient and can cause infection. This article used non -invasive detection using ECG to identify changes in heart activity associated with the amount of glucose in the blood. Methods and research were analyzed, as well as the results associated with determining the level of glucose in the blood using an ECG. During the study, 5 healthy participants were subjected to experiment for two days to detect using an ECG. On the first day, the participants consumed 75 g of anhydrous glucose solution, and on the second day the participants did not use anhydrous glucose solution. Studies conducted within two days showed that the amount of glucose in the blood changes and affects the results of the ECG if healthy people consume anhydrous glucose solution. The similarity and the difference between the ECG results and the results obtained using a glucometer were studied relatively. The study revealed ECG waves that undergo changes depending on the amount of glucose in the blood.

Keywords. Glucose level, non-invasive diagnostics, electrocardiography, glucometer, cardioanalyzer.

Жадыра Алимбаева, постдокторант, старший преподаватель, Satbayev University, Казахский национальный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан, zhadyralimbay@gmail.com

Жансила Орынбай, докторант, Satbayev University, Алматы, Казахстан, zhansilaa@gmail.com

Айдана Еркебай, докторант, Satbayev University, Алматы, Казахстан, 0106aidana@mail.ru

Дилфуза Ахмедова, докторант, Satbayev University, Алматы, Қазақстан, cm-dilya-kz@mail.ru

Нұрлан Баянбай, магистр, сениор-лектор, Satbayev University, Алматы, Казахстан, bayanbay_nur@mail.ru

АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ГЛИКЕМИИ

Аннотация. Неустойчивый уровень глюкозы в крови вызывает у человека диабет, рак, заболевания почек и сердца. Жизнь человека напрямую связана с правильным функционированием сердца, стабильностью сердцебиения. А постоянный контроль сердечной деятельности важен для людей, страдающих злокачественными заболеваниями. Количество глюкозы в крови необходимо постоянно контролировать из-за того, что она вызывает сердечную недостаточность. Важно усовершенствовать эффективный метод неинвазивного обнаружения, поскольку инвазивное определение количества глюкозы путем введения иглы в палец не позволяет постоянно обнаруживать, что является тяжелым для пациента и может вызвать инфекцию. В этой статье использовалось неинвазивное обнаружение с помощью ЭКГ для выявления изменений сердечной деятельности, связанных с количеством глюкозы в крови. Были проанализированы методы и исследования, а также результаты, связанные с определением уровня глюкозы в крови с помощью ЭКГ. В ходе исследования 5 здоровых участников подвергались эксперименту в течение двух дней для обнаружения с помощью ЭКГ. В первый день участники потребляли 75 г безводного раствора глюкозы, а во второй день участники не употребляли безводный раствор глюкозы. Исследования, проведенные в течение двух дней, показали, что количество глюкозы в крови изменяется и влияет на результаты ЭКГ, если здоровые люди потребляют безводный раствор глюкозы. Сходство и различие между результатами ЭКГ и результатами, полученными с помощью глюкометра, были изучены относительно. Исследование выявило волны ЭКГ, которые претерпевают изменения в зависимости от количества глюкозы в крови.

Ключевые слова. Уровень глюкозы, неинвазивная диагностика, электрокардиография, глюкометр, кардиоанализатор.

****

УДК 620.9 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-264-273**

А.М. Достияров, Д.Р.Умышев, Ж.С.Дуйсенбек, А.К.Яманбекова
Алматинский университет энергетики и связи имени Г.Даукеева, Алматы, Казахстан
E-mail: aiau_talgar@mail.ru

ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВЫБОРУ ЭФФЕКТИВНОГО ТРЕУГОЛЬНОГО СТАБЛИЗАТОРА ДЛЯ ФАКЕЛЬНОЙ ГОРЕЛКИ

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментальных исследовании проводимые на новой конструкции горелочного устройство с треугольными стабилизаторами при различных вариантах подачи топлива. При выполнении исследовании расход воздуха был постоянным, а скорость воздуха и расход топлива были переменными. Эксперименты проводились при различных вариантах расположения отверстия для подачи топлива. В результате представлены графики зависимости оксидов азота, температуры уходящих газов. Как показали эксперименты, треугольники с равномерной подачей топлива вдоль высоты являются наиболее эффективными с точки зрения образования оксидов азота. К примеру, наличие 16 отверстий при всех прочих равных условиях позволяют сократить образование оксидов азота на 29 %, что говорит о высокой эффективности перемешивания топлива с воздухом, что сокращает время нахождения газов в зоне высоких температур, а также локальные зоны высоких температур.

Научная новизна проводимых исследований заключается в исследовании новых микрофакельных горелок, которые могут применяться в нефтегазовой и металлургической областях. В отличие от предыдущих разработок, новые типы горелок отличаются тем, что топливо не попадает в рециркуляционную зону, а догорает в хвостовой части уголков, а также тем, что топливо подается в рециркуляционную зону, не перемешиваясь с воздухом.

Ключевые слова. Топливо-воздушная смесь, микрофакельное сжигание, оксиды азота, треугольный стабилизатор, стабилизации пламени.

Введение.

Вопросами сжигания топлива за плохообтекаемыми телами посвящено достаточно много работ. Изучение характеристик при приближении к бедным границам срыва пламени при использовании треугольных стабилизаторов [1] показал, что срыв пламени начинается в сдвиговом слое (shear layer). При стабильном горении существует две зоны разделенные сдвиговым слоем, при приближении к срыву зоны смазываются и сокращается объем горения, что постепенном приводит к тому, что свежая топливо-воздушная смесь не загорается. Изучение микропламен со стабилизаторами в камере сгорания [2] показали, что удлинение пламени и зона рециркуляции играют важную роль в стабилизации пламени. Предварительный подогрев предварительно перемешанной топливо-воздушной смеси играет значительную роль в стабилизации пламени. В работе [3] изучались процессы турбулентного горения за плохообтекаемым телом, было сделано предположение, что при турбулентном горении состав продуктов сгорания расходится с широко распространенной теорией, о влияниии диффузии. Известны работы по изучению неустойчивости Кельвина-Гельмгольца [2,4]. Изучение влияния добавления кислорода в топливо-воздушную смесь в камере сгорания с плохообтекаемыми телами, так называемая MILD технология, [5] показало, снижение

образование оксидов азота, которое возможно связано с изменением структуры пламени, в случае традиционного горения пламя находится непосредственно за плохообтекаемым телом, в случае добавления кислорода основной участок горения находится несколько ниже. В статье [6] изучалось влияние стратификации пламени в горелочном устройстве с плохообтекаемым телом. Эксперименты показали, что угловая стратификация пламени приводит к повышению полноты сгорания топлива на 42%. Изучение процесса горения при применении нишовых плохообтекаемых стабилизаторов при сжигании керосина [7] показало, что на процесс стабилизации в значительной степени влияет время нахождения газов и размеры плохообтекаемых тел. Причем можно добавить, что время пребывания газов в значительной мере зависит от рециркуляционной зоны образующейся за плохообтекаемыми телами, а размеры рециркуляционной зоны напрямую зависят от двух важных параметров – размеров и скорости набегающей топливо-воздушной смеси [8]. Широко известны работы за авторством Бикрама и др. [9-10] в которых изучались процессы горения за плохообтекаемыми телами, в частности изучалось влияние турбулентности на структуру пламени и бедных срывов. Причем результаты работ [10] и [2] имеют одинковые теория бедного срыва, когда бедный срыв появляется во сдвиговом слое. Проведенные замеры горения неперемешанного топлива при использовании плохообтекаемого тела, на расстоянии 0,5D, 1,0D и 1,5D показали, что на стабилизацию пламени в значительной степени влияет диаметр плохообтекаемого тела [11]. Данный факт подтверждается многочисленными исследованиями [12-14]. Изучение использования водорода в камере сгорания с плохообтекаемым телом показало [15], что сдвиг плохообтекаемого тела в целях увеличения скорости воздуха приводит к снижению образования оксидов азота. Также стоит отметить, что при этом происходит повышение недожога топлива и снижение пределов стабилизации пламени. Это вызвано тем, что происходит снижение температуры в зоне горения из-за повышения скорости. Также приводит к уносу топлива в хвостовую часть, отчего свежая топливо-воздушная смесь не успевает загореться. Это обстоятельство хорошо согласуется с теорией стабилизации [16].

Важным вопросом при горении топлива является турбулентность. При отсутствии искуственных турбулизаторов пламя имеет большую длину за счет того, что свежая топливо-воздушная смесь недогорает в турбулентном фронте пламени. С другой стороны турбулентный фронт создает турбулентные пульсации, которые выносят некоторые участки фронта пламени вперед, в сторону невоспламененной смеси. Сумма отдельных пульсаций по разному искривляет поверхность турбулентного фронта пламени, увеличивая площадь и количество вещества вступающую в реакцию в единицу времени. Повышение скорости с одной стороны увеличивает турбулентность, однако в таком случае повышается унос топливо-воздушной смеси [15]. Для снижения этого эффекта оптимальным является применение плохообтекаемых тел, которые являются «якорями», позволяющими более эффективно сжигать топливо, причем увеличение размеров тел приводит к раскрытию пламени [16]. Однако следует учесть, что стабилизация пламени мало зависит от масштаба турбулентности, а значит и от частоты турбулентных пульсаций.

Значительное количество работ подтверждает теорию о том, что стабилизация пламени, выбросы вредных веществ зависит от размеров плохообтекаемых тел [17-23]. Проведенные эксперименты по влиянияю турбулентности на предварительно перемешанные топливо-воздушные смеси метана, этилена показали, что увеличение турбулентности приводит к появлению отдельных очагов угасания пламени вдоль зоны вокруг ядра пламени [24], что показывает значительное влияние турбулентности на процесс стабилизации пламени.

Другим известным направлением примения плохообтекаемых тел является микроэлектроника [25]. Широко плохообтекаемые тела используются в возобновляемых источниках энергии, в частности для получения кинетической энергии в ветровых турбинах [26-28].

Материалы и методы.

На рисунке 1 приведена принципиальная схема экспериментальной установки с треугольными стабилизаторами. Установка состоит из систем подачи топлива и воздуха, а также зоны горения. В зоне горения установлены плохообтекаемые тела в виде треугольников. В свою очередь в систему подачи топлива входит газовый баллон с чистым пропаном, кран тонкой регулировки расхода, газовый расходометор, а также для измерения давления в трубопроводе используются манометры. Атмосферный вентелятор, в котором максимальный расход воздуха составляет 1700 м^3/ч и стабилизационные трубки с длиной 400 мм и диаметром 16 мм составляют систему подачи воздуха. Общий вид треугольных стабилизаторов представлен на рисунке 2.

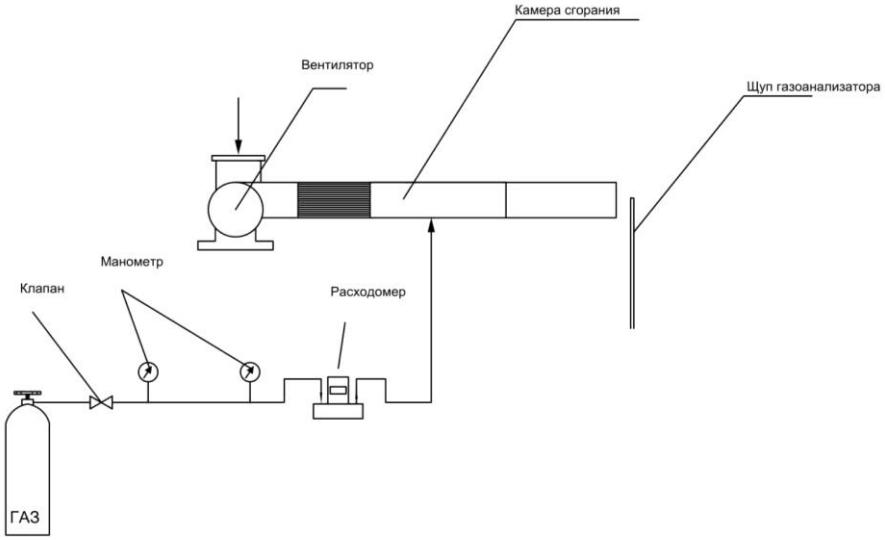


Рисунок 1 – Принципиальная схема экспериментальной установки с треугольными стабилизаторами

Высота и ширина треугольных стабилизаторов составляет 60 и 30 мм соответсвенно, а расстояние между соплами 1,5-7 мм. В экспериментальных исследованиях использовались 2 варианта треугольных стабилизаторов. В первом случае подача топлива осуществовалась через 8 отверстий, которые установлены в центральной части. Во втором варианте отверстия расположены в 2 ряда (рисунок 2).

Экспериментальные исследования проводились с целю определения влияния расположения сопел на стабилизационные характеристики, полноту сгорания топлива, а также на концентрацию оксидов азота содержащихся в уходящих газах. Серия экспериментов проводились при изменения скорости воздуха с шагом 4 м/с в диапазоне от 4 до 12 м/с, при этом расход воздуха был постоянным и контролировался анемометром. Также стоит отметить, что температура, давление и влажность в помещении влияли на корректировку расхода воздуха. Измерение температуры проводилось с помощью термопары хромель-алюмель и газоанализатором Testo 350-XL, который использовался также для измерения концентрации оксидов азота.

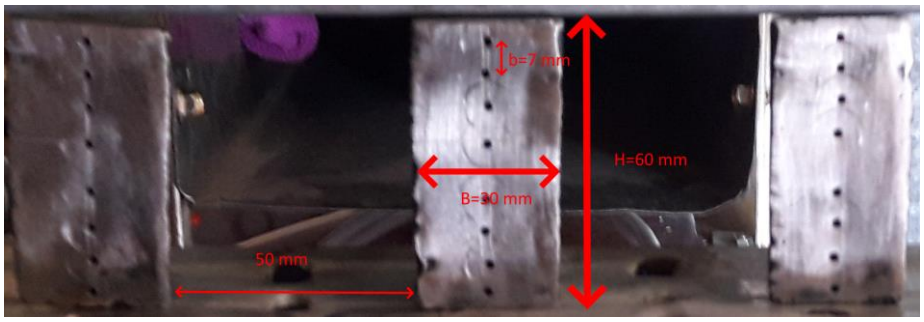


Рисунок 2 – Общий вид треугольных стабилизаторов

Определения «бедного» срыва производился по следующей последовательности: задавался определенный скоростной режим, далее идет снижение расхода топлива до визуального гашения пламени и замерялся расход топлива. В рассматриваемых режимах расход топлива был равен 1,5 кг/ч (0,004 кг/с). Число Рейнольдса принимался в зависимости от скорости воздуха в диапазоне 21868÷87475. Коэффициент избытка топлива определялся по формуле:

$$\varphi = \frac{(\frac{F}{A})}{(\frac{F}{A})_{st}},$$

где, $(\frac{F}{A})$ – фактическое отношение топливо/воздух;

$(\frac{F}{A})_{st.}$ – стехиометрическое отношение топливо/воздух.

Для измерения длины факела использовался лазерный длинномер. Замеры производились следующим образом: фронтальная плоскость треугольника был началом точки отчета, а конечной точкой визуальный конец пламени.

Отличительная особенность экспериментальных исследовании заключается в подаче топлива диффузионным способом. Известно, что в нефтеперерабатывающей отрасли Казахстана сжигаются тяжелые фракции попутных газов, а также отсутсвует возможность предварительного смешения и подогрева. И предлагаемый треугольный стабилизатор разрабатывались для использования в факельных установках в данной отрасли.

Результаты и обсуждение.

Бедный срыв.

При различных подачах топлива зависимость «бедного» срыва пламени от скорости воздуха представлены на рисунке 3. В анализе в целях сравнения использовались результаты исследовании уголковых стабилизаторов [28]. Для анализа было принято, что начало границ рециркуляционных зон соответствуют зоне, в которой продольные скорости меньше или равны 0 и отрицательное значение имеют во внутренней зоне. Для любых видов стабилизации в виде плохообтекаемых, закрученных или хорошообтекаемых тел на стабилизацию в большей степени влияет рециркуляцонная зона, это связано с тем, что выгорание большей части топливно-воздушной смеси происходит в этой зоне.

Из анализа видно, что при подаче топлива через 16 отверстий получаем наилучшие показатели стабилизации, связанное с диффузионной подачей топлива непосредственно в рециркуляционную зону. В свою очередь это позволяет топливе активно участвовать в теплопередаче, она подогревается и сгорает с воздухом, которая поступает в эту область. Также в рециркуляционную зону непрерывно подается новая порция топлива, поддерживающая высокую стабилизацию пламени.

Как видно из рисунка 3 при использовании 8 сопел пределы стабилизации снижаются. Это обесняется тем, что на кромках треугольников образуется пространство между рециркуляционными зонами куда истекают топливо с более высокой скоростью. При определенных скоростях часть топлива захватывается в рециркуляционной зоне обеспечивая стабилизацию горения, но пламя быстро угасает в связи с снижением концентрации топлива. Проведенные эксперименты показывают, что использование 8 сопел позволяет ближе к выходной области имеет более высокую температуру.

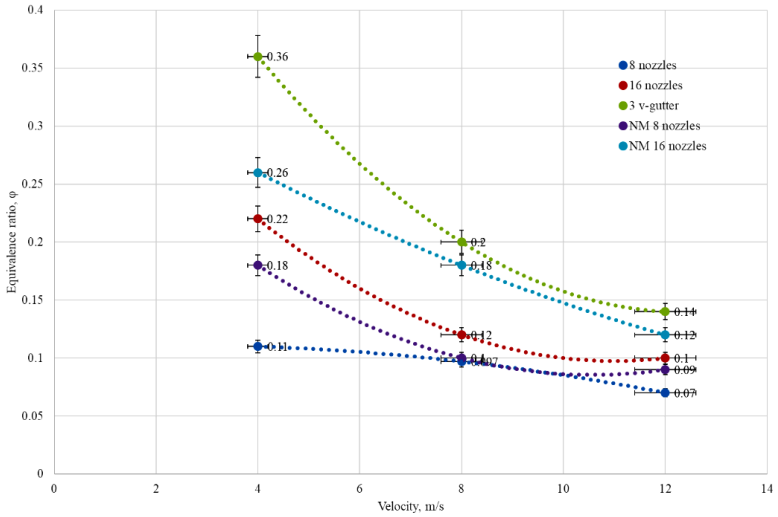


Рисунок 3 – Влияние скорости воздуха на обдув «бедной» смеси при различных способах подачи топлива

Образование оксида азота.

Зависимости образования концентрации оксидов азота от коэффициента избытка воздуха представлены на рисунке 4. Непосредственное влияние на образование оксидов азота оказывает время нахождения газов в зоне горения, температура в этой зоне и эффективность перемешивания топлива и воздуха. Проведенные анализы показывают, что для увеличения времени нахождения газов в зоне горения, необходимого для соединения молекул кислорода с молекулами азота необходима зона рециркуляции. Но в равновесной реакции образования оксидов азота повышение в зоне горения температуры приводит к повышению константы равновесия [29]. В зоне рециркуляции увеличение концентрации топлива приводит к повышению температуры.

Из-за отсутствия внутреннего пространства треугольные стабилизаторы, по сравнению с уголковыми, не имеют развитой рециркуляционной зоны, поэтому догарание части топлива происходит в «хвостовом» участке пламени. Из графиков видно, что значительное влияние оказывает время нахождения газов в рециркуляционной зоне.

Из сравнения видно, что разница в концентрациях оксидов азота не более 2 ppm, но значения температур различны. Наименьшую концентрацию азота можно получить при использования 16 сопел, связанным с более эффективным смешиванием топлива. Повышения значении констант реакции образования оксидов азота происходит при повышении температуры. Дожигание газов в результате, проскакивающих зону рециркуляции, не имеют значительного влияния, но повышает концентрацию на 2-3 ppm.

Ввиду того, что горение – это вторичный источник турбулентности, а также турбулентность, которая генерируется за треугольными стабилизаторами имеет

одинаковый характер, следует, что эффективность перемешивания топлива и воздуха является единственным фактором, который влияет на стабилизацию пламени и образование оксидов азота. Следует учесть факт того, что влияние высокого перемешивания неоднозначно. При повышении эффективности горения образуется углекислый газ, а недожог приводит к повышению образования оксидов азота. Снижение концентрации оксидов азота достигается распределением пламени по сечению, за счет снижения времени пребывания газов в зоне высоких температур связанного с наличием малых зон горения.

Вышеприведенные факты поясняют более низкие концентрации оксидов азота при использовании 16 сопел.

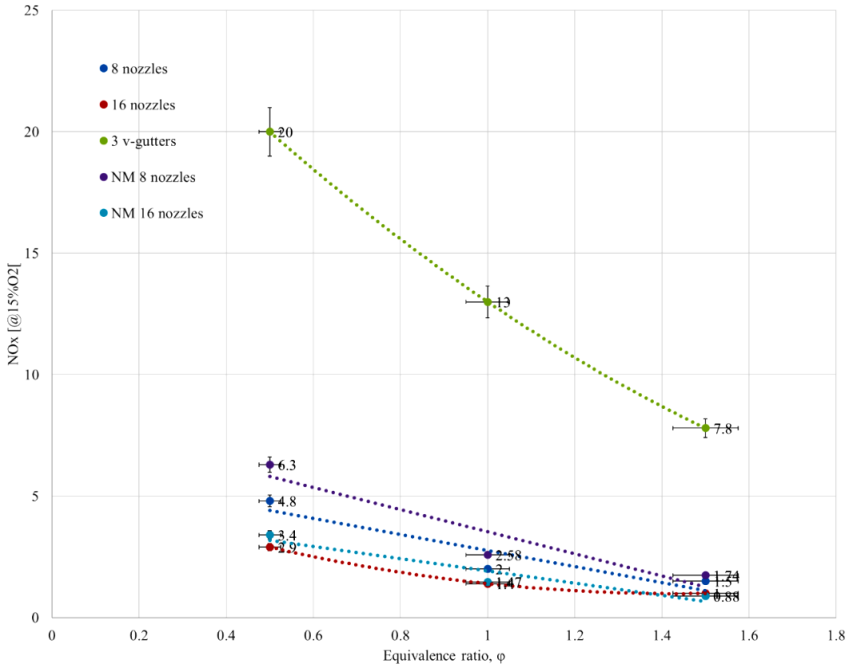


Рисунок 4 – Зависимость концентрации NO_x в уходящих газах от коэффициента избытка топлива

Температура.

Зависимости температуры на входе установку от коэффициента избытка топлива при различных вариантах треугольных стабилизаторов представлено на рисунке 5. Как видно из рисунка 5 повышение коэффициента избытка топлива сопровождается повышением температуры на входе в установку. При начальных значениях коэффициента избытка топлива значение температур приблизительно одинаковые. Далее с повышением коэффициента избытка топлива разница в значениях температуры очевидна, а при значениях приближенной к 1,5, разница достигает 90 К. Данное явление можно объяснить тем, что при варианте подачи топлива через 16 сопел, которые находятся непосредственно перед зоной рециркуляции, способствуют сжиганию большего количества топлива, при этом повышается температура в зоне горения и этом объясняется высокие стабилизационные характеристики. Также горение газов в рециркуляционной зоне обеспечивает малый проскок пламени в хвостовую часть, где горение происходит при высоких температурах, обеспечивающая низкие концентрации оксидов азота.

При варианте подачи топлива через 8 сопел, осуществляемая через центральные части треугольного стабилизатора большая часть топлива уносится потоком высокой

скорости и не участвуют в процессе горения у устья треугольных стабилизаторов. В хвостовой части существуют хорошие условия для горения, высокая концентрация воздуха и большая концентрация несгоревшего топлива, причем топливо плохо перемешанно, что приводит к образованию зон с высокой локальной концентрацией топлива и соответственно к локальным зонам высоких температур, приводящим к росту константы равновесия реакции окисления молекул азота.

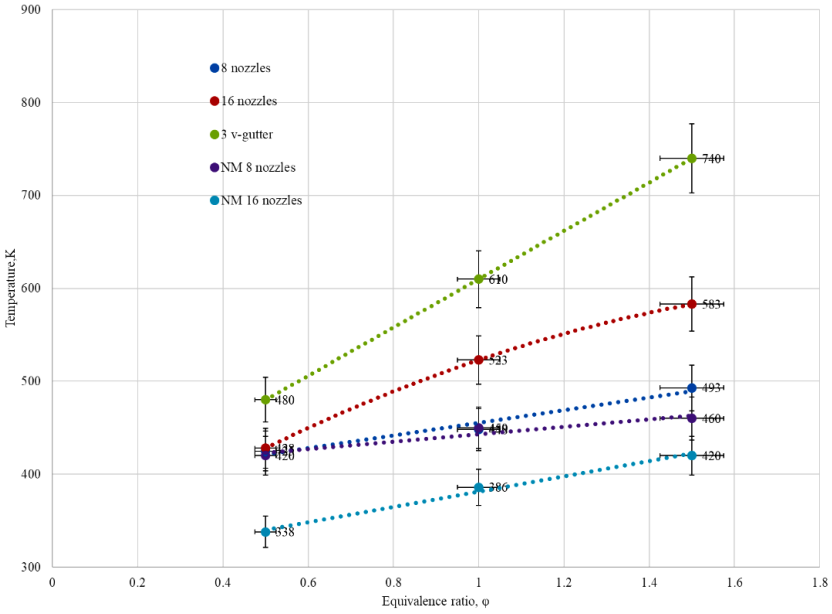


Рисунок 5 – Зависимости коэффициента избытка топлива от температуры уходящих газов

Заключение.

В статье представлены результаты экспериментальных исследований с треугольными стабилизаторами при различных вариантах подачи топлива финансируемого Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP14872041).

На основе экспериментальных исследований были сделаны следующие выводы:

1) С точки зрения стабилизации пламени, а также снижения образования токсичных веществ треугольные стабилизаторы являются эффективными в серии плохообтекаемых тел. В результате экспериментальных исследовании была предложена новая конструкция факельной горелки [30].

2) С точки зрения образования оксидов азота треугольные стабилизаторы с системой подачи топлива вдоль высоты уголка являются наиболее эффективными.

3) Необходимо провести дальнейшие экспериментальные исследования горения за уголковыми стабилизаторами с использованием жидкого топлива в виде керосина.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Chaudhuri S., Kostka, S., Tuttle, S.G., Renfro, M.W., Cetegen, B.M. Blowoff mechanism of two dimensional bluff-body stabilized turbulent premixed flames in a prototypical combustor. // Ccombustion and flame, 2011. – Vol.: 158 Issue: 7, pp. 1358-1371.

[2] Wan J.L., Cheng X.B. Numerical investigation of the local extinction and re-ignition mechanisms of premixed flame in a micro combustor with a flame holder and preheating channels// FUEL, Vol.: 264, in press.

[3] Barlow R.S., Dunn M.J., Sweeney M.S., Hochgreb S. Effects of preferential transport in turbulent bluff-body-stabilized lean premixed CH_4/air flames//Combustion and flame, Vol.: 159 Issue: 8, pp. 2563-2575.

[4] Cao Y., Tamura T., Kawai H. Span wise resolution requirements for the simulation of high-Reynolds-number flows past a square cylinder//COMPUTERS & FLUIDS, 2020. – Vol.: 196, in press.

[5] Wang G., Si J., Xu M., Mi J. MILD combustion versus conventional bluff-body flame of a premixed CH_4/air jet in hot coflow// Energy, 2019. – Vol.: 187.

[6] Sahebjamei M., Amani E., Nobari M.R.H. Numerical analysis of radial and angular stratification in turbulent swirling flames// Energy, 2019. – Vol.: 173, pp. 523-539.

[7] Wu Z.J., He X.M. Investigations on Emission Characteristics of a Liquid-Fueled Trapped Vortex Combustor. // Journal of thermal science, 2021, in press.

[8] Лефевр А. Процессы в камерах сгорания ГТД. – М.: Мир, 1986. – 566 с.

[9] Bikram R. *et al.* Experimental study of the effects of free stream turbulence on characteristics and flame structure of bluff-body stabilized conical lean premixed flames// *Combustion and Flame*, 2018. – Vol.: 1 (178), pp. 311-328.

[10] Bikram R. *et al.* Effects of free stream flow turbulence on blowoff characteristics of bluff-body stabilized premixed flames// Combustion and Flame, 2018. – Vol.: 1 (190), pp. 302-316.

[11] Ata A., Ozdemir, I.B. Effects of the cone angle on the stability of turbulent nonpremixed flames downstream of a conical bluff body// Heat and mass transfer, 2020: in press.

[12] Aiwu Fan, *et al.* Numerical investigation on flame blow-off limit of a novel microscale Swiss-roll combustor with a bluff-body// Energy, 2017. – Vol.: 1 (123), pp. 252-259.

[13] Aiwu Fan, *et.al.* Effect of bluff body shape on the blow-off limit of hydrogen/air flame in a planar micro-combustor// Applied Thermal Engineering, 2014. – Vol.: 62, pp. 13-19.

[14] Aiwu Fan, *et.al.* Interactions between heat transfer, flow field and flame stabilization in a micro-combustor with a bluff body// International Journal of Heat and Mass Transfer, 2013. – Vol.: 66, pp.72-79.

[15] Wang J.L., Tang L.H., Zhao L.Y., Zhang Z. Efficiency investigation on energy harvesting from airflows in HVAC system based on galloping of isosceles triangle sectioned bluff bodies// Energy, 2019. – Vol.: 172, pp. 1066-1078.

[16] Пчелкин Ю.М. Камеры сгорания газотурбинных двигателей.–М.: Машиностроение, 1984. – 280 с.

[17] Benmenine Djamel, Bentebbiche Abdelhalime, Hadjab Riyadb, Zighmi Nadia. The Effect of the Velocity Ratio on the Emissions of NOx in «BLUFF BODY» Burner with Turbulent Flames//Energy Procedia, 2015. – Vol.: 74, pp. 1032-1039.

[18] Kim W.H., Park, T.S. Flame characteristics depending on recirculating flows in a non-premixed micro combustor with varying baffles//Applied thermal engineering, 2018. – Vol.: 148. pp. 591-608.

[19] Yunfei Yan, *et al.* Numerical investigation on combustion characteristics of methane/air in a micro-combustor with a regular triangular pyramid bluff body//International journal of hydrogen energy, 2018. – Vol.: 43, pp. 7581-7590.

[20] Jianlong Wan, *et.al.* Experimental and numerical investigation on combustion characteristics of premixed hydrogen/air flame in a micro-combustor with a bluff body//International journal of hydrogen energy, 2012. – Vol.: 37, pp. 19190-19197.

[21] Yiheng Tong, *et al.* Effects of the position of a bluff-body on the diffusion flames: A combined experimental and numerical study//Applied Thermal Engineering, 2018. – Vol.: 131, pp. 507-521.

[22] Sharma A., Kumar P., Singh S.K. Numerical analysis of flow structures behind the bluff body at different aspect ratio//2ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN MECHANICAL ENGINEERING (ICAME 2018). IOP Conference Series-Materials Science and Engineering, Vol.: 402.

[23] Bifen Wu, Xinyu Zhao, Bikram Roy Chowdhury, Baki M. Cetegen, Chao Xu, Tianfeng Lu. A numerical investigation of the flame structure and blowoff characteristics of a bluff-body stabilized turbulent premixed flame//Combustion and Flame, 2019. – Vol.: 202, pp. 376-393.

[24] Bikram Roy Chowdhury, Baki M. Cetegen. Effects of fuel properties and free stream turbulence on characteristics of bluff-body stabilized flames//Combustion and Flame, 2018. – Vol.: 194, pp. 206-222.

[25] Zhang B.S., Wang K.H., Song B.W., Mao Z.Y. Tian W.L. Numerical investigation on the effect of the cross-sectional aspect ratio of a rectangular cylinder in FIM on hydrokinetic energy conversion//Energy, 2018. – Vol.: 165, pp. 949-964.

[26] Garzozi A., Greenblatt D. A pulsed Coanda-effect reciprocating wind energy generator//Energy, 2018. – Vol.: 150, pp. 965-978.

[27] Liu F.R., Zhang W.M., Peng Z.K., Meng G. Fork-shaped bluff body for enhancing the performance of galloping-based wind energy harvester//Energy, 2019. – Vol.: 183, pp. 92-105.

[28] Umyshev D.R., *et al*. Effects of different fuel supply types on flame stabilization and NOx emissions behind group of v-gutter flame holders: Experimental and numerical study//Thermal Science, 2020. – Vol.: 24, Issue 1 Part A, pp. 379-391.

[29] Зельдович Я.Б., Садовников П.Я., Франк-Каменецкий Д.А. Окисление азота при горении. – Москва-Ленинград: Изд-во АН СССР, 1947. – 150 с.

[30] Патент на изобретение «Факельная горелка» №34634, опубл. 16.10.2020г., бюл. №54.

Абай Достияров, т.ғ.д., профессор, Ғ. Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан, dost51@mail.ru

Диас Умышев, PhD, қауымдастырылған профессор, Ғ.Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан, umishev_d@mail.ru

Жансая Дуйсенбек, PhD, доцент, Ғ. Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан, zhaniko.adina@mail.ru

Аяулым Яманбекова, PhD, доцент, Ғ. Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан, aiau_talgar@mail.ru

ТӘЖІРБИЕЛІК ҚОНДЫРҒЫНЫҢ СИПАТТАМАСЫ ЖӘНЕ АЛАУ ҚЫЗДЫРҒЫШЫНА ТИІМДІ БҰРЫШТЫҚ ТҰРАҚТАНДЫРҒЫШТЫ ТАҢДАУ БОЙЫНША ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ

Аңдатпа. Мақалада үшбұрышты тұрақтандырғыштары бар оттық құрылғының жаңа конструкциясында отын берудің түрлі нұсқаларында жасалған тәжірибелік зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Зерттеулер ауа шығыны тұрақты, ал ауа жылдамдығы мен отын шығыны айнымалы болған жағдайда жүргізілді. Зерттеулерде отын беру саңылауларының орналасу варианттары түрлі болды. Нәтижесінде азот оксидтерінің және шығар газдардың температурасының тәуелділік графиктері келтірілген. Тәжірибелер көрсеткендей, үшбұрышты тұрақтандырғыштардың биіктігі

бойынша біркелкі отынмен қамтамасыз ету нұсқасы азот оксидтерінің түзілуі тұрғысынан ең тиімді болып табылады. Мысалы, барлық басқа тең жағдайларда 16 саңылаудың болуы азот оксидтерінің түзілуін 29% - ға қысқартуға мүмкіндік береді, бұл отынды ауамен араластырудың жоғары тиімділігін көрсетеді, бұл газдардың жоғары температура аймағында, сондай-ақ жоғары температураның жергілікті аймақтарында болу уақытын қысқартады.

Жүргізіліп жатқан зерттеулердің ғылыми жаңалығы мұнай-газ және металлургия салаларында қолдануға болатын жаңа микрофакелді оттықтарды зерттеуге негізделген. Алдыңғы зерттеулерден айырмашылығы, оттықтардың жаңа түрлері отынй рециркуляция аймағына енбейтіндігімен, бірақ үшбұрыштардың құйрық бөлігінде жанып кететіндігімен, сондай-ақ отынның диффузиялық аймаққа жанармай құюымен ерекшеленеді. ауамен араласпай циркуляция аймағы.

Түйінді сөздер. Отын-ауа қоспасы, микрофакелді жағу, азот оксиді, үшбұрыштық тұрақтандырғыш, жалынды тұрақтандыру.

Abay Dostiyarov, d.t.s., professor, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, dost51@mail.ru

Dias Umyshev, PhD, associate professor, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, umishev_d@mail.ru

Zhansaya Duissenbek, PhD, docent, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, zhaniko.adina@mail.ru

Ayaulym Yamanbekova, PhD, docent, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, aiau_talgar@mail.ru

DESCRIPTION OF THE EXPERIMENTAL SETUP AND RESULTS OF RESEARCH ON THE CHOICE OF AN EFFECTIVE ANGLE OF TRIANGLE STABILIZER FOR A FLARE BURNER

Abstract. The article presents the results of experimental studies conducted on a new design of a burner device with triangular stabilizers for various fuel supply options. During the study, the air consumption was constant, and the air velocity and fuel consumption were variable. The experiments were carried out with various options for the location of the fuel supply hole. As a result, graphs of the dependence of nitrogen oxides and the temperature of the exhaust gases are presented. Experiments have shown that triangles with uniform fuel supply along the height are the most effective in terms of the formation of nitrogen oxides. For example, the presence of 16 holes, all other things being equal, can reduce the formation of nitrogen oxides by 29%, which indicates a high efficiency of mixing fuel with air, which reduces the time spent by gases in the high temperature zone, as well as local high temperature zones.

The scientific novelty of the ongoing research lies in the study of new microflame burners that can be used in the oil and gas and metallurgical fields. Unlike previous developments, new types of burners are distinguished by the fact that the fuel does not enter the recirculation zone, but burns out in the tail part of the corners, as well as the fact that the fuel is fed into the diffusion zone into the recirculation zone without mixing with air.

Keywords. Air-fuel mixture, micro flaring, nitrogen oxides, triangular stabilizer, flame stabilization.

****

УДК621.31 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-274-282**

И.М. Дюсебаев[1]✉, Е.С. Аскаров[1], Е.А. Ефременков[2]
[1]Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан
[2]Томск Ұлттық зерттеу политехникалық университетінің, Томск, Ресей
E-mail: nomad.i.m.13@mail.ru

АГРОӨНЕРКӘСІПТІК КЕШЕНДЕГІ РОТОРЫНЫҢ ҚУАТЫ АЗ АЙНАЛУ ОСІ ВЕРТИКАЛЬ ЖЕЛЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫҢ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫНЫҢ СЫЗБАСЫН ЗЕРТТЕУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ МЕН ТАЛДАУЫ

Андатпа. Мақалада роторының қуаты аз айналу осі вертикаль желэнергетикалық қондырғыларды агроөнеркәсіптік кешенде пайдалану перспективалары қарастырылған. Зерттеу негізіне вертикаль-осьті жел қондырғыларын пайдалану теориясы алынған, агроөнеркәсіптік кешенде еңбек өнімділігін жоғарылатуға әсерін бағалау жүргізілген. Дамудың сандық және сапалық көрсеткіштерін бағалау әдістері мен жүйелері қолданылған.

Түйінді сөздер. Жел энергиясы, электронды желэнергетикалық блогы, жел жылдамдығы, тиімді бірінші ретті басқару әдісі, жел қондырғылары.

Кіріспе.

Жұмыс ауыл шаруашылығы тұтынушыларын энергиямен және электр көзімен сенімді және үнемді жабдықтауды жобалаудың әдістемелік негіздерін жасауға, ауыл шаруашылығы өндірісі мен халқы үшін жаңа жел энергетикалық қондырғыларын әзірлеуге арналған. Ежелгі уақыттан адамзат дән үгіту, суды айдау және басқа да күш жұмсауды талап ететін жұмыстар үшін энергияны пайдаланған. Заманауи сатыда жел энергетикасының міндеті қашықтықтағы тұтынушыларды энергиямен қамтамасыз ету болып табылады. Территориясында табиғи ресурстар, инфрақұрылым мен өндірісті дамыту мүмкіндігі бар Қазақстанның көптеген аймақтарында жекеленген ауыл шаруашылығы тұтынушыларын энергиямен қамтамасыз ету сұрағы өзекті. Электрлендіру мәселесін шешу үшін баламалы тәсілдерді іздеу өзектілігін жергілікті жерлердің бедерінің күрделі жағдайында электр беру желілерін салу үшін ақталмайтын көп қаржы жұмсау қажеттілігімен дәлелденеді.

Материалдар мен тәсілдер.

Осы зерттеудің әдістемелік негізі ретінде агроөнеркәсіптік кешендегі вертикаль жел қондырғылары саласындағы іргелі жұмыстар, сондай ақ зерттелінетін мәселе бойынша отандық және шет елдік алдыңғы қатарлы экономикалық журналдардағы ғылыми мақалалар алынды. Әлемдік экономикалық әдебиеттердің жетістіктерін жалпыландыратын жұмыстар кеңінен пайдаланылады.

Зерттеулер.

Жер қондырғыларының конструкцияларының өнімділігін жоғарылатуға белгілі ғалымдардың көпшілігінің зерттеулері арналған. Н.Е. Жуковский, Ю. Прандтль и А. Бетц жел қозғалтқыштарының негізгі жұмыс принциптері мен қағидаларын түсіндіретін теориялық негіздерді қалаған.

Жуковский-Бетц шегі жел энергетикалық жүйелерді әзірлеушілердің негізгі мақсаты болып табылатын жел қондырғысында жел энергиясын барынша толық пайдалану мүмкіндігін негіздейді. Осы мақсатқа қол жеткізудің әр түрлі тәсілдерін зерттеумен Н.В. Красовский, Г.Х. Сабинин, Е.М. Фатеев, В.Н. Андриянов, П.П. Безруких, В.В. Елистратов, О.С. Попель, В.М. Летчер и др. Ю.Г. Шакарян, В.З. Манусов, С.Н. Удалова айналысқан, шет елдік ғалымдардың арасынан әр түрлі басқару әдістерін зерттеген Х. Биндер, А. Ребсдорф, В. Биберг, Р. Гофман, О. Карлсон, Дж. Хиландер атты ғалымдардың жұмыстарын айта кету керек. Осылайша, шешімі ғылыми және тәжірибелік маңызға ие болатын жел қондырғыларының қуатын басқару алгоритмін зерттеу және талдау қондырғылардың өнімділігін жоғарылату мен энергия өндірудің бағасын төмендету мәселелері ғылыми мәселенің өзекті бағыты болып саналады.

Қуаты төмен жел қондырғыларының арзандығына нарықтың талабын ескере отырып, қуатты басқару жүйесі әдетте барынша қарапайым болады. Ол үшін жел қондырғысын әдетте желдің берілген жылдамдығына қарай есептейді, бұл кезде генератордың айналу жиілігі тұрақты болып таңдалынады. Бұл электр желісіне қосылатын қарапайым асинхронды генераторды немесе автономды жел қондырғыларында аккумуляторды зарядтау үшін тұрақты магниттерден қозатын синхронды генераторды пайдалануға мүмкіндік береді. Еспе винттің қалақтары әдетте қозғалмайды, ол орнату бұрышын реттеуге және айналу жиілігін жел жылдамдығына келтіруге кедергі келдіреді. Есептік мәннен ерекшеленетін жел жағдайында қуатты шектеу желден жел дөңгелегін алып тастаумен жүргізіледі. Бұл жел жылдамдығының барлық диапазонын толық пайдаланбауға алып келеді және кез келген ауа райы кезінде жел қондырғысының жұмысы қамтамасыз етілмейді.

Нәтижелер.

Жел энергетикалық қондырғыларының дамуымен және олардың қуатының артуымен олардың конструкциясы да жетілдіріледі. Жел турбинасының конструкциясының механикалық бөліктері жетілдіріліп жатқанда, сонымен бірге электрлік басқару және бақылау жүйелері де жетілдіріліп, күрделенеді. Қалақтарды орнату бұрыштарын бақылау пайда болады, ол ротордың айналу жылдамдығын шектеу есебінен дауыл жағдайында жел қозғалтқышының жұмысын қауіпсіздендіруге мүмкіндік береді. Сонымен қатар ол әлсіз жел кезінде электр энергиясын өндіруді біршама жоғарылатады.

Жел энергетикалық қондырғылардың тұтынушылың қасиеттерін жасқартудың тағы бір тәсілі желдің әр түрлі жылдамдығында әр түрлі редукторлардың көмегімен турбиналардың жұмыс қабілеттілігін қамтамасыз ету. Жел электр станцияларында өндірілетін энергияның талап етілетін сапасы электрлік түрлендіргіштердің көмегімен алынатын генераторлардың әр түрлі типтері пайдаланылады.

Талқылау.

Ғылым мен техниканың заманауи сатысында жаңартылатын энергия көздерінің негізіндегі электрлік жүйелер бір бірімен өзара байланысқан көптеген элементтер мен жүйелерден тұрады. Осындай жүйелерді зерттеу әдетте электронды есептегіш машиналардың есептеу ресурстарын және оны сәйкес бағдарламалық қамтамасыз етумен жүзеге асыруға негізделген қуатты математикалық аппаратты қолдануды талап етеді.

Ғылыми есептеулер үшін бағдарламалық қамтамасыз етудің артуымен және ғылыми зерттеулер үшін есептеу техникасының қуатының артуымен ЭЕМ математикалық есептеулер үшін арналған апнайы бағдарламалар жиі пайдаланылады,

мысалы Mathcad. Осындай бағдарламалар модельдер негізінде бағдарламалау әдістерін пайдаланып математикалық модельдерді жылдам жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Жаңартылатын энергия көздерінің негізінде электрмен жабдықтау жүйелерін зерттеуге келе отырып, осындай жүйелердің жұмыс істеуінің кейбір ерекшеліктерін айта кету керек. Жаңартылатын энергетикада энергия көздері өндірілетін қуаттың тұрақтылығын қамтамасыз ете алмайды, сондықтан мұндай жүйелер қажет болған жағдайда тұтынушыға өндірілетін энергияны беру үшін оны жинақтауды талап етеді.

Жел қондырғыларында қуатты реттеу қажеттілігі жел қондырғысының аэродинамикалық сипаттамаларының ерекшеліктерімен түсіндіріледі.

Тұрақты жылдамдықтағы қуатты реттеу тәсілдерін жүзеге асыру оңай болады. Осы әдісті пайдалану мысалы ретінде жел дөңгелегінің роторы тұрақты магниттерден қоздырылатын синхронды генератор роторымен тікелей немесе үдеткіш арқылы жалғанған жел энергетикалық қондырғының конструкциясын келтіруге болады. Генератор орамдары шығысы аккумулятор батарейкасына жалғанған диодты түзеткіш көпірдің кірісіне қосылған [1].

Жел жылдамдығы өзгергенде осындай жел қозғалтқышының жұмысында сәйкесінше генератор шығысы мен түзеткіштегі кернеу өзгереді.

Осылайша, әлсіз жел кезінде айналу жылдамдығы мен шығыс кернеуі аккумулятордағы кернеуден төмендейді, аккумуляторда ток жүрмейді, бұл жел дөңгелегі білігіндегі генератордың электрмагниттік моментінің төмендеуіне алып келеді. Жел жылдамдығы артқанда генератор жылдамдығы ұлғаяды, бұл генератордың шығыс кернеуінің артуына және батареядағы токтың артуына алып келеді. Токтың артуынан жел дөңгелегінің білігіндегі генератордың электрмагниттік моменті артады, осыдан стабилизациядағы жылдамдықтан жоғары жылдамдыққа жете алмайды.

Тұрақты жылдамдықты қуатты реттеу әдісінің артықшылықтары:

- бұл тәсіл редуктор немесе қалақтарды орналастыру бұрышын өзгерту механизмі сияқты түйіндерді талап етпейді, сондықтан жел өңгелегінің конструкциясы қарапайымданады, сондай ақ оның сенімділігі артады [2];

- тәсіл тұрақты магниттерден қозатын генераторларды пайдалануға мүмкіндік береді, осыдан генератор мен жалпы жел энергетикалық қондырғының ПӘК жоғарылайды, себебі мұндай генераторға магниттік өрісті қоздыру үшін электрлік энергия талап етілмейді;

- генератордың айнымалы электр тогын диодты түзету көпірінің көмегімен аккумулятор батареясының зарядының тұрақты тогына түрлендірудің нқарапайым сызбасын пайдалану мүмкіндігінен жел электр станциясының электрлік жабдығы қарапайым түрге келтіріледі және соңғы өнім бағасы арзандайды.

Бұл әдістің кемшіліктері:

- ЖЭҚ тиімді жұмысы жел жылдамдығының белгілі бір кішкентай аралығында ғана қамтамасыз етіледі;

- жел жылдамдығы номиналды жылдамдықтан асып кеткенде қуаттың артуынан арнайы қорғаныс шараларын қолдану қажет болады.

Заманауи әлемде цифрлы басқару жүйелері кең қолданысқа ие болуда [3]. Сондай ақ математикалық модельдеу және сандық талдау үшін бағдарламалық қамтамасыз ету, бағдарламалық қамтамасыз етудің жоғарғы деңгейдегі тілдері және құралдары сияқты жобалау және талдау құралдары, сондай ақ есептеу техникасының аппараттық мүмкіндіктері пайдаланылады.

Күрделі басқару жүйелерін жобалау сатысында модельдеуді имитациялау әдістерін пайдалану зерттеу, әзірлеу және сынау бағасын әлдеқайда төмендетеді, сонымен қатар бұйымдарды әзірлеу мерзімін айтарлықтай төмендетеді.

Күрделі объектілерді басқару жүйесін әзірлеу және жобалау тиімділігін жоғарылатуға имитациялық модельдеуді пайдалану есебеінен қол жеткізуге болады [4], ол әмбебап контроллерді әзірлеу мысалында көрсетіледі. Бұл жағдайда жүйені басқару моделі басқарушы бағдарламаның әмбебаптылығын қамтамасыз ету үшін жоғарғы деңгейдегі бағдарламалау тілінде жұмыс істей алуы керек. Әзірлеу және зерттеу ортасы ретінде ғылыми қоғамдастықта, сондай ақ әр түрлі жобалық ұйымдарда кеңінен таралған математикалық есептеулерге арналған Mathworks Inc MATLAB/Simulink бағдарламалар пакеті таңдалынды.

MATLAB/Simulink пакеті қабықшасымен MATLAB есептеуішінде негізделген. Бұл есептеуіш әр түрлі объектілермен күрделі математикалық есептеулерді орындауға: сандар, векторлар, матрицалар, сондай ақ әр түрлі күрделілік деңгейіндегі теңдеулер жүйесін шешуге мүмкіндік береді. Әр түрлі жүйелердің модельдеу процесін жеңілдету үшін есептеуішпен бірге Mathworks Inc компаниясымен әр түрлі құрылғылардың модельдерінің үлкен кітапханасынан тұратын Simulink баптамасы әзірленген. Сондай ақ ұсынылатын модельдерде кітапханаға құжаттамада келтірілген математикалық сипаттамасы бар. Алайда басқару жүйелерін әзірлеу кезінде басқару объектілерінің модельдерімен бірге басқару құрылғысының моделі талап етіледі, сондай ақ оның күрделілігі әдетте міндеттен міндетке қарай өзгереді, осыдан басқару құрылғысының басқару объектісінің моделін әзірлеуде әмбебап тәсілге сұраныс туындайды.

Компьютерлік модельдерде есептеу экспериментінің модельдеу мақсаты әр түрлі басқару стратегиялары мен алгоритмдерін пайдаланып жел қондырғыларының тиімділігін пайдалану.

Жел генераторы әдетте келесі құраушылардан тұрады:

Жел қозғалтқышы жел энергиясын механикалық айналу энергиясына түрлендіргіш болып табылады. Жел қозғалтқышы жел қозғалтқышының жел дөңгелегінен тұрады, ол өз кезегінде механикалық энергияны пайдалану үшін келетін ауа ағынын қабылдайтын және генератор білігіне немесе басқа құрылғыға беру үшін ағын энергиясын айналмалы қозғалысқа түрлендіретін қалақшалардан, қанаттан және басқа бөліктерден тұрады. Электрлік генератор — бұл біліктің механикалық айналу энергиясын электрлік энергияға түрлендіретін электрлік машина.

Жел электрлік станцияларының генераторлары әр түрлі типте болады, мысалы тұрақты ток генераторлары, асинхронды генераторлар, вентильді (синхронды) генераторлар дәне т.б. Генератор типтері жел энергетикалық қондырғының әзірлеушісімен анықталады және эксплуатация шартарына, өндірілетін электр энергиясының қуаты мен сапасына қойылатын талапқа байланысты таңдалынады.

Аккумулятор зарядының контроллері — бұл аккумуляторды зарядтау үшін қажетті ток пен кернеуді ұстап тұру үшін арналған құрылғы. Батарея зарядының контроллері батареяның оңтайлы зарядын қамтамасыз ету үшін кіріс, шығыс ток және кернеуін реттейді.

Инвертор — бұл тұрақты кернеуді айнымалы кернеуге түрлендіретін құрылғы. Аккумулятор батареялары тұрақты кернеу көзі болып табылады, ал электр энергиясының көптеген тұтынушылары жиілігі 50Гц болатын 220 немесе 380В айнымалы кернеуге есептелген. Инверторлар көбінесе бірнеше функцияны атқарады: олар тұрақты токты айнымалы токқа түрлендіреді; олар заряд контроллерлері болады; аккумулятор батареясын артық зарядталудан және зарядының бітіуінен қорғауды қамтамасыз ету; генератор үшін балластты жүктеме қызметін атқарады.

Айнымалы ток сапасымен ерекшеленетін инвентор типтері болады: синусоидалды шығыс кернеулі және «модификацияланған синусоидалы» деп аталатын. Біріншілері жоғары бағасымен ерекшеленеді, бірақ кез келген жүктемені қоректендіре

алады, электр энергиясының сапасына сезімтал болып келеді. Соңғылары арзанырақ, бірақ индуктивті жүктемелерді қоректендіру үшін арналмаған: электрқозғалтқыштармен және трансформаторлармен құрылғылар.

Аккумуляторлы батареялар — бұл электр энергиясын сақтауға арналған құрылғылар. Жаңартылатын энергияларға негізделген жүйелерде негізінен абсорбталған электролитті AGM типті қызмет көрсетілмейтін қорғасын қышқылды аккумулятор батареялар пайдаланылады. Мұндай аккумуляторлар сапасын жоғалтпай терең разрядқа қабілетті және заряд/разряд көптеген айналымына есептелген.

Жел энергетикалық қондырғының әмбебап компьютерлік моделіне талапты тұжырымдау үшін модельдердің қолданылуының шекаралық шарттарын анықтау қажет.

Жел энергетикалық қондырғының ПӘК әсер ететін негізгі сипаттама жел энергиясын пайдалану коэффициенті (ЖЭПК, ары қарай формулалар мен суреттерде CP белгіленеді) – жел қондырғысы қуатының ЖЭҚ жел өтетін ауданы арқылы өтетін жел энергиясының толық қуатына қатынасы [5].

Басқару алгоритмін өзгерту мүмкіндігін қамтамасыз ету үшін жел қондырғысының ЖЭПК және әмбебап контроллері берілген жел энергетикалық қондырғысының компьютерлік моделі әзірленген.

Ұсынылатын модельдің ерекшелігі пайдаланушымен берілген алгоритм бойынша жұмыс істейтін жел электр станциясының контроллерінің модулі болып табылады. Бұл кезде компьютерлік модельмен қолданылатын ЖЭҚ әр түрлі типтерінде пайдаланылатын келесі басқару әдістерін атап өтуге болады:

- жел дөңгелегінің тұрақты жылдамдығында жұмыс істейтін жел қозғалтқышы;
- генератор орамдарын ауыстыру есебінен жел дөңгелегінің бекітілген бірнеше айналу жылдамдықтарында жұмыс істейтін жел қозғалтқышы;
- мультипликатордың беріліс санының ауысу есебінен жел дөңгелегінің бекітілген бірнеше айналу жылдамдықтарында жұмыс істейтін жел қозғалтқышы;
- айнымалы жылдамдықпен жұмыс істейтін және қуат реттегішімен электрлік түрлендіргішті пайдаланатын жел қозғалтқышы.

Желдің өзгеретін жағдайында генератордың талап етілетін сипаттамаларын айналу жылдамдығының кең диапазонында қамтамасыз ету керек, бұл орныққан жұмыс режиміне есептелген генераторлармен салыстырғанда электрлік машинаның габариті мен массасының артуына алып келеді. Генератор жүктемесі де жұмыс уақытында өзгереді.

Ол қосылған тұтынушылардың қуаты мен санына тәуелді болады.

Генератор роторының айналу жиілігі өзгергенде және айнымалы жүктеме кезінде генератор шығысындағы кернеуді тұрақтандыру керек [6], бұл кернеуді реттеу құрылғысын пайдалану қажеттілігін тудырады. Осындай реттеу әдетте кернеу реттегішімен берілетін арнайы қозу орамасында токты өзгерту арқылы жүзеге асырылады. Қозу орамасын қолдану габариттік өлшемдердің артуына алып келеді, себебі генератор конструкциясында орамаларды орналастыру үшін қосымша орын талап етіледі.

Сонымен қатар, қозу орамасындағы ток кейде пайдалы қуаттың 10-20% жететін генератордағы электрлік қосымша жоғалуға алып келеді.

Жел энергетикалық қондырғыларда қолдануға жарамды электрлік машиналардың әр түрлі типтеріне талдау жүргізу генератор типі мен конструкциясын таңдау сұрағы бір мәнді емес екендігін көрсетеді. Мысалы, қоздырылатын синхронды электрлік машиналарды пайдаланғанда қозу орамасына қоректендіруді беру қажеттілігінің болмауы және соның салдары ретінде қозу орамасында электрлік жоғалулардың болмауы артықшылығы болып есептеледі [8]. Электрмагниттік қозуды пайдаланғанда

қозу тізбегі бойынша шығыс кернеуді реттеу мүмкіндігі пайда болады, бірақ сонымен бірге қозуға электрлік жоғалулар да туындайды. Бұл төмен айналу жылдамдығы кезінде қозу тогының айналу жылдамдығының төмендеуін теңгеру үшін магниттік ағынды арттыруы керектігімен байланысты, сондай ақ бұл кезде генерацияланатын қуаттың үлкен бөлігі жүктемеге емес қозуға жұмсалады. Бұл конструкцияның қосымша кемшілігі айналмалы қозу орамасына электр энергиясын беру қажеттілігі, бұл конструкцияны күрделендіреді және оның сенімділігін төмендетеді.

Электрмагниттік қозатын электрлік машина конструкциясының тағы бір кемшілігі орама бойынша өтетін токпен бөлінетін жылу есебінен қозу орамсына жылудың сапалы берілін қамтамасыз етілуінің қажеттілігі.

Осылайша, қуаты төмен жел энергетикалық қондырғыларда тұрақты магниттерден қозатын синхронды электрлік машиналарды, басқаша айтқанда «вентильді электр машиналарын» пайдаланған дұрыс. Радиалды және осьтік магниттік ағынды машиналар да бар [9], сондай ақ зәкір өзегінде жұмсақ магнитті материалдарды қолданбайтын конструкциялар да мүмкін, олар жоғалуды тағы да көбірек төмендетуге мүмкіндік береді. Қосымша артықшылығы ретінде генератордың реактивті моментінің төмендеуін айтуға болады, ол жел энергетикалық қондырғылардың осындай электрлік машиналарында пайдаланғанда маңызды, себебі реактивті моменттің пульстенуі әдетте ЖЭҚ конструкциясының жағымсыз дірілдеуіне және шудың туандауына алып келеді.

Жел қондырғысының реттеу жүйесімін бірге жұмыс істейтін генераторды әзірлеу өзінің артықшылықтарына ие.

Заманауи компьютерлік технологиялар мен сәйкес бағдарламалық қамтамасыз ету жел электр станциялары үшін электр машинасын әзірлеу процесін айтарлықтай жылдамдатуға көмектеседі. Электрмагниттік параметрлерді есептеу және жылулық есептеу сатысында инженерлік үдетілген есептеу әдістемелерін, сонымен бірге Ansys EMAG немесе Maxwell соңғы элементтер әдісінің негізінде бағдарламалық кешендердіпайдалануға болады.

Конструкцияларды жобалау сатысында қатты денелі модельдеу автоматтандырылған жобалау жүйелерінде әзірлеушінің жұмысын жеңілдетеді.

Жел генераторын модельдеу электр машинасының бірқатар ерекшеліктерін зерттеу негізінде жүргізіледі. Қолданылатын генератор тұрақты магниттерден қозатын және магнитті ағыны авсиальді бағытты, темірсіз зәкірлі, статор орамалары бар синхронды электрлік машина болып табылады. Осьті саңылауы бар генератор конструкциясының ерекшелігі болат магнит сымының болмауынан және жел қондырғыларын модельдеу кезінде әсерін ескермеуге болатын орамалардың төмен индуктивтілігінің болмауы есебінен артық магниттелуге жоғалудың болмауы [9].

Қойылған міндет аясында есептеу ресурстарына талаптарды оңтайландыру мақсатында жел қондырғыларының қуатын басқару алгоритмдерін имитациялық модельдеу үшін электргенераторының келесі моделі ұсынылады.

Жел қондырғысының құрамындағы аккумулятордың сапалы зарядын және жел қондырғысының жұмысын берілген алгоритмдерге сәйкес қамтамасыз ету үшін жел қондырғысының контроллері қажет [10]. Контроллерге арттырылатын негізгі функциялар:

- теңдікпен анықталатын талап етілетін жылдамдықты қамтамасыз ету үшін желдің тұрақты өзгеретін жылдамдығы жағдайында генератор тогын реттеу.

Қазіргі уақытта аккумуляторды зарядтаудың бірнеше тәсілдері мен режимдері бар.

Барлық зарядтық құрылғылар (зарядтық құрылғылар) зарядтау процесінің басынан аяғына дейін зарядтаудың оңтайлы режимін қамтамасыз етуі керек. Осылайша,

зарядтық құрылғылар зарядтау процесінің сатысына байланысты кернеу мен ток мәнін қамтамасыз етеді және автоматты түрде өзгертеді. Сіз зарядтау кезінде аккумуляторды тұрақты токпен зарядтағанда зарядтау тогының шамасы тұрақты болып қалады. Зарядтаудың осындай тәсілінің артықшылығы салыстырмалы түрде жылдам зарядтау уақыты болады, алайда бұл жағдайда зарядтаудың аяқтаушы сатысында үлкен ток жүктемелерінен аккумулятордың «тозуы» жылдамдайды және соның салдары ретінде аккумулятордың жарамдылық мерзімі қысқарады. Егер зарядтау процесін тұрақты кернеу кезінде жүргізсе, онда соңғы саты баяулайды және аккумулятордың зарядтау уақыты артады. Үшінші әдіс — бұл жоғарыда сипатталған екі әдісті біріктіретін құрамдастырылған немесе аралас режим. Процестің бастапқы сатысында тұрақты токпен зарядтау жүреді, ал соңғы сатыда кернеу тұрақтандырылады.

Заманауи зарядтаушы құрылғылардың көпшілігі құрамдастырылған тәсілмен жұмыс істейді деуге болады, ол процесс ұзақтығы және аккумулятор температурасы сияқты аккумуляторды зарядтау параметрлерін оңтайландыруға мүмкіндік береді. Осындай әдістің қосымша артықшылығы батареяның жарамдылық мерзімін ұзарту үшін зарядтау параметрлерін оңтайландыру мүмкіндігі болып табылады. Аккумулятор заряды параметрлерінің оның қорына әсері оны қыздыратын аккумулятордың зарядтық тогына негізделген, ал электролит температурасы аккумулятордағы химиялық реакциялардың жылдамдығына әсер етеді. Бұл бір жағынан электр энергиясының жинақталу және разрядталу процестерін жылдамдатады, бұл разряд/заряд тогын арттыруға және аккумуляторды зарядтау уақытын қысқартуға мүмкіндік береді, бірақ басқа жағынан тозу процесінің жылдамдауына алып келеді.

Тәжірибелік жұмыстың айқын күрделілігімен байланысты жылдамдығы айнымалы жел дөңгелегінің қалақтарын орнату бұрышы өзгеретін немесе жел дөңгелегінің геометриялық өлшемдері өзгеретін ЖЭҚ басқару тәсілін болдырмау шешімі қабылданған [11]. Төрт түрлі жел қондырғысын қосқанда әр түрлі жел қондырғыларын талдау үшін арналған әмбебап модельдің блок-сызбасы.

Модельдеу барысында жел турбинасының әр моделі жел жылдамдығының келесі әсеріне ұшырады:

1) Жел жылдамдығының жоғарылауы.

2) Жел жылдамдығының үйлесімді өзгеруі.

3) Бақылау кезінде анеометрмен алынған жел жылдамдығының үлгілері бар деректер файлын пайдаланып желдың нақты жылдамдығы.

Берілген жағдайларда жел қондырғыларының тиімділігін өлшеу үшін тіркегіш негізінде өлшеу блогы әзірленген. Модуль жел электр станцияларының сипаттамаларын өлшеу үшін бес бірдей модульдерден тұрады. Сондай ақ зерттелінетін модельдердегі сияқты жел дөңгелегінің аэродинамикалық параметрлеріне ие идеал жел қозғалтқышының шығыс қуатын есептеуге арналған модуль бар.

Қорытынды.

Зерттеулер желдің тұрақты жылдамдығын ұстаудың ең жақсы тәсілі шешімнің қарапайымдылығы мен арзандығына байланысты вертикаль ості жел турбинасының айналу жылдамдығын ұстау екендігін көрсетті. Алайда егер желдің әр түрлі жылдамдығында ЖЭҚ тиімді жұмысын қамтамасыз ету қажет болса, оңтайлы шешім ротор айналу жылдамдығы айнымалы болатын ЖЭҚ жұмысы таңдалынады. Жел дөңгелегінің аэродинамикалық қуатының жел жылдамдығына тәуелділігін тұжырым жасалынады, оған сәйкес желдің кез келген берілген жылдамдығында жел бағының қуаты барынша жоғары болатын ротордың айналу жылдамдығы болады. желдің айнымалы жылдамдығында максималды ПӘК нүктесінде жел қозғалтқышының

жылдамдығын ұстау жел қозғалтқышының қуатын реттеуші ретінде ұсынылған адаптивтік басқару алгоритмі бойынша жұмыс істейтін электр түрлендіргішті пайдаланып қол жеткізіледі.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Yanson, R.A. Vetroustanovki: uchebnoe posobie / R.A. Yanson. — M.: Izd–vo MGTU imeni N.E.Baumana, 2007. — 36 s.

[2] Adrianov V. N., Bystrickij D. N., Vashkevich K. P., Sektorov V. R. Vetroelektricheskie stancii. — M-L.: Gosenergoizdat, 1960. — 320 s.

[3] Obuhov S.G. Modelirovanie prodol'noj sostavlyayushchej skorosti vetra/ S.G.Obuhov, E.ZH. Sarkiseev // Elektroenergiya: ot polucheniya i raspredeleniya do effektivnorgo ispol'zovaniya: Materialy V Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii. – Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2012. – s. 74–75.

[4] Nikolaev, V.G., Sovremennoe sostoyanie i tendencii razvitiya mirovoj vetroenergetiki / V.G. Nikolaev, S.V. Ganaga // Malaya energetika. 2006. -№1-2.

[5] Maksimovic D., Stankovi’c A., Thottuvelil V., "Modeling and simulation of power electronic converters,"Proc. IEEE, vol. 89, pp. 898-912, 2001.

[6] Martyanov A. S., Sirotkin E. A., Solomin E. V. Adaptive control over the permanent characteristics of a wind turbine // Procedia Engineering: International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2015). — 2015. — S. 640—646.

[7] Martyanov A. S., Solomin E. V. Issues of windmill efficiency measurement in the field // Voprosy transformacii obrazovaniya. — 2015. — S. 17—23.

[8] Martyanov A., Solomin E. Modelling of Wind Turbine Performance Measurement // Journal of Computational and Engineering Mathematics. — 2014. — № 2. — S. 18—25.

[9] Novak P. Modelling, identification and control of a variable speed HAWT/ P. Novak, T. Ekelund // In Proceedings of the European Wind Energy Conference – EWEC ’94. – 1994. – p. 441–446.

[10] Scott J. Johnson Active Load Control Techniques for Wind Turbines/ Scott J. Johnson, C.P. Case van Dam, Dale E. Berg // Sandia report, Sandia National Laboratories, Sandia Contract No. 360473, August 2008. – p. 1 – 124.

[11] Torres E. Experimental results of the variable speed, direct drive multipole synchronous wind turbine/ E.Torres, M.Garcia-Sanz // TWT1650, Wind Energy 7. – 2004. – p.109–118.

Ilyas Dyusebaev, doctoral student, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, nomad.i.m.13@mail.ru

Yerlan Askarov, candidate of тechnical sciences, professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, erlan57@mail.ru

Egor Efremenko, candidate of тechnical sciences, professor, National Research Polytechnic University, Tomsk, Russia, ephrea@mail.ru

PERSPECTIVES OF RESEARCH AND ANALYSIS OF SCHEMES OF STRUCTURES OF WIND POWER PLANTS WITH A VERTICAL AXIS OF ROTATION OF A ROTOR OF LOW POWER IN AGROINDUSTRIAL COMPLEX

Annotation. The article discusses the prospects for the use of wind turbines with a vertical axis of rotation of the rotor of low power in the agro-industrial complex.

The study is based on the theory of the use of vertical-axis wind turbines, an assessment of the impact on increasing productivity in the agro-industrial complex is carried out. Includes a system, methods for assessing quantitative and qualitative indicators of development.

Keywords. Wind energy, electronic wind energy unit, wind speed, effective primary control method, wind turbines.

Ильяс Дюсебаев, докторант, Satbayev University, Алматы, Казахстан, nomad.i.m.13@mail.ru

Ерлан Аскаров, к.т.н., профессор, Satbayev University, Алматы, Казахстан, erlan57@mail.ru

Егор Ефременко, к.т.н., профессор, Национальный исследовательский политехнический университет, Томск, Россия, ephrea@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗА СХЕМ КОНСТРУКЦИЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА МАЛОЙ МОЩНОСТИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Аннотация. В статье рассмотрены перспективы использования ветроустановок с вертикальной осью вращения ротора малой мощности в агропромышленном комплексе.

В основу исследования положена теория использования вертикально-осевых ветроустановок, проведена оценка влияния на повышение производительности труда в агропромышленном комплексе. Включает систему, методы оценки количественных и качественных показателей развития.

Ключевые слова. Энергия ветра, электронный ветроэнергетический блок, скорость ветра, эффективный первичный метод управления, ветроустановки.

****

МРНТИ 44.29.29 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-283-292**

Ж.С. Серікқалиев[1], К.Ж. Калиева[2], А.Б. Хабдуллин[3]
[1]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
[2]Ғ.Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан
[3]С.Сейфуллина атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан
E-mail: zh.serikkaliyev@mail.ru

ТАРТЫЛЫМ ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯЛАРДЫҢ КҮШТІК ТРАНСФОРМАТОРЛАРЫНЫҢ ІСТЕН ШЫҒУ ЫҚТИМАЛДЫҒЫН АНЫҚТАУ

Аңдатпа. Жабдықтың белгілі бір режимдерде қолдану, жөндеу, техникалық қызмет көрсету, сақтау және тасымалдау жағдайларында қажетті функцияларды орындау қабілетін сипаттайтын параметрлердің мәндерін уақыт бойынша белгіленген шектерде сақтау қасиетін жабдықтың сенімділігі деп атайды. Жағдайларының әрқайсысы апаттық істен шығуға немесе апаттық тоқтауға және жабдықтың ұзақ уақытқа істен шығуына әкелетін ақаулармен сипатталады.

Істен шығу моделі істен шығу процесінің математикалық сипаттамасы. Қондырғылардың істен шыққан элементтері көп жағдайда қалпына келтіріледі. Жабдықты қалпына келтіру және алдын-алу іс-шаралары қондырғының істен шығу мүмкіндігін толығымен жоймайды, алайда олардың істен шығу ықтималдығын төмендетеді, сенімділікті арттырады. Сенімділік моделі аталған процестердің математикалық сипаттамасы болып табылады. Сенімділік көрсеткіштерін есептеу үшін істен шығу моделі мен сенімділік моделдері қолданылады.

Мақалада тартылым қосалқы станциясының күштік трансформаторларының элементтерінің зақымдану түрлері, себептері мен ішкі әсерлерден туындаған күштік трансформаторлардағы ақаулардың негізгі түрлері мен жіктелулері қарастырылды.

Сонымен қатар мақалады Қарағанды электрмен жабдықтау дистанциясының тартылым қосалқы станцияларының күштік трансформаторларының істен шығу ықтималдықтары анықталды.

Түйінді сөздер. Электрмен жабдықтау, қауіпсіздік, тиімділік, пайдалану, күштік трансформатор, сенімділік, ыстен шығ ықтималдығы.

Кіріспе.

ГОСТР 27.002-2009 сәйкес «Техникадағы сенімділік. Терминдер мен анықтамалар»[2] кез келген электротехникалық жабдықтың жағдайы 4 топқа бөлінеді: жарамды, жұмыс істейтін, жұмыс істемейтін, шекті.

Нормативтік техникалық және жобалау-конструкторлық құжаттардың барлық қойылған талаптарына сәйкес келетін объектінің жай-күйі жарамды жай-күйі деп аталады.

Жұмыс жай-күйі - қажетті сыртқы ресурстар берілген жағдайда қажетті функцияны орындай алатын өнімнің жағдайы.

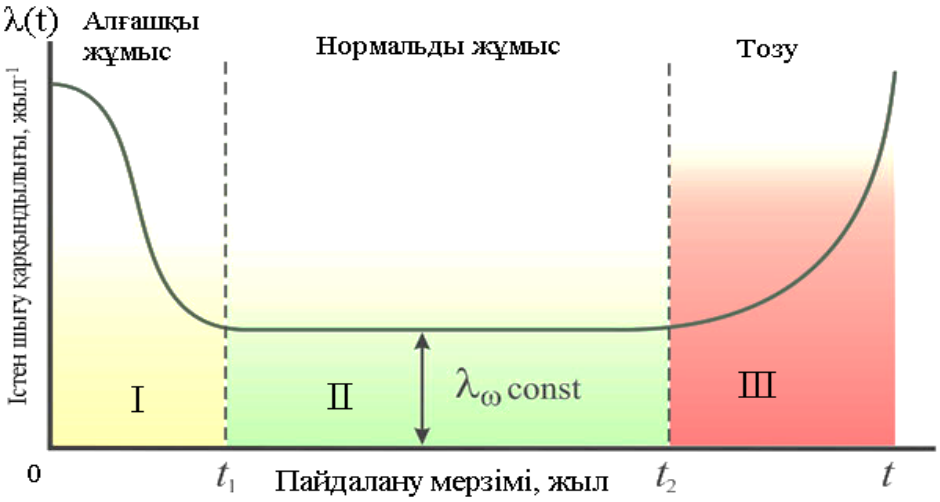
Жұмыс істемейтін жай-күйі – кез келген себеппен қажетті функцияны орындай алмайтын құрылғының немесе жүйенің жғдайы.

Шекті жай-күйі - оны одан әрі пайдалануға жол берілмейтін немесе қауіптілік себептері бойынша, экономикалық немесе экологиялық тұрғыдан тиімсіз болатын құрылғының немесе жүйенің жағдайы.

Материалдар мен тәсілдер.

1.1-суретте жұмыс кезінде істен шығу қарқындылығының өзгеру қисығы келтірілген. Бұл энергетикалық жабдықтар мен олардың көптеген элементтеріне, атап айтқанда тартылым қосалқы станцияларының электр жабдықтарына тән.

Істен шығу қарқындылығын үш кезеңге бөледі [3-4]. Алғашқы жұмыс кезеңінде λ(t) функциясы жоғары мәнге ие болады. Көптеген электртехникалық құрылғылардың алғашқы іске қосылғаннан кейін істен шығуына алып келетін жасырын ақаулардың бар болуымен байланысты. Екінші кезең, қалыпты жұмыс кезеңі істен шығу қарқындылығының тұрақты болуымен немесе шамамен тұрақты мәндерге ие болуымен сипатталады. Қайтымсыз физика-химиялық құбылыстар материалдар мен бөлшектердің сапасының нашарлауы тозу кезеңіне жатады. Тозу кезеңде істен шығудың қарқындылығы артады.



1.1 сурет - Пайдалану кезінде істен шығу қарқындылығының өзгеруі

Өңдеу кезеңін қалыпты жұмыс ретінде қарастыруға болмайды. Екінші жағынан, жабдықты оның элементтерінің айтарлықтай ескіруі басталғанға дейін алдын-алуға болады. Мұндай жағдайларда λ(t)=λ=const қабылдауға болады. Бұл жағдайда жұмыс істеу ықтималдығы, P (t)

$$P(t) = \exp^{-\lambda t}, \tag{1}$$

мұндағы λ-кенеттен істен шығу қарқындылығының орташа тұрақтысы;
t-электр жабдықтарының жұмыс уақыты.

Q(t) істен шығудың ықтималдығы

$$Q(t) = 1 - \exp^{-\lambda t} \quad . \tag{2}$$

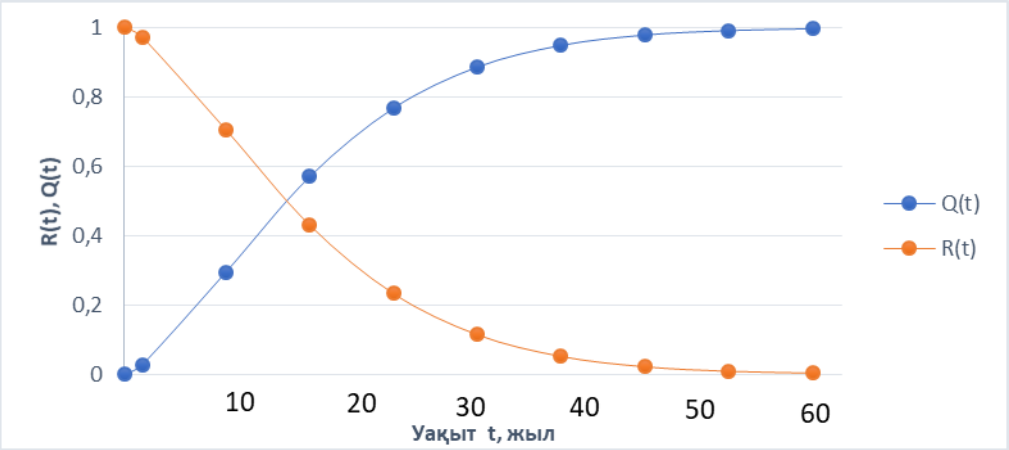
Орташа жұмыс уақыты (орташа істен шығу) $\bar{t}_0$ өрнектен анықталуы мүмкін

$$\bar{t}_0 = \frac{1}{\lambda} \quad . \tag{3}$$

Q(t) және P (T) функцияларының графиктері 1.2-суретте көрсетілген.

(2) формуласымен көрсетілген заң экспоненциалды деп аталады. Оның негізгі қасиеті - жұмыс істеу ықтималдығы алдыңғы жұмыс уақытына байланысты емес, тек қарастырылып отырған уақыт аралығына байланысты [5]. Экспоненциалды заңға сәйкес оның таралуын күш трансформаторының сенімділігіне тікелей қолдануға болады.

Электрмен жабдықтау жүйесіндегі бүлінуге ұшырайтын негізгі элементтер: әуе желілері, күштік трансформаторлардың орамдары мен коммутациялық аппараттар.



1.2 сурет - Істен шығуды экспоненциалды бөлу кезінде істен шығу және жұмыс істемеу ықтималдығы

Қарағанды электрмен жабдықтау дистанциясының тартылым қосалқы станцияларында күштік трансформаторлардың істен шығуын талдаудың нәтижесі, қызмет көрсету мерзімі бірінші күрделі жөндеуге дейінгі мерзімге сәйкес келетін шамамен 12 жылды құрайтын трансформаторлардың зақымдануға ұшыраганын көрсетті.

Тартылым қосалқы станцияларының күштік трансформаторлары электр желілері мен өндірістегі трансформаторларға қарағанда неғұрлым ауыр жағдайларда жұмыс істейтін себепті жиі зақымдануларға ұшырайды [6].

Электрлендірілген теміржолдардың тартылым қосалқы станцияларының күштік трансформаторлары үшін ГОСТ 52719-2007 «Күштік трансформаторлар. Жалпы техникалық шарттар» сенімділік көрсеткіштеріне нақты баға бермейді. Осыған байланысты тартылым электрмен жабдықтау жүйесінде күштік трансформаторларды жай-күйіне мерзімді диагностика жүргізу бойынша іс-шаралар қолданылады.

Қазіргі таңда күштік трансформаторлардың қызмет ету мерзімін ұзарту бойынша шешімдердің нәтижесінде күштік трансформаторларда дамыған. Осыған байланысты трансформаторлар мен олардың жабдықтары жүктелмеген режимде жұмыс істейді, бұл өз кезегінде оның қызмет ету мерзімін ұзартуға мүмкіндік береді.

Жұмыс кезінде күштік трансформатор әртүрлі сыртқы әсерлерге ұшырайды. Келесі сыртқы әсерлер ең маңызды әсер етеді: физикалық және химиялық ластану, жел, ылғалдандыру, температура режимінің өзгеруі [7, 8].

Қарағанды өлкесінің климаты жазы ыстық және құрғақ, қысы қарлы, желді және боранды. Облыс бойынша ауаның орташа жылдық температурасы солтүстіктен оңтүстікке қарай +2° С-тан +6°С-қа дейін көтеріледі. Шілденің орташа температурасы солтүстікте + 20°С, ал оңтүстікте +25°С. шілдедегі температураның абсолютті максимумы +37,+40°С. Орташа айлық температураның ауытқу амплитудасы 34-39°С жетеді, абсолютті жылдық амплитудасы 80-90°С жетеді.

Резонанс, гистерезис ілмегі, шамадан тыс жүктеме және т.б. себебінен күштік трансформаторлар ішкі әсерлергеде ұшырайды.

Күштік трансформаторлардың зақымдануының ең қауіпті түрі резонанстық құбылыстардан туындаған асқын кернеулер. Қысқа тұйықталу кезінде вакуумдық ажыратқышты қойылымы бар трансформатордың коммутациясы вакуумдық камерада доғаның қайта тұтануымен бірге жүруі мүмкін. Бұл жағдайда асқын кернеулер жүру жиілігі трансформатордың реттеу орамасының табиғи тербеліс жиілігімен сәйкес келген кезде пайда болады.

Кең жиілік диапазонында трансформатор қосылған желінің кіріс кедергісі төмен болса, резонанстық тербелістер орамдағы тербелістің табиғи жиіліктерінде пайда болады [9].

Күштік трансформаторлардың ішкі әсерлерден туындаған ақауларының негізгілері:

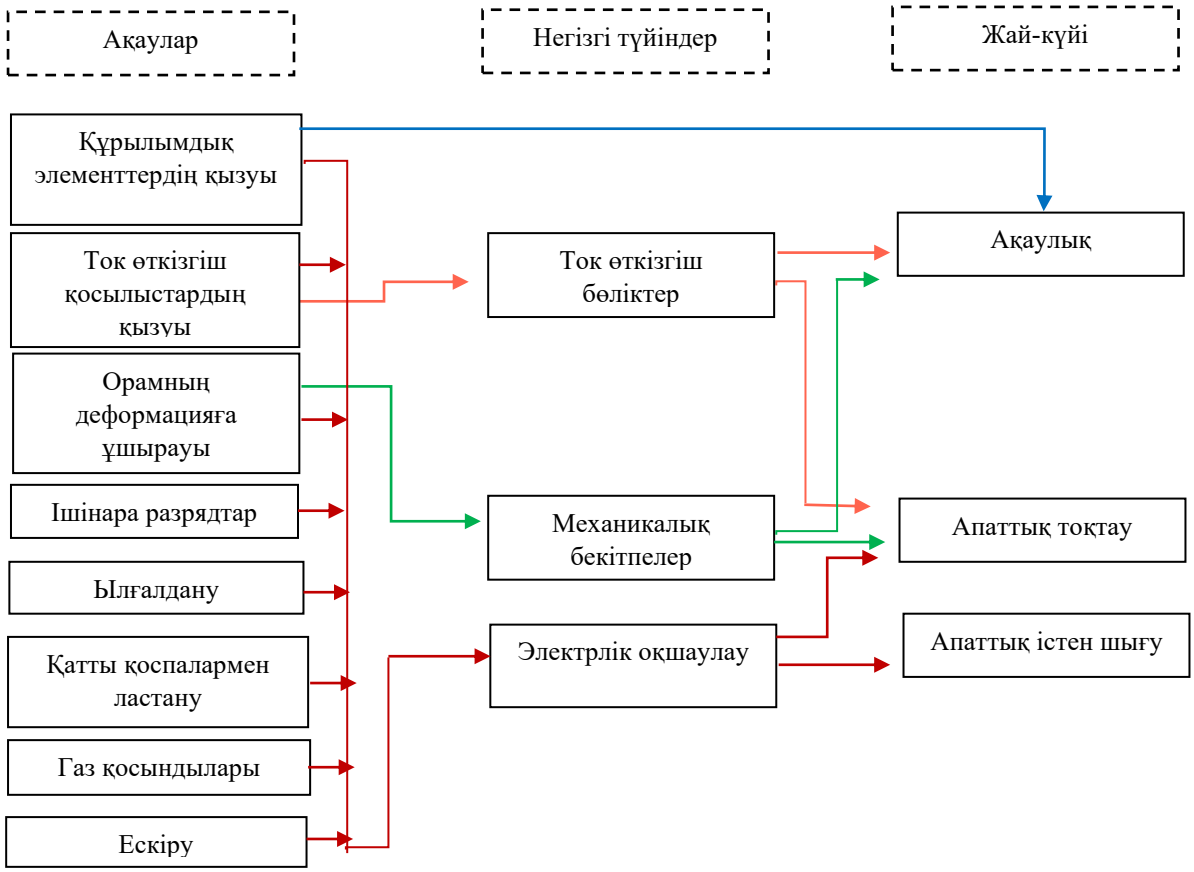
– орамдарда: қысқа тұйықталудың себебінен бұрылыстардың күйіп кетуі, қысқа тұйықталу кезіндегі деформацияларға ұшыраулар, ылғалдану мен ластану, механикалық және электрлік беріктіліктердің тозуы және сапасының төмендеуі;

– магниттік сымда: қысқа тұйықталу салдарынан өзектің қызуы;

– жүктеме кезінде реттеу құрылғыларында: түйіспелердің бүлінуі, оқшаулағыш қалқаның сапасының бұзылуы, құрылғының герметизациясының төмендеуі, механикалық зақымдану;

– басқа түйіндерде: резервуардың герметикалық беріктілігінің бұзылуы, жанаспалы қосылыстардың қызып кетуі, майдың ағуы, герметикалық емес кірістердің ылғалдануы және ластануы, тығыздалған кірістерге шөгінділердің түсуі, тығыздалған кірістердегі майдың тозуы, сильфондардың қысымының төмендеуі.

Құрылымдық түрде күштік трансформаторлардың ішкі зақымдануының жіктелуі 1.3-суретте көрсетілген.



1.3 сурет – Күштік трансформатордың ішкі зақымданулардың жіктелуі

Трансформатор оқшаулауының термиялық тозуы трансформатор ресурсының төмендеуіне әкелетін факторлардың бірі. Аррениус Заңына сәйкес [10] оқшаулаудың қызмет ету мерзімі экспоненциалды Заңға бағынады:

$$A = e^{(\alpha + \frac{\beta}{T})}, \quad (4)$$

мұндағы α, β-тұрақты;

Т - абсолютті температура.

Статистикалық мәліметтер бойынша күштік трансформаторлардың орамасының зақымдалуы – 52 %, кірістенің зақымдануы – 27 % құрайды. Транформатор орамаларының зақымдану көрсеткіші оның элементтеріне сәйкес, келесі көрсеткіштермен бөлінеді: негізгі оқшаулауының зақымдануы – 12%, катушкалары мен катушкалар арасындағы тұйықталулар – 28 %, термиялық және динамикалық әсерлердің себебінен зақымданулар – 12 % және басқа зақымданулар – 48 % құрайды (1.4 сурет) [11].

1.4 сурет-Трансформатор орамдарының зақымдану пайызы

Тартылым қосалқы станциялардың күштік трансформаторларын (автотрансформаторлар) жөндеу Қазақстан Республикасының темір жолдарын техникалық пайдалану қағидаларының талаптарына сәйкес өлшеулермен, сынаулармен және сыртқы қарап-тексерумен қажеттілігіне қарай айқындалатын олардың техникалық жай-күйі негізінде орындалады.

Деректерге сәйкес, Қарағанды электрмен жабдықтау дистанциясының тартылым қосалқы станцияларының пайдаланылатын күштік трансформаторларының паркі 220 кВ – 4 трансформатордың, тартылым қосалқы станцияларының күштік трансформаторларының 10 бірлігін, 110 кВ-6 трансформаторларды құрайды.

Болжамды зақымданулармен бақылауда 10 тартылым трансформаторы бар, оның ішінде нормативтік пайдалану мерзімі - 25 жылдан астам – 7 трансформатор және 25 жылға дейін – 3 трансформатор [1].

Қазіргі уақытта Қарағанды электрмен жабдықтау дистанциясында қуаты 40 МВА күштік трансформаторлар пайдаланылады. Қуаты 40 МВА Қарағанды электрмен жабдықтау дистанциясы бойынша тартылым қосалқы станциялардың күштік трансформаторларының тізбесі 1.1-кестеде келтірілген.

1.1 кесте - Күштік трансформаторлардың қызмет ету мерзімі туралы ақпарат

№	Тартылым қосалқы станцияларының атауы	Тартылым трансформаторының типі	Орнатылған жылы	Қосалқы станцияның іске қосылған жылы
1	ТП «Қарағанды-Сортировочная»	ТДТНЖ-40/110/27,5/10,5	1978	1964
		ТДТНЭ-40/110/27,5/10,5	1970	
2	ТП «Шокай»	ТДТНЖ-40/110/27,5/10,5	2013	1964
		ТДТНЖ-40/110/27,5/10,5	2013	
3	ТП «Қарабас»	ТДТНЖ-40/115/38,5/27,5	1981	1981
		ТДТНЖ-40/115/38,5/27,5	1981	
4	ТП «Осакаровка»	-	-	2009
5	ТП «Қарамұрын»	ТДТНЖ-40/220/38,5кВ/27,5	1981	1981
		ТДТНЖ-40/220/27,5/10,5	2021	
6	ТП «Шептікөл»	ТДТНЖ-40/220/38,5кВ/27,5	1964	1964
		ТДТНГ-40/220/35/27	1986	

01.01.2022 ж.жағдай бойынша қызмет ету мерзімі 30 жылдан асатын 7 күштік трансформатор пайдалануда.

Нәтижелер.

Келітірілген ақпараттарды пайдалана отырып, Қарағанды электрмен жабдықтау дистанциясының күштік трансформаторларының істен шығу және жұмыс істемеу ықтималдығын анықтаймыз.

ТП «Қарағанды Сортировочная»
ТДТНЖ-40/110/27,5/10,5
t = 14 жыл

$\lambda = 0{,}010 \quad 1/\text{жыл}$

$$P(t) = exp^{(-0{,}010*14)} = 0,\ 869$$

Q(t) = 1 – 0,869=0,131

$$t_0 = \frac{1}{0{,}010} = 100 \text{ жыл}$$

ТП «Шокай»
ТДТНЖ-40/110/27,5/10,5
t = 9 жыл

λ=0,007 1/жыл

$$P(t) = exp^{(-0{,}007*14)} = 0,\ 906$$

Q(t) = 1 – 0,906=0,094

$$t_0 = \frac{1}{0{,}007} = 140 \text{ жыл}$$

ТП «Шептікөл»
ТДТНЖ-40/220/38,5Кв/27,5
t = 58 жыл
$\lambda = 0{,}075 \quad 1/\text{жыл}$

$$P(t) = exp^{(-0{,}075*58)} = 0{,}012$$

Q(t) = 1 – 0,012=0,987

$$t_0 = \frac{1}{0{,}075} = 13/\ \text{жыл}$$

ТДТНГ-40/220/35/27
t = 36 жыл

$\lambda = 0{,}042 \quad 1/\text{жыл}$

$$P(t) = exp^{(-0{,}042*36)} = 0{,}220$$

Q(t) = 1 – 0,220=0,780

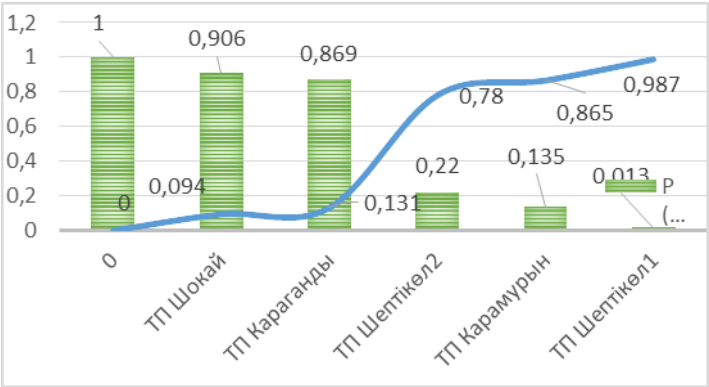
$$t_0 = \frac{1}{0{,}042} = 23{,}8\ /\ \text{жыл}$$

ТП «Қарамұрын»
ТДТНЖ-40/220/38,5кВ/27,5
t = 40 жыл
$\lambda = 0{,}050 \quad 1/\text{жыл}$

$$P(t) = exp^{(-0{,}050*40)} = 0{,}135$$

Q(t) = 1 – 0,135=0,864

$$t_0 = \frac{1}{0{,}050} = 20\ \text{жыл}$$



1.5 сурет - Қарағанды электрмен жабдықтау дистанциясының тартылым қосалқы станцияларының күштік трансформаторларының істен пықпай жұмыс істеуі мен істен шығу ықтималдығы

Талқылау.

Қазіргі уақытта негізгі жоғары вольтты жабдықтың сенімділігін қамтамасыз етудің қолданыстағы жүйесі нақты қажеттілікке қарамастан және көбінесе экономикалық орындылыққа нұқсан келтіре отырып, қатаң реттелген көлемдер мен сынақтар, жөндеулердің жиілігі арқылы техникалық жағдайды сақтауға бағытталған. Бұл, ең алдымен, дәстүрлі бақылау әдістерімен дамып келе жатқан ақауларды ерте анықтаудың төмен тиімділігіне байланысты.

Осыған байланысты ықтималды ақпарат жағдайында күштік трансформаторлардың жай-күйін болжау және келесі уақыт аралығындағы объектінің техникалық жай-күйін анықтау және оның пайдалану сенімділігін арттыру үшін параметрлердің шекаралық мәндерін нақтылау әдістерін әзірлеу өзекті және уақтылы болып табылады. Күштік трансформаторларының қалдық ресурсын болжау үшін, алынған мәліметтердің нақты болуы үшін виртуалды диагностикалық әдісті жүзеге асыратын жасанды нейрондық желілерді [12] пайдалану керек.

Қортынды.

Жүргізілген жұмыстардың нәтижесі тартылым қосалқы станциялардың электр жабдықтары жұмысының сенімділігін арттыру бойынша іс-шаралар қажеттігін көрсетті. Сол себепті Қарағанды электрмен жабдықтау дистанциясының тартылым қосалқы станцияларында қызмет ету мерзімін өтеген трансформаторлар мен ажыратқыштарды жаңаларына ауыстыру, оқшауламаларды заманауи полимерлі типтерге ауыстыру, тартылым қосалқы станциялардың жабдықтарын диагностикалаудың заманауи және жоғары дәлдіктегі аспаптарымен дистанция қызметкерлерін жарақтандыру, тартылым қосалқы станциялардың жерге тұйықтау контурларын толық тексеруден өткізу, инфрақұрылымды күтіп ұстау шығындары мен жабдықтардың қалыпты жұмыс істеуі үшін қажетті шығындарды арттыру қажет.

Аталған іс-шаралар техникалық сипатқа ие, және ақаулар анықталған немесе олардың пайда болу шарттары анықталған кезде іске асырылуы мүмкін.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Қарағанды электрмен жабдықтау дистанциясының техникалық құралдарының болуы туралы есеп және техникалық сипаттамасы. 2020-2021 ж.

[2] ГОСТ Р 52719-2007. Трансформаторы силовые. Общие технические условия. – М.: Изд – во стандартов, 2007.

[3] Аполлонский, С. М., Куклев Ю. В. Надежность и эффективность электрических аппаратов: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 448 с.

[4] Савина, Н.В. Надежность систем электроэнергетики: учебное пособие. – Благовещенск, 2011 – 269 с.

[5] Гук, Ю. Б. Анализ надежности электроэнергетических установок// Ю. Б. Гук – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 224 с.

[6] Костюков, А.В. Анализ токов короткого замыкания силовых трансформаторов//А.В. Костюков//Труды Ростовского государственного университета путей сообщения – Научно-технический журнал. – Ростов-наДону, 2010. – №2 – С. 165-169.

[7] Туйгунова, А.Г. О необходимости мониторинга состояния изоляции силовых трансформаторов тяговых подстанций с учетом влияния климатических факторов//А.Г. Туйгунова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – Иркутск, 2011. – №4. – С. 122-127.

[8] Аракелян, В.Г. Диагностика состояния изоляции маслонаполненного оборудования по влагосодержанию масла / В.Г. Аракелян // Электротехника. – М., 2004. – №3. – С. 34-39.

[9] Ларин, В.С. Подход к анализу резонансных явлений и перенапряжений, возникающих при взаимодействии силового трансформатора с электрической сетью / В.С. Ларин, А.В. Жуйков, Д.А. Матвеев // Энергетик. – М., 2013. – №12. – С. 21-30.

[10] Лозовский В.В. Математическая модель технического ресурса силового трансформатора, учитывающая интенсивность и условия эксплуатации//В.В. Лозовский, А.В. Лозовский, Н.В. Руденко, В.Н. Соловьёв // Вестник РГУПС. – Ростов на Дону, 2010. – №4. – С. 102-110.

[11] Хренников, А.Ю. Анализ повреждаемости обмоток силовых трансформаторов при коротких замыканиях//А.Ю. Хренников, А.В. Рубцов, В.А. Передельский, А.А. Сафонов, В.А. Якимов//Энергетик. – М., 2005. – №11. – с. 8-10.

[12] Воронов, И.В. Краткосрочное прогнозирование электропотребление электропотребления энергосистем с помощью искусственных нейронных систем/И.В. Воронов, Е.А. Политов//Электрические станции. – М., 2009. – №12. – С. 15-18.

Zhumazhan Serikkaliyev, doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, zhumazhan_93@mail.ru

Kazima Kaliyeva, candidates of technical sciences, associate professor, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, kazima_6507@mail.ru

Asset Khabdullin, PhD, associate professor, S.Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, Kazakhstan, aset85@mail.ru

DETERMINATION OF THE PROBABILITY OF FAILURE OF POWER TRANSFORMERS OF TRACTION SUBSTATIONS

Abstract. The property of equipment to preserve the values of parameters characterizing the ability of equipment to perform the necessary functions in conditions of use, repair, maintenance, storage and transportation in certain modes, within the limits set by time, is called equipment reliability. Each of the cases is characterized by malfunctions that lead to an emergency failure or an emergency stop and a prolonged failure of the equipment.

The failure model is a mathematical description of the failure process. Out-of-order elements of installations are restored in most cases. Restoration and preventive measures of equipment do not completely exclude the possibility of equipment failure, but reduce the likelihood of their failure, increase reliability. The reliability model is a mathematical characteristic of the mentioned processes. Failure models and reliability models are used to calculate reliability indicators.

The article considers the types of damage to the elements of power transformers of a traction substation, the causes and main types and classifications of defects of power transformers caused by internal influences.

The probabilities of failure of power transformers of traction substations of the Karaganda power supply distance were also revealed.

Keywords. Power supply, safety, efficiency, operation, power transformer, reliability, probability of failure.

Жұмажан Сериккалиев, докторант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, zhumazhan_93@mail.ru

Казима Калиева, к.т.н., ассоциированный профессор, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Алматы, Казахстан, kazima_6507@mail.ru

Асет Хабдуллин, PhD, ассоциированный профессор, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, Астана, Казахстан, aset85@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Аннотация. Свойство оборудования сохранять значения параметров, характеризующих способность оборудования выполнять необходимые функции в условиях применения, ремонта, технического обслуживания, хранения и транспортировки в определенных режимах, в пределах, установленных временем, называется надежностью оборудования. Для каждого из случаев характерны неисправности, приводящие к аварийному выходу из строя или аварийной остановке и длительному выходу из строя оборудования.

Модель отказа математическое описание процесса отказа. Вышедшие из строя элементы установок в большинстве случаев восстанавливаются. Восстановительные и профилактические мероприятия оборудования не полностью исключают возможность выхода из строя оборудования, однако снижают вероятность их выхода из строя, повышают надежность. Модель надежности-это математическая характеристика упомянутых процессов. Для расчета показателей надежности используются модели отказов и модели надежности.

В статье рассмотрены виды повреждений элементов силовых трансформаторов тяговой подстанции, причины и основные виды и классификации дефектов силовых трансформаторов, вызванных внутренними воздействиями.

Также были выявлены вероятности выхода из строя силовых трансформаторов тяговых подстанций Карагандинской дистанции электроснабжения.

Ключевые слова. Электроснабжение, безопасность, эффективность, эксплуатация, силовой трансформатор, надежность, вероятность выхода из строя.

****

ӘОЖ 621.553:6(045) **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-293-300**

Ж.А.Сеитова[1], Б.Т. Бахтияр[1], Ж. Бекишева[1], Е.Б.Уалиев[1], Қ.Олжабаева[2]
[1]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің, Астана, Қазақстан
[2]Ғ.Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті,
Алматы, Қазақстан
E-mail: zhadira_sa@mail.ru

ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚАЗАНДЫҚТАРЫНЫҢ ҚЫЗДЫРУ БЕТТЕРІНІҢ АБРАЗИВТІ ТОЗУЫНА КҮЛДІҢ ФРАКЦИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫНЫҢ ӘСЕРІ

Аңдатпа. Мақаланың мақсаты Астана ЖЭО-2 станциясындағы БКЗ-420 қазандығының қыздыру беттерінің абразивті тозу процессі және оны төмендету жолдарын қарастыру болып табылады. Жобада ең абразивті отын түрлерінің бірі – Екібастұз көмірі мысалында көрсетілген.Сонымен қатар әр-түрлі қазандықтардағы ұшпа күлдің дисперсті құрамы жайлы мәліметтер берілген, соған сүйене отырып Екібастұз көмірін өзге отын түрлерімен салыстыра аламыз. Екібастұздың БКЗ-420 қазандықтың қыздыру беттеріндегі абразивті тозу процессіне алдын ала шараларын жасалған. Мақалада белгіленген абразивті тозумен күресу жолдары энергетикада ең қолайлы және экономикалық тұрғыдан ең тиімді болып табылады.

Түйінді сөздер. Абразив, фракция, талдау, құрамы, газдар, коэффициент, қазандықтар тозуы, энергетика, ұсыныстар.

Кіріспе.

Станцияның қауіпсіздігі және эксплуатациялық дәйектілігі қазіргі таңда энергетиканың ең маңызды мәселесі болып табылады. Қатты отында жағу барысында пайда болған ұшпа күл абразивті бөлшектері және толық жанбаған бөлшектер бу қазандығының жылыту беттерін тоздырады. Осының барысында 2-3 жылдан соң құбыр қалыңдығы жұқарып, жылыту беттерінің ішкі қысымды көтере алмау себебінен жылыту беттерін толық ауыстыру қажеттілігі туындайды.Отын құрамындағы минералдыжәне органикалық заттар жану барысында түтін ағыны құрамына ұшпа күйде көшеді. Бу қазандығының жұмысы кезінде отынның басты кемшілігі – абразивті ұшпа күлдермен күресуге тура келеді. Шығын газдар қозғалысы кезінде құрамындағы 20 мкм дейін ұшпа күл және жанбай қалған көмір қалдықтары бар газ қоспасы конвективті бөлім құбырларымен соқтығысып, құбыр беткі қабатының жойылуына әкеледі. Жанбайтын отын және күл бөлшектерінің құбырларын қыздыру беттерінде абразивті тозу процесін жою кезінде бу қазандықтарын жобалауда ерекше назар аудару қажет. Жекелеген учаскелерде периметр бойынша, қабырғадағы жіңішкеру және авариялық зақымдану кезінде конвективтік білікшедегі газ жылдамдығының дұрыс таңдалуы металл құбырларында металдың тозуын тудыруы мүмкін.

Екібастұз көмірінің фракциялық құрамына анализ жасай отырып, Екібастұз көміріне ұқсас күлділігі жоғары көмірді жаққан кездегі абразивті тозуды төмендетудің әдістерін ЖЭО-2 станциясына ұсыну.

Қазіргі уақытта МАЭС-1-дің қауіпсіздігі мен сенімді жұмысын қамтамасыз ету маңызды энергетикалық мәселе болып табылады. Қатты отын жағатын бу қазандықтарының жылыту беттерін түтін газдарындағы күлдің және жанбайтын отын бөлшектерінің әсерімен қолдануға болады. Кейбір жағдайларда, тозуға байланысты, жылыту бетіне (2 - 3) жыл өткеннен кейін толығымен ауыстыру қажет, себебі құбырлардың қабырғасының қалыңдығы ішкі қысымға төтеп бере алатын қалыңдығынан аз болады.

Көмірді жағу процесінде минералды қоспалар мен күйдірілмеген органикалық отын қалдықтары суспензиядағы газдардың шығысына ауысады. Қатты отынмен жұмыс істейтін бу генераторларында, қыздыру беттерінің абразивті тозуы - бұл минералды бөліктің бу генераторлық түтіктердің металлына әсерімен байланысты негізгі кемшілік. Газдармен бірге қозғалатын кезде пайда болатын кинетикалық энергияның әсерінен 20-дан астам микрондардан астам ұшқын күлдің және күйдірілмеген көмірдің үлкен инерциалды бөлшектері салыстырмалы жоғары жылдамдықпен құбырды соғып, шекара қабатына еніп, олардың қырылуын тудырады. құбырдың сыртқы бетінің абразивті тозуы. Ұзақ уақыт бойы абразивті бола отырып, құбырдың қабырғасының қалыңдығы төмендейді, оның беріктігі азаяды, қысыммен жұмыс істейтін құбырлардың жарылуы мүмкін [2, 3].

Абразивті тозу белгілі бір дәрежеде шаң жүйесінің жұмысына және отынды жағу әдісіне байланысты. Сондықтан көмір тозаңы бөлшектерінің ірілігі ұлғайған кезде немесе жану процесі нашарлаған кезде, ол кезде әлсізденеді, күл бөлшектерінің мөлшері ұлғаяды және соның салдарынан тозады. Тозуды зерттеу кезінде Ұшпа күлдің түрлі фракцияларының қазандықтың қыздыру беттерінің абразивті тозуына әсер етуі қызықтырады.

Материалдар мен тәсілдер.

Екібастұз көмірінің күлділігі 38%, жылулық қабілеті 4000 ккал/кг. Көрнекілік үшін: донецк көмірінің күлділігі – 20,9% және жылулық қабілеті 6030 ккал/кг. Сәйкесінше, бұл отындарды жаққанда түтіндік газдардағы күл бөлшектері алғашқы жағдайға қарағанда 2,7 есе көп болады. Олай болса,отынды жаққан кезде оттық қабатында күлдің 60-75 % қалады, яғни 25-40 % шығарынды болуы керек, олардың 50%-ы қазандықтың газжүрісінде қалады, ал түтіндік газдармен тек 10-15% шығарылады. Отынды алаулатып жағу әдісі мен құрғақ қожшығару кезінде күлді шығару 75-85% жетеді. Сұйық қож шығару кезінде күлдің 40-60% сіңеді, ал циклонды оттықтарда – 80% жетеді, сәйкесінше, оны атмосфераға шығару төмендейді.

Екібастұз көмірінде үлкен жылуберу бар, бірақ бірқатар кемшіліктері де бар. Бұл отынның кемшілігі кесте 1.1-де келтірілгендей абразивтілік коэфициенті жоғары. Бұл отынды қолданғанда, қазандықтың бөліктері тез тозады, дәлірек конвективті беттердегі материалдардың микрокесігінің болуы [2].

Екібастұз көмірінің күлдік фракциялық құрамының П-57-1 қазандықтың жылу беттерінің абразивті тозу мөлшеріне әсерін анықтау.

Күлдің әртүрлі фракцияларының рөлін бағалау үшін олар үшін абразивтілік коэффициенттерін, құбырларға тиетін бөлшектердің және фракциялардағы күлдің бөліну ықтималдығын білу қажет.

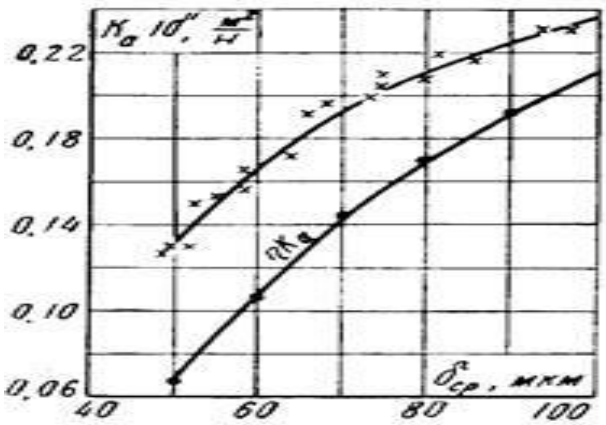
Екбастұз қаласындағы МАЭС-1-де орнатылған П-57-1 қазандығының шөгінділерінің шұңқырларында таңдалған Павлодар облысы Екібастұз қаласы маңындағы көмір шахтасынан ұшатын күл ретінде қарастырылды. (25 ÷ 30), (30 ÷ 35), (35 ÷ 40), (40 ÷ 45) көмірді ұнтақтаудың әртүрлі үлгілері үшін үлгілердің елеулі сипаттамалары бойынша анықталды. Күлдің фракциялық құрамы, мкм, құрады: 315÷200, 200÷160, 160÷100, 100÷63, 63÷50, 50÷0.

Астана қаласының ЖЭО-2-дегі БКЗ-420 қазандығының жұмысы кезінде Екібастұздың тас көмірі конвективті шахтада орналасқан түтіктерді, қатты жанған күл қалдықтарымен тоздыруда. Қатты күл қалдықтары осы түтіктерді сыртқы қабатын тоздырады және оның қасиетін (қаттылығын) төмендетіп сол жерде түтіктің ашылуы, яғни абразивті тесік пайда болады. Осының әсерінен қазандықты мерзімінен бұрын тоқтатуға мәжбүр етеді. Тәжірибеде түтіктердің тозуы бірқалыпты емес. Бұл қатты күл өнімдері жану камерасында, конвективті шахтада болсада өзіндік жүру, аэродинамикасына байланысты сол жолдарда көп абразивке ұшырайды. Бұндай

абразивті тозу конвективті шахтада шахмат түрінде орналасқан түтіктерде (құбыр жиынтығы) көп кездеседі. Абразивті тозу қазандықтың ПӘК-ін түсіреді және экономикалық тұрғыдан алсақ тиімсіздікке әкеліп соғады. Конвективті беттерде абразивті тозумен күресу жолдары.

Нәтижелер.

Алынған мәліметтер нәтижесінде Екібастұз көмірі ең абразивті болып, онымен жұмыс жасар кезінде қорғану шараларын ұйымдастыру қажет. Конвективті беттердегі абразивті тозу әдісі ретінде ЖЭО-да күлаулағыш аппараттарды, электронды сандары компьютерлік сызбалар арқылы есептелініп қолданады.



1 сурет - Екібастұз көмірінің ортаға тартылған күл өлшемінің абразивтілік коэфициенті мен күл тозуымен байланысы

Бу қазандарын жобалау кезінде қыздыру беті құбырларының күл бөлшектерімен және жанбаған отынның абразивтік тозуын болдырмауға елеулі назар аудару қажет. Конвективті шахтаның газ өткізгішіндегі газ жылдамдықтарын дұрыс таңдау периметрі бойынша жекелеген аудандардағы құбыр металының белсенді үйкелуін, қабырғаның батып кетуін және авариялық үзілуді тудыруы мүмкін.

Абразивті тозудың мәні-" жеткілікті қаттылық пен өткір қырлары бар күлдің ірі бөлшектері құбыр қабырғасына соғылғанда, осы жерде құбыр қабырғасының қалыңдығын біртіндеп азайта отырып, микроскопиялық аз қабаттар бетінен үздіксіз кесіледі. Жанбаған отынның бөлшектері (көбінесе антрациттер мен жартылай антрациттерде) де беттің үйкелуін тудырады. Осылайша, күлдің тозуы ең алдымен күл бөлшектерінің абразивтілігімен анықталады. Соңғы күлдегі $Si0_2$ құрамына байланысты және $Si0_2$>60% кезде айтарлықтай артады.

Нәтижесінде көмірді ұнтақтау тонына байланысты күл фракцияларының пайыздық құрамы анықталды. Екібастұз көмірінен ұшатын күл фракцияларының пайыздық құрамы (1 кесте).

1 кесте

Көмірді ұнтақтау тоннасы, %	Күл фракциясы, мкм					
	315÷200	200÷160	160÷100	100÷63	63÷50	50÷0
25÷30	4,8	5,6	21,18	33,63	15,48	20,09
30÷35	7,17	10,18	27,6	28,63	11,6	14,72

35÷-40	9,54	19,44	33,02	22,93	61,72	81,35
40÷45	11,91	27,7	37,44	17,23	31,84	11,96

Күл фракцияларының әр диапазоны үшін [4] құбырға ұшатын күл бөлшектерінің түсу ықтималдығының коэффициенті анықталды (1 сурет).

Күлдің абразивтілік коэффициенті мынадай формула бойынша анықталды, м^2/Н, [5]:

$$K_a = 0{,}045 \cdot (SiO_2 + Al_2O_3 - 44) \cdot 10^{-12}. \quad (1)$$

Абразивтілік коэффициентінің күл бөлшектерінің дисперсиялығынан тәуелділігі сурет 2-де көрсетілген.

Кесте бойынша күл бөлшектерінің мөлшерінің артуымен абразивті тозудың өсуі байқалады. Сурет 2-дегі мәліметтер күлдің жекелеген фракцияларының абразивтілігін бағалауға мүмкіндік береді, бұл тозуға қарсы күрес әдістерін әзірлеу кезінде өте маңызды. Сызықтың көлбеу бұрышы күл бөлшектерінің абразивті әсерінің қарқындылығын сипаттайды.

Бірінші жақындаудағы абразивті тозу эмпирикалық формулалар бойынша жалпыланған түрде анықталды [4]:

$$h = \eta c w_0^3 \tau K_a. \quad (2)$$

Мұндағы, η – құбырларға бөлшектердің түсу ықтималдығының коэффициенті;

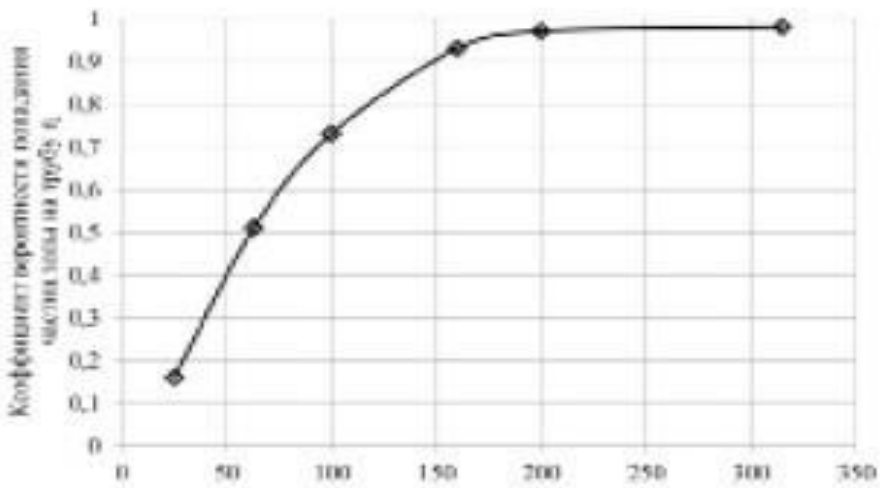
c – ағындағы күлдің массалық концентрациясы кг/м^3;

w0 – газ ағынының жылдамдығы м/с;

τ – жұмыс уақыты, с;

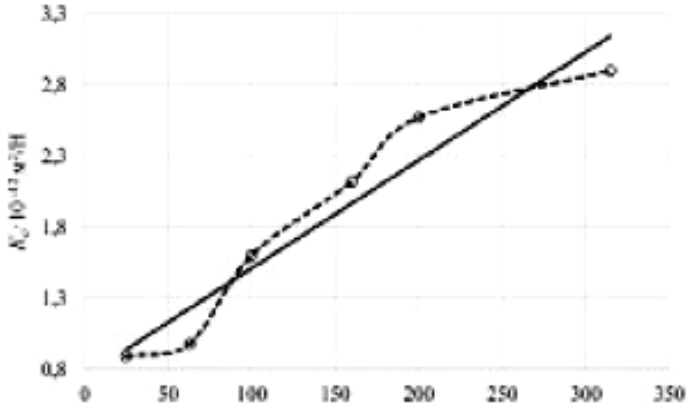
Жалпы тозу [1] формула бойынша анықталды:

$$h = \sum_{\sigma_n}^{Bn} h_\sigma^i = \left(\eta_{\sigma_1} q_{B_1} K_{ab1} + \eta_{\sigma_1} \cdot q_{b2} K_{ab2} + \cdots \eta_{\sigma_n} q_{b_n} K_{ab_n}\right) c w_0^3 \, \tau. \quad (3)$$

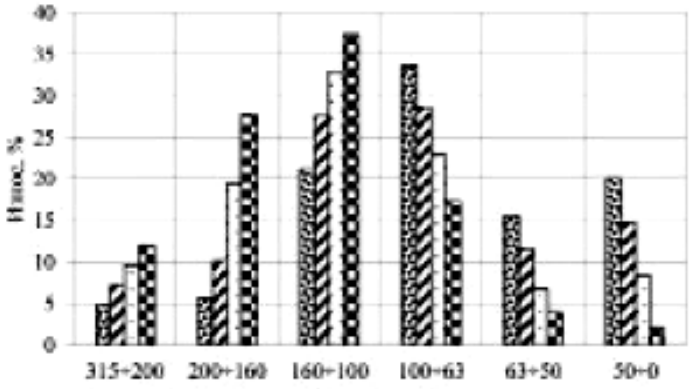


2 сурет - Екібастұз көмірі күлінің түрлі фракцияларының құбырына бөлшектердің түсу ықтималдығы коэффициенттері

Әрбір фракцияның абразивтілігі, құбырларға бөлшектердің түсу ықтималдығы коэффициенті және оның күлде болуы бойынша әрбір фракцияның тозу қабілеті, яғни әр фракцияға келетін тозу үлесі анықталды (3 сурет).



3 сурет - Екібастұз көмірі үшін күл бөлшектерінің дисперсиялығынан абразивтілік коэффициентінің тәуелділігі



4 сурет - Екібастұз көмірінің ұшпа күлінің фракциялары бойынша абразивті тозуды бөлу

Сурет 4-те көрініп тұрғандай, көмірді ұнтақтаудың белгілі бір тоннасы үшін тозудың ең үлкен жиынтық пайызы (55% - ға жуық) 63-тен 160 мкм-ге дейінгі мөлшердегі күл бөлшектеріне келеді. Осы диапазондағы тозу бойынша ең көп салыстырмалылық ұшатын күл мөлшері көмірдің ұнтақтау тоннасына 30÷35% келеді. Көмірді ұнтақтау тоннасы 30÷35 % кезінде мөлшері 50 мкм артық күл бөлшектеріне тозудың 85 % келеді, ал ұнтақтау тоннасы үшін 40÷45 % - 93 %.

Талқылау.

Қатты отын қазандығын пайдалану кезінде конвективтік жылу беттерін жану өнімдерімен тасымалданатын қатты бөлшектердің соққылары нәтижесінде тозуы мүмкін.

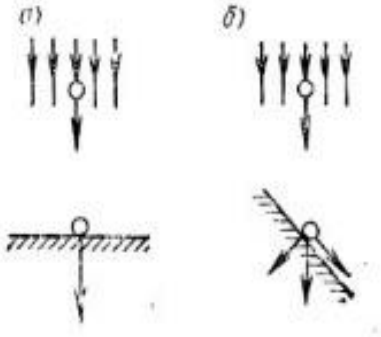
Сонымен қатар, құбыр қабырғасы жұқа болады, оның беріктігі төмендейді, бұл құбырдың үзілуіне әкелуі мүмкін. Құбырдың біркелкі емес екендігі анықталды. Ең бастысы шеткі змеевик құбырлары, коллектордан шығатын құбырлардың түзу учаскелері, құбырлардың иілу орындары, яғни тозатын бөлшектер ағынының жоғары жергілікті жылдамдығымен сипатталатын орындар ең көп тозады. Тозудың шамасы тозудың қатты бөлшектерінің концентрациясы мен абразивтік қасиеттеріне байланысты:

күл, жанып кетпеген көміртекті және пайдалану режиміне. Ауаның артық болуы және жанудың әркелкі болмауы газ жылдамдығы мен шаңның жергілікті концентрациясының артуына әкеледі. Ең үлкен тозуға шахмат шоғыры ұшырайды, екінші қатар қалған қатарларға қарағанда орташа есеппен 1,5 есе күшті. Будың бірінші қатары газ құбырының бос бөлігіндегі жылдамдыққа тең төмен жылдамдықпен газ ағынымен үрленеді. Бірінші қатардан өту кезінде газ және бөлшектер жылдамдығы артады. Будың келесі қатарларын өту кезінде қатты бөлшектердің жылдамдығы құбырға соққы кезінде бөлшектердің тежелуі есебінен газдың жылдамдығынан аз болады.

Дәліз аудандарында тозу аз, өйткені құбырлар екінші қатардан бастап аэродинамикалық көлеңкеде орналасқан. Дегенмен, жұмыс кезінде жеке құбырларға жол ұшағынан шығу мүмкіндігі бар екенін ескеру қажет. Сондықтан, дәліздердегі құбырлардың ықтимал тозуын бағалау, шахмат секілді сияқты жүргізіледі. Газ газ құбырларының ішінде (мысалы, ауаның алдын ала қыздырғышында байқалғандай), кіріс құбырының учаскелері 300-400 мм ұзындығымен ең үлкен тозуға ұшырайды.Бастапқы бөлікте қозғалыс режимі реттелмейді, қатты бөлшектердің құбыр қабырғасына соғылу ықтималдығы жоғары. Құбырлардағы ағынның одан әрі төмен қозғалысы кезінде қатты бөлшектер орталықта жүреді. Сондықтан мұнда қатты бөлшектердің бетіне әсер ету ықтималдығы төмендейді.

Ұшу күлінің әрекеті бойынша құбырлар тозуы механизмі. Беткі беті тозаңды газдар ағымына сәйкес келетін бұрышына байланысты тікелей және көлбеу әсерлері барАғымның осі мен бетіне экваторға дейінгі бұрыш шабуылдың бұрышы деп аталады (сурет 6.14) 90 ° шабуылдың бұрышында түзу сызық байқалады, бұрыш 90°-дан аз, көлбеу немесе жылжымалы әсер етеді [5].

Жойылған металлдың мөлшері құбырдың бетіне соғылған бөлшектердің энергиясына пропорционалды. Бөлшектердің кинетикалық энергиясы жылдамдықтың квадратына пропорционалды және ағындағы олардың саны бірінші дәрежелі жылдамдықпен пропорционалды. Сондықтан, бірінші жақындаған кезде, құбырдың тозуы үшінші деңгейде газдың жылдамдығына пропорционалды.



5 сурет - Абразивті тозудың механизмі: а - тура соққы; б -тайғанақ соққы

Абразивті қасиеттері тозу құрамына байланысты, онда әртүрлі пішіндер мен қаттылықтар бар. Бір күлдің құрамымен тозығу қатты бөлшектердің біріктіру дәрежесін анықтайтын жану камерасындағы температура деңгейіне байланысты болады. Төменгі балқыту күлі бар кейбір отын үшін тозу жанудан кейінгі көміртегінің жану өнімдерінде болуымен анықталады, олар өткір бұрышты нысаны бар. Осы себепті антрацит шаңын жану кезінде жылу беттерінің тозуы негізінен жанғыш заттардың құрамымен анықталады.

Қорытынды.

Жүргізілген зерттеулердің негізінде, егер 100 мкм-нен асатын күл бөлшектері шаңды газ ағынынан алынып тасталса, абразивтік тозығу 1,5-2 есе төмендейді. Егер 50 микроннан асатын күл бөлшектері жойылса, онда тозу 5 есе немесе одан кем болады. «Екібастұз» учаскесіндегі көмірде жұмыс істейтін қазандықтың жылу алмастырғыш беттерінің абразивті тозуын төмендету көмір шаңын 30-дан 35% -ға дейін азайту арқылы қол жеткізуге болады, бұл оңтайлы болып табылады.

Құбырларды тозудан қорғау жөніндегі шаралар құрылымдық және пайдаланудан тұрады. Жобалау кезінде конвективтік жылу беттерінің жинақтарында дұрыс газ жылдамдығын таңдау керек. Газдардың жылдамдығын төмендету арқылы сіз құбырдың қызмет ету мерзімін едәуір арттыра аласыз. Алайда, жылдамдықтың төмендеуі жылу беру коэффициентінің төмендеуі есебінен жылу бетінің жоғарлауына, соның ішінде қазандықтың құнын арттыруға және оның сенімділігін төмендетуге мүмкіндік беретін құбырлардағы бос күлді тұндыруға байланысты. Абразивті тозу жағдайындағы ең жоғарғы рұқсат етілген газ жылдамдығы жылу бетінің қызмет ету мерзімін, қазандық жұмыс істеп тұрған сағаттардың және жүктеме коэффициентін көрсету арқылы есептелуі мүмкін. Қатты отын түрлерінің көпшілігінде конвективті газ құбырларында рұқсат етілген газ жылдамдығы 8-15 м/с құрайды.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Хрущев М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание. – М.: Наука, 1970. – 252 с.

[2] Каримов М.Т. Ермоленко М.В. Степанова О.А. Байжуманов М.Ж. Влияние фракционного состава золы на абразивный износ поверхностей нагрева энергетических котлов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 4 (3 бөлім). – 532–535с.

[3] Каримов М.Т., Ермоленко М.В., Степанова О.А., Байжуманов М.Ж. Влияние фракционного состава золы на абразивный износ поверхностей нагрева энергетических котлов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016.–№4-3.–532-535 с.

[4] Попов А.Г. Золовое изнашивание трубчатых воздухоподогревателей. Теплоэнергетика. 1978 . -№12. 17-19 беттер.

[5] Достияров А.М., Айтмагамбетова М. Обеспечение вибрационной надежности турбин на ТЭЦ-2 г.Астаны./ В сб. материалов/ МНПК «Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований», 28-29 сентября 2015г., North Charleston, USA, Том 2,- С.201-210

Zhadira Seitova, candidate of technical sciences, senior lecturer, Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan, zhadira_sa@mail.ru

Bahtiar Balzhan, candidate of technical sciences, senior lecturer, Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan, bahtyar.baljan@mail.ru

Zhanna Bekisheva, master, senior lecturer, Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan, zhanna_1986_23@mail.ru

Erlan Ualiev, candidate of technical sciences, senior lecturer, Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan, ualiev-erlan@mail.ru

Karlygash Olzhabayeva, PhD, docent, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, k.olzhabayeva@aues.kz

EFFECT OF FRACTIONAL COMPOSITION OF ASH ON ABRASIVE WEAR OF HEATING SURFACES OF ENERGY BOILERS

Abstract. The purpose of the article is to consider the process of abrasive wear of the heating surfaces of the BKZ-420 boiler at the Astana CHP-2 station and ways to reduce it. The project shows one of the most abrasive types of fuel - Ekibastuz coal as an example. In addition, information about the dispersed composition of fly ash in various boilers is given, based on which we can compare Ekibastuz coal with other types of fuel. Ekibastuz's BKZ-420 boiler is equipped with preliminary measures for the abrasive wear process on the heating surfaces. The methods of combating abrasive wear identified in the article are the most suitable and economically efficient in energy.

Keywords. Abrasive, fraction, analysis, composition, gases, coefficient, wear of boilers, energy, recommendations.

Жадра Сеитова, к.т.н., старший преподаватель, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, Астана, Казахстан, zhadira_sa@mail.ru

Балжан Бахтияр, к.т.н., доцент, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, Астана, Казахстан, bahtyar.baljan@mail.ru

Жанна Бекишева, магистр, старший преподаватель, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, Астана, Казахстан, zhanna_1986_23@mail.ru

Ерлан Уалиев, к.т.н., старший преподаватель, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, Астана, Казахстан, ualiev -erlan@mail.ru

Карлыгаш Олжабаева, PhD, доцент, Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, Алматы, Казахстан, k.olzhabayeva@aues.kz

ВЛИЯНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ЗОЛЫ НА АБРАЗИВНЫЙ ИЗНОС ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОТЛОВ

Аннатоция. Цель статьи рассмотреть процесс абразивного износа поверхностей нагрева котла БКЗ-420 Астанинской ТЭЦ-2 и пути его снижения. В проекте показан один из самых абразивных видов топлива - экибастузский уголь в качестве примера.Кроме того, дана информация о дисперсном составе золы уноса в различных котлах, на основании которой мы можем сравнить экибастузский уголь с другими видами топлива. Экибастузский котел БКЗ-420 оборудован предупредительными мероприятиями по абразивному износу поверхностей нагрева. Выявленные в статье способы борьбы с абразивным износом являются наиболее целесообразными и экономически эффективными по энергетике.

Ключевые слова. Абразив, фракция, анализ, газы, коэффициент, износ котлов, энергетика, рекомендации.

****

ӘОЖ 536.24; 532,5 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-301-306**

Е.Б. Уалиев, Б.Т. Бахтияр, Ж.А.Сеитова
С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан
E-mail: zhadira_sa@mail.ru

РАЗРЯДТІ-ИМПУЛЬСТІК ТҮРЛЕРДІҢ СИПАТТАМАСЫ ТОЛҚЫНДАРДЫҢ СҰЙЫҚТЫҚТАРҒА ТАРАЛУЫ

Аңдатпа. Судағы микрожарылыс оның сұйықтықта таралуының айналасында импульстік қысым жасайды. Соққы толқындарының таралуының бұл түрі өнеркәсіптік жылу энергетикасында қолданылатын құбырларда толқын тәрізді импульстар түрінде жоғары жылдамдықта жүреді.

Түйінді сөздер. Импульс, разряд, соққы толқыны, сұйықтық, электрлік тоқ, таралуы.

Кіріспе.

Өздеріңіз білетіндей, судағы электр разряды белгілі бір ортада таралуының айналасында жоғары қысымды тудырады. Сонымен қатар, соққы толқындарының мұндай таралуы өнеркәсіптік жылу энергетикасында қолданылатын құбырларда толқын тәрізді импульстар түрінде үлкен жылдамдықпен жүреді.

Зельдович Я.Б. [1] көлденең қимасы тең емес ұзын түтікшені толтыратын ортада соққысыз толқынның таралуын зерттеді. Соққы толқыны аймағындағы өзгермейтін өзгерістердің жылдамдыққа әсерін анықтау қажет болды.

Түтіктің көлденең қимасының ауданы S(x) ұзындығы (x осі) бойымен шамалы ғана өзгереді деп есептейміз - түтік ені тәртібіндегі қашықтықтарда шағын.

Бұл жуықтауды қолдануға мүмкіндік береді (ол гидравликалық деп аталады), түтіктің әрбір көлденең қимасы бойынша ағындағы барлық шамаларды тұрақты деп санауға болады, ал жылдамдықты ось бойымен сызылғаны санаймыз, басқа сөздермен айтқанда ағынды квазибірөлшемді қарастырамыз.

Мұндай ағынды келесі теңдеулермен

$$\frac{dv}{dt} + v\frac{dv}{dx} + \frac{1}{\rho}\frac{d\rho}{dx} = 0 \tag{1}$$

$$\frac{d\rho}{dt} + v\frac{dp}{dx} - c^2\left(\frac{d\rho}{dt} + v\frac{d\rho}{dx}\right) = 0, \tag{2}$$

$$S\frac{d\rho}{dt} + \frac{d}{dx}(\rho v S) = 0 \tag{3}$$

сипаттайды.

Осында бірінші – ол Эйлер теңдеуі, екіншісі – адиабата теңдеуі, үшіншісі - үздіксіздік теңдеуі.

Материалдар мен тәсілдер.

Сұрақты нақтылау үшін S(x) аймағының өзгеруі тек баяу ғана емес, сонымен қатар абсолютті мәнде барлық салыстырмалы түрде шағын ұзындықтар болып қалатын түтікшені қарастыру жеткілікті. Содан кейін ағынның бұзылуының тұрақтылығымен байланысты және теңдеулер сызықтық бола алады.Сонымен қатар, соққы толқынының

қозғалысына әсер етуі мүмкін кез келген бөгде бұзылулардың пайда болуын болдырмайтын ішінара шарттар қойылуы керек; және S(x) өзгерістерімен байланысты ауытқулар. Бұл мақсатқа қол жеткізіледі, егер соққы толқыны тұрақты көлденең қимасы бар құбыр бойымен тұрақты жылдамдықпен кездейсоқ қозғалады және нүктенің ауданы (біз оны x=0 деп аламыз).

Сызықтық теңдеулер

$$\frac{d\delta v}{dt} + v\frac{d\delta v}{dx} + \frac{1}{\rho}\frac{d\delta\rho}{dx} = 0, \tag{4}$$

$$\frac{d\delta\rho}{dt} + v\frac{d\delta p}{dx} - c^2\left(\frac{d\delta\rho}{dt} + v\frac{d\delta\rho}{dx}\right) = 0, \tag{5}$$

$$\frac{d\delta\rho}{dt} + v\frac{d\delta p}{dx} + \rho\frac{d\delta v}{dx} + \frac{\rho v}{S}\frac{d\delta S}{dx} = 0, \tag{6}$$

мұндағы әріптер түтікшенің біртекті ағынындағы шамалардың тұрақты білімін белгілейді, ал δ белгісі осы шамалардың түтікшедегі өлшемін белгілейді.

Осыдан бірінші мен үшінші теңдеулерді ρc мен c^2 тиісінше көбейтіп, содан кейін үштеңдеулерді қосылып, олардың келесі әдісінді жазамыз:

$$\left[\frac{d}{dt} + (v + c)\frac{d}{dx}\right](\delta\rho + \rho c\delta v) = -\frac{\rho v c^2}{S}\frac{d\delta S}{dx}. \tag{7}$$

Бұл теңдеудің сыртындағы жалпы шешімі біртекті теңдеудің сыртындағы жалпы шешімінің және оң жағымен сырттағы теңдеудің ішінара шешімінің қосындысы арқылы беріледі. Біріншісі ол - F*(x-vt-ct)*, осында F – кез келген функциясы, ол сол жақтан келетін бұзылуларды сипаттайды. Бірақ біртекті аймақта x<0 үшін ешқандай ауытқулар болмайды, сондықтан F=0 мәнін тағайындауымыз керек. Осылайша, шешім сыртындағы біртекті емес теңдеудің интегралына келтіріледі:

$$\delta p + \rho c\delta v = -\frac{\rho v c^2}{v+c}\frac{dS}{dx}. \tag{8}$$

Соққы толқыны берілген $p_1\rho_1$мәндері қозғалмайтын орта бойымен солдан оңға қарай $v_1 > c_1$ жылдамдықпен қозғалады. Түтіктің бүкіл аймағында нүктенің сол жағындағы соққы толқынының артындағы ортаның қозғалысы берілген уақыт сәтіне аралықпен қол жеткізіледі. Толқын өткеннен кейін түтіктің әрбір бөлігіндегі барлық шамалар уақыт бойынша тұрақты болып қалады, яғни алшақтықтан өту сәтінде алған мәндеріне тең: p_2қысым, ρ_2 қысым мен $v_1 - v_2$ жылдамдығы (мұнда қабылданған белгіге сәйкес қозғалатын соққы толқынына қатысты газ жылдамдығын белгілейміз). Бұл белгілерде (және осы шамалардың әртүрлі бөліктерін тағы да бөлектеу) теңдікті мына түрінде жазылады

$$\frac{\delta S}{S} = -\frac{v_1 - v_2 + c_2}{\rho_2(v_1 - v_2)c_2^2}\{\delta p_2 + \rho_2 c_2(\delta v_1 - \delta v_2)\}. \tag{9}$$

Барлық шамаларды $\delta v_1, \delta v_2, \delta p_2$, олардың біреуі арқылы көрсетуге болады, мысалы δv_1. Ол үшін жарылыс кезіндегі түрленбелі ($\rho_1\, p_1$көрсетілген кезінде) жазамыз:

$$\rho_1 \delta v_1 = v_2 \delta \rho_1 + \rho_2 \delta v_2, \tag{10}$$

$$2j(\delta v_1 - \delta v_2) = \delta p_2 + v_2^2\, \delta\, \rho_2 \tag{11}$$

осында j= $\rho_1 v_1 = \rho_2 v_2$бұзылмаған ағынның мәні.

Оларға

$$\delta \rho_2 = \frac{dp_2}{d\rho_2} \delta\, \rho_2 \tag{12}$$

ара қатынасты қосу керек, мұнда туынды адиабата Гюгонио арқылы орындалады.

Есептеу қозғалыссыз газға қатысты соққы толқынының δv_1 жылдамдығының өзгеруін байланыстыратын түтіктің көлденең қимасының ауданының δS өзгеруімен келесі соңғы қатынасқа әкеледі:

$$-\frac{1}{S}\frac{\delta S}{\delta v_1} = \frac{v_1 - v_2 + c_2}{v_1 c_2}\left[\frac{1 + {}^{2v_2}/_{c_2 - h}}{1+h}\right]. \tag{13}$$

Мұнда белгілерді

$$h = -\frac{j^2\, d\, \rho_2}{\rho_2^2\, dp_2} = j^2 \frac{dV_2}{dp_2} \tag{14}$$

енгіземіз.

Шаршы жақшаның коэффициентін төртбұрышты оң болады. Демек, анықтаманың қатынас белгісі $\delta v_1 / \delta S$ осы жақшадағы өрнектің таңбасы арқылы анықталады. Барлық тұрақты соққы толқындары үшін белгіні оң болады, соңдықтан $\delta v_1 / \delta S < 0$. Бірақ гофрдің тұрақсыздығы шарттарының кез келгені орындалғанда, жақшадағы өрнек теріс болады, соңдықтан $\delta v_1 / \delta S > 0$. Бұл нәтиже тұрақсыздықтың шығуын көрнекі түрде түсіндіруге мүмкіндік бермейді.

Нәтижелер.

Осыған байланысты бір уақытта барлық бағытта бірдей күшпен қысымның жоғарылауы байқалады. Импульстік разрядтың пайда болуының нәтижесі соққы толқыны болып табылады, ол ортаның ішінде қозғалатын үзіліс беті болып табылады, ал қысым, тығыздық, температура және гидродинамикалық жылдамдық үзіліс бетінде айтарлықтай соңғы секірістерді бастан кешіреді, яғни толқынның алдыңғы жағында.

Өнеркәсіптік құбыр үшін соққы толқынының кейбір сипаттамаларын есептейік. Осында құбырдың көлденең диаметрі d=25 мм ұзындығымен *l*=0,9 м, құбыр қабырғасының қалыңдығы δ=1 мм, сұйық ағынның жылдамдығы (судың) w=0.4 м/с, құбырдың ұзындығы бойынша орташа су температурасы $\bar{t}_ж = 70°C$ және қабырғасының орташа температурасы $\bar{t}_c = 25°C$. $\bar{t}_ж = 70°C$ бойынша:

$\lambda_ж = 0{,}662$ Вт/(м°С) болады, $v_ж = 0{,}422 * 10^{-6} \frac{м^2}{с}$, $Pr_ж = 2{,}46$; $\bar{t}_c = 20°C$ бойынша $Pr_c = 6{,}32$, белгілі формулар бойынша [2]

$$\overline{Nu}_{dж} = 1{,}4\left(Re_{dж}\frac{d}{l}\right)^{0.4} Pr_ж^{0.33}\left({}^{Pr_ж}/_{Pr_c}\right)^{0.25}, \quad (15)$$

$$Re_{dж} = \frac{wd}{v} = \frac{0.4*25*10^{-3}}{0.422*10^{-6}} = 23809, \quad (16)$$

$$\overline{Nu}_{dж} = 1{,}4\left(Re_{dж}\frac{d}{l}\right)^{0.4} Pr_ж^{0.33}\left({}^{Pr_ж}/_{Pr_c}\right)^{0.25}, \quad (17)$$

$$Pr_ж^{0.33} = 1.35$$
$$\left({}^{Pr_ж}/_{Pr_c}\right)^{0.25} = \left({}^{2.46}/_{6.32}\right)^{0.25} = 0.79 \quad (18)$$
$$\overline{Nu}_{dж} = 1.4 * 8.43 * 1.35 * 0.79 = 12.59$$

осыдан

$$\bar{\alpha} = \overline{Nu}_{dж}\frac{\lambda_ж}{d} = 12.59\frac{0{,}662}{25*10^{-3}} = 333{,}4\frac{Вт}{м^2°С}. \quad (19)$$

Содан кейін, жылу мөлшері саны келесі формуламен табылады:

$$Q = \pi dl\bar{\alpha}\Delta t = 3.14 * 25 * 10^{-3} * 0.9 * 333{,}4 * 45 = 1{,}06\ кВт. \quad (20)$$

Нәтижесінде соққы толқындары гидравликалық соққы ұғымымен байланысты екендігі анықталды. Мұндай процестерде су кеңістігінде орналасқан белгілі бір жүйе үшін қысым импульсі сұйықтық ағынының жылдамдығының лезде өзгеруімен жасалады.

Соққы толқыны диаметрі d, ұзындығы l және қабырғасының қалыңдығы δ болат су құбырындағы сұйықтықта таралады деп есептей отырып, мұндай разряд импульсінің таралу уақыты мен жылдамдығын есептейміз. Сонымен қатар, біз соққы толқыны фронты кезінде қысымның көтерілетін қашықтықты ескереміз. Сонда бұл қимасы 0,8l қашықтықта болады. Сонымен қатар, соққы толқыны тудыратын максималды қысым құбырдағы бастапқы қысымнан үш есе көп болады деп есептейміз. Бастапқы деректер: d=200 мм, l=2000 м, δ=10 мм екенін ескертеміз.

Шарттарға сүйене отырып, сіз мына болжамды аламыз:

$$p_{уд}=3p. \quad (21)$$

Талқылау.

0,8l қашықтықта импульстің таралуының $t_{0,8}$ уақытын қабылдай отырып, оның мәнін келесі түрде жазамыз:

$$t_{0,8}=0{,}8l/c, \quad (22),$$

осында C - қысым толқынының таралу жылдамдығы.

$t_{уд}$ уақытында соққы толқынының таралуы кезінде қысымның жоғарылауын келесі формула бойынша анықтаймыз:

$$p_{уд}=\rho c V_0, \tag{23}$$

осында ρ – сұйықтың тығыздығы,V_0- сұйық ағынның жылдамдығы.

Соққы толқыны фронтының өтуі кезіндегі рқысымның жоғарылауын келесі түрінде жазамыз:

$$p=\frac{2\rho l V}{t_{уд}}. \tag{24}$$

Қысым толқынының таралу с жылдамдығы осы формуламен анықталады:

$$c=\frac{\sqrt{K/\rho}}{(1+\frac{dK}{dE})^{1/2}}, \tag{25}$$

осында К=2,03*10^6кПа – сұйықтықтың серпімділік модулі, Е=196*10^6кПа – құбыр қабырғалары материалының серпімділік модулі.

(11) өрнегін (9) алмастыра отырып, $p_{уд}$ импульстік әсер ету кезінде кендердің қысымын жоғарылату формуласын аламыз

$$p_{уд}=\frac{\sqrt{K/\rho}}{(1+\frac{dK}{\delta E})^{1/2}}\rho V_0. \tag{26}$$

Қорытынды.

Өрнек (24) және (26) (21)-геқойып, жылдамдықты азайтыңыз V_0 мен тығыздық ρ, содан кейін t мәнін білдіріп және нәтижесінде соққы толқынының таралу уақытын аламыз

$$t_{уд}=2/3\frac{l}{\sqrt{k/\rho}}\sqrt{1+dK/dE}.$$

(25) өрнегін (22) қойып, қысымның таралу уақытының формуласын аламыз

$$t_{0,8}=0,8l\frac{\sqrt{1+dK/\delta E}}{K/\rho^{1/2}}.$$

$t_{уд}$мен$t_{0,8}$ есептейміз:

$$t_{уд}=2/3\frac{2000}{\sqrt{2,03*109/998,2}}\sqrt{1+200*2,03/10*196}=1,24\text{ с},$$

$$t_{0,8}=0,8*2000\frac{\sqrt{1+200*2,03/10*196}}{2,03*109/998,2}=1,56\text{ с}.$$

Сонымен қатар, соққы толқынының таралуы кезінде қабырғалардың кернеуін анықтаймыз: σ=p*d/2*δ=7 атм.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Зельдович Я.Б. Теория ударных волн и введение в газодинамику. - М.: 2018.- 405 с.

[2] Жукаускас А.А., Шланчаускас А.А. Теплоотдача в турбулентном потоке жидкости. — Вильнюс: 1973. -327с.

[3] Юткин Л. А. Электрогидравлическое дробление. - Л., ч 1, 1959. -36 с.

[4] Юткин Л. А. Электрогидравлическое дробление. - Л., ч 2, 1960. - 49 с.

[5] Юткин Л. А. Электрогидравлическая обработка металлов. — М., 1971. — 252 с.

[6] Юткин Л. А. Электрогидравлический эффект. - М., 1973.- 52 с.

Ерлан Уалиев, candidate of technical sciences, senior lecturer, Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan, ualiev-erlan@mail.ru

Balzhan Bahtiar, candidate of technical sciences, docent, Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan, bahtyar.baljan@mail.ru

Zhadira Seitova, candidate of technical sciences, senior lecturer, Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan, zhadira_sa@mail.ru

Aannotation. A microexplosion in water creates impulse pressures around its propagation in the liquid. This type of propagation of shock waves occurs at high speeds in the form of wave-like impulses in pipes used in industrial thermal power engineering.

Keywords. impulse, discharge, shock wave, liquid, electric current, distribution.

Ерлан Уалиев, к.т.н., старший преподаватель, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, Астана, Казахстан, ualiev-erlan@mail.ru

Балжан Бахтияр, к.т.н., доцент, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, Астана, Казахстан, bahtyar.baljan@mail.ru

Жадра Сеитова, к.т.н., старший преподаватель, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, zhadira_sa@mail.ru

НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗРЯДНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УДАРНЫХ ВОЛН В ЖИДКОСТИ

Аннотация. Микровзрыв в воде создает импульсные давления вокруг своего распространения в жидкости. Такого вида распространение ударных волн происходит с большими скоростями в виде волнообразных импульсов в трубах, применяемых в промышленной теплоэнергетике.

Ключевые слова. импульс, разряд, ударная волна, жидкость, электрический ток, распространение.

****

УДК 004.822 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-307-318**

Утегенова А.У. [1]✉, Ермолдина Г.Т.[2], Бапышев А.М.[1], Науменко В.В.[3], Аден А.Е. [1]
[1] Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, Алматы, Казахстан
[2] Институт информационных и вычислительных технологий, Алматы, Казахстан
[3]Университет Туран, Алматы, Казахстан
E-mail.ru: an.utegenova@aues.kz

ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ ЗНАНИЙ, С УЧЕТОМ РЕКОМЕНДАЦИЙ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ВОЕННОГО ВУЗА

Аннотация. В данной статье исследована и разработана инновационная методика визуального представления, организации знаний и моделей по развитию человеческого капитала, основанная на онтологической модели и инжиниринге, с целью формирования выражений знаний и базы данных, а также соответствующих знаниевых компонент, с их последующим использованием для проектирования знаниевого контента по развитию человеческого капитала и индивидуальной траектории обучающегося.

Ключевые слова. Онтологическая модель, стандарты, образовательный процесс, онтологический инжиниринг, информационные технологии.

Введение.

Военное образование представляет собой целенаправленный процесс обучения и является одной из приоритетных, количественных и качественных измерений человеческого капитала [1]. В современных условиях развития военно-профессиональной деятельности, определяющими становятся задачи подготовки военнослужащих, обладающих глубокими знаниями на уровне государственного и военного управления [2]. Вопросы приема на обучение, особенности подготовки курсантов и слушателей, распределения выпускников на конкретные должности в воинских частях, перемещения по службе, повышения квалификации и переподготовки военнослужащих должны быть четко регламентированы в нормативных правовых документах и отражаться в единой информационной системе [3]. Соответственно, военная система образования характеризуется специфичностью контента, в которой отражаются собственные правила приема, правила деятельности военных учебных заведений, организации учебного процесса, учебно-методической работы, распределения кадровых ресурсов, ведения научно-технических разработок [4].

Цель исследования: Раазработка модели многофункциональной образовательной платформы, на основе онтологического инжиниринга, для развития человеческого капитала с возможностью структурировать знания с использованием компетентностного подхода на базе национальных стандартов в виде выражения знаний с возможностью построения индивидуальной траектории обучения и проектным подходом CDIO.

Модели и методы.

Исследования показывают, что роль информационных технологий для институционализации человеческого капитала в системе подготовки военных кадров существенным образом возрастает. С этой целью были предложены инструменты для контроля образовательных программ с учетом рекомендаций рынка труда, профессиональных стандартов, а также обновление программ с учетом практико-ориентированного подхода [5].

Формализация - метод исследования, в основе которого лежит отображение содержательного знания в знаково - символическом виде. Формализованный язык должен достаточно точно и релевантно выражать знания, и исключать возможность их неоднозначного понимания.

Смысл онтологии не в структуре понятий предметной области, а в представлении их семантики [6]. Человек понимает смысл и назначение вещей и действий с ними, только если они в его сознании находятся в рамках некоторой системы связанных друг с другом понятий.

К наиболее часто используемым моделям отображения знаний традиционно относятся продукционная, сетевая, фреймовая, алгебраическая модели, графы и множества [7]. Наряду с отмеченными моделями, приемлемой парадигмой по организации образовательных ресурсов, подходит парадигма порождающего программирования, которая располагает эффективными возможностями и средствами по моделированию свойств и механизмов их взаимодействия. [8,9]

Согласно классической теории кластеризации, для того чтобы определить понятие, а в нашем случае в качестве такого понятия выступает опорное понятие, следует перечислить ряд его необходимых (necessary) и достаточных (sufficient) свойств - таких, без которых объект, в лице опорного понятия, невозможно признать вариантом отображения семантического контекста образовательного ресурса домена обучения. Более того, в реализациях опорных понятий необходимо предусматривать широчайшую изменчивость, что также предусмотрено в введенных формализмах моделирования знаний. Принятый в наших исследованиях формат представления таких моделей знаний позволяет исполнять их машинным способом и разнообразить средства их внешнего представления.

Под доменом обучения понимается область специализации или интереса, либо область профессиональных знаний и деятельности, в пределах которой наиболее точно и конкретно выявляются семантика и значение понятий, фраз или совокупности фраз, которыми пользуются специалисты этой области. К знаниям домена обучения будем относить не только знания, которые реально относятся к образовательной сфере, но и те знания, которые регламентируют разработку новых образовательных дисциплин, программ и процессов.

Для решения поставленных задач выбраны декларативные знания, то есть знания, с помощью которых описываются качественные свойства понятий домена обучения в виде модели онтологии, и количественные свойства понятий, в виде модели характеристик.

Для хранения и обработки декларативных знаний разработан формальный язык, обеспечивающий релевантное отображение семантического контекста домена обучения в виде онтологии опорных понятий, и их спецификации в виде выражений знаний. Для визуализации выражения знания разработан программный редактор, который с помощью линейного сопоставления элементов выражения знания с правилами языка, выполняет синтаксический анализ выражения знания и производит сборку модели онтологии, либо модели характеристик. Данный редактор имеет универсальное назначение, так как позволяет выполнять синтаксический анализ, производить сборку и визуализировать все используемые в монографии выражения, то есть выражение знания (модель онтологии), выражение спецификации (модель характеристик) и выражение компетенции [10].

Результаты и обсуждение.

Интерактивная образовательная Smart-среда по развитию человеческого капитала исполнена в виде веб-приложения, предоставляющего возможность формирования

знаниевых компонент, с последующим их использованием для проектирования знаниевого контента и траектории развития человека [11]. Для выполнения функций среды были использованы следующие платформы, технологии и инструментальные средства разработки:

- в качестве СУБД среды использована система управления реляционными базами данных MySQL Server, расположенный на web-сервере. Основной используемый язык запросов - SQL;

- для визуализации онтологии опорного понятия, использован специально разработанный редактор онтологии на языке программирования PHP, код которого приведен в Приложении Б, а также использованы возможности CytoscapeJS - биометрической платформы с открытым исходным кодом. CytoscapeJS — это библиотека графиков jQuery, которая помогает визуализировать графики или сети, обрабатывать большие объемы данных, она оптимизирована, если дело касается преобразования сырых сетевых данных в графы.

Платформа CytoscapeJS совместима со всеми современными браузерами, CommonJS/NodeJS, jQuery и Meteor/Atmosphere.

Для проектирования веб - интерфейса среды использована jQuery- библиотека JavaScript, фокусирующаяся на взаимодействии JavaScript и HTML. Библиотека jQuery помогает легко получать доступ к любому элементу DOM, обращаться к атрибутам и содержимому элементов DOM и манипулировать ими. Библиотека jQuery также предоставляет удобный API для работы с AJAX.

В среде также использован Bootstrap - свободный набор инструментов для создания сайтов и веб - приложений, включающий в себя HTML - и CSS - шаблоны оформления для типографики, веб - форм, кнопок, меток, блоков навигации и прочих компонентов веб - интерфейса, включая JavaScript - расширения.

Прямой адрес расположение данной Smart-системы в сети Интернет http://aee.kz/account/ или вход через образовательный портал Казахстана Edu-kz.com

Окно главного входа в систему с авторизацией и регистрацией отображено на рисунке 1. Администратор может через панель управления включать и отключать функцию регистрации новых пользователей в системе. Тем самым проект может быть, как общедоступный, так и закрытым, с доступом только определенным лицам, к примеру внутри военного учебного заведения, предприятия, или гос. структуры.

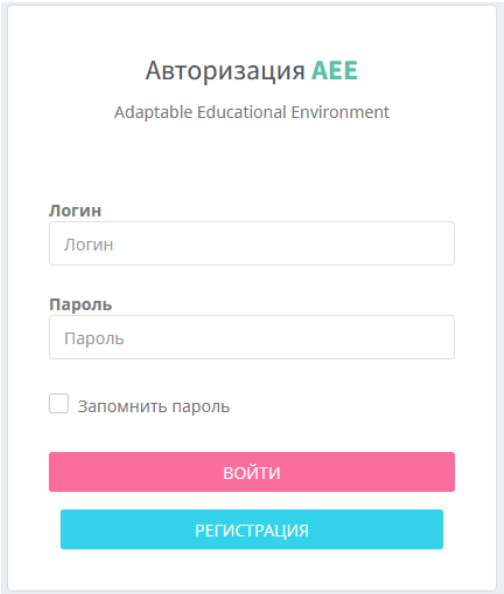


Рисунок 1– Главное окно входа в Smart-среду AEE

Организация работы пользователей со средой происходит с помощью главной страницы и основного меню расположенного в левой части экрана. Главная страница представлена на рисунке 2, которая отображает статистику в виде активных проектов, дисциплин, курсов и распределение опорных понятий и, соответственно, знаниевых компонент репозитория, по этапам CDIO с интерактивной диаграммой, при наведении на которую отображается во всплывающем окне более подробная информация и статистика.

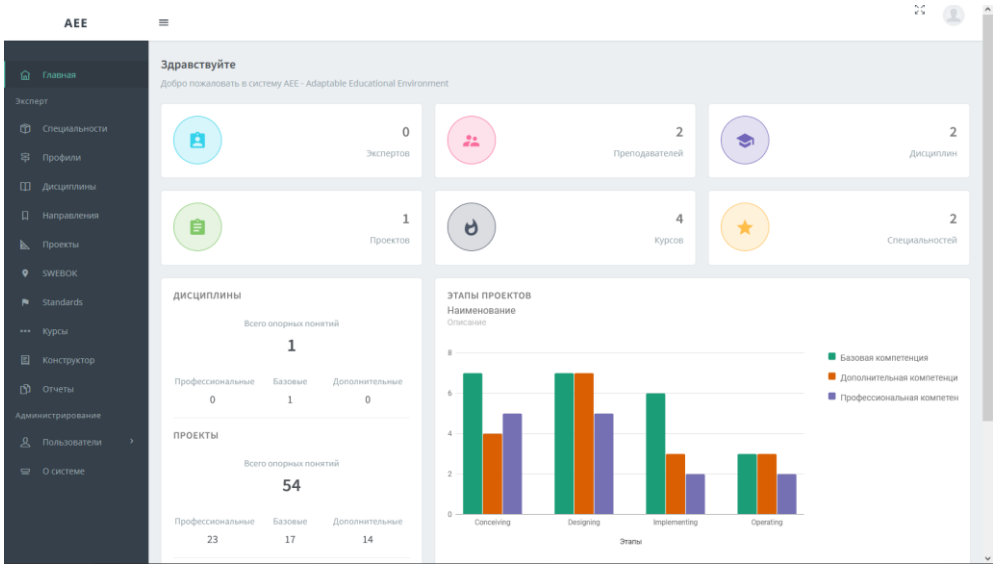


Рисунок 2– Главное страница интерактивной Smart-среды

В левой части главного окна интерактивной образовательной Smart-среды, предназначенной для развития человеческого капитала, расположено контекстное меню для работы эксперта и администратора.

Первым делом эксперт должен выбрать один из профилей, например, «Здоровье», как показано в окнах, представленных на рисунке 3.

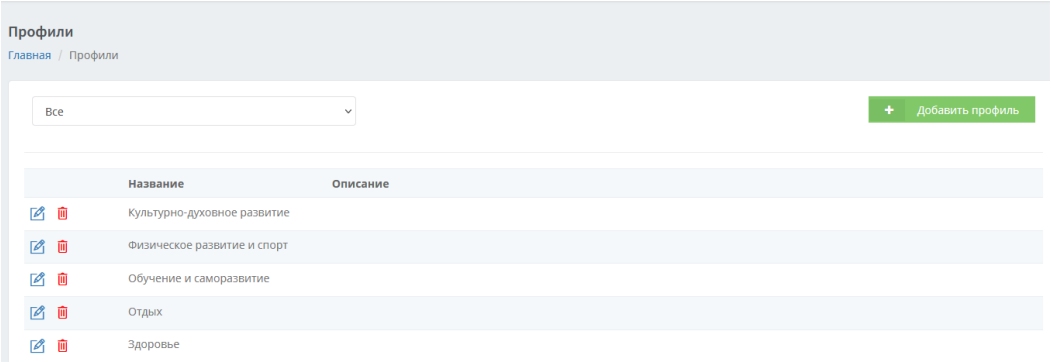


Рисунок 3- Окно работы эксперта – «Профили»

Далее эксперт выбирает один из планируемых направлений, созданный в виде рекомендательных курсов, как показано на рисунке 4, составляющий контент из рекомендаций по развитию человеческого капитала по разным направлением деятельности человека, в рамках которого будут формироваться выражения знаний. Интерфейс позволяет добавить, редактировать или удалить созданный курс с рекомендациями по развитию и самосовершенствованию.

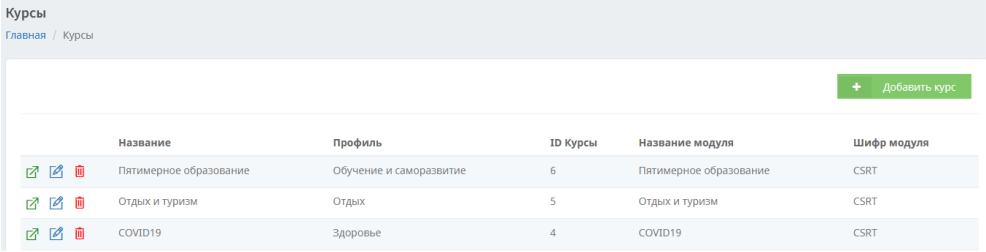


Рисунок 4– Окно работы эксперта – «Курсы»

Следующие два окна среды, представленные на рисунках 5, 6 показано описание и содержимое с полным описанием курсов и проектов. В данном примере речь идет о рекомендациях по здоровью и соблюдение мер безопасности по «COVID-19», для которой эксперт будет формировать знаниевые компоненты.

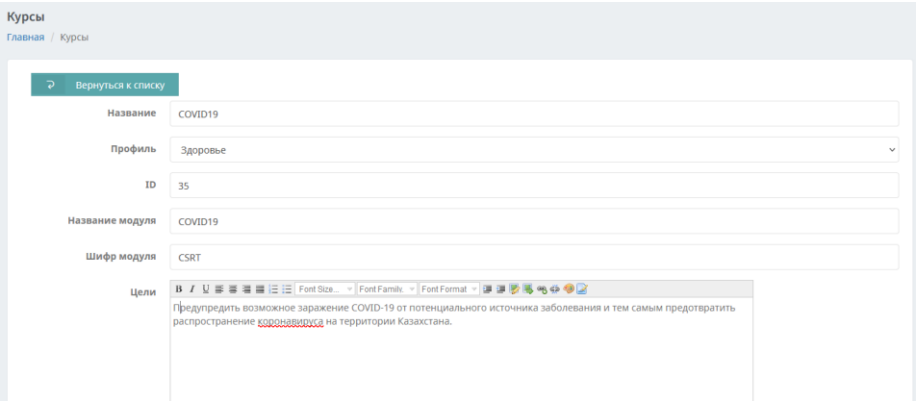


Рисунок 5 – Описание соблюдение мер безопасности по «COVID-19»

Далее, следует этап разработки онтологии опорных понятий, с последующим формированием репозитория интерактивной образовательной Smart-среды по развитию человеческого капитала с выражениями знаний, как проиллюстрировано на рисунке 6.

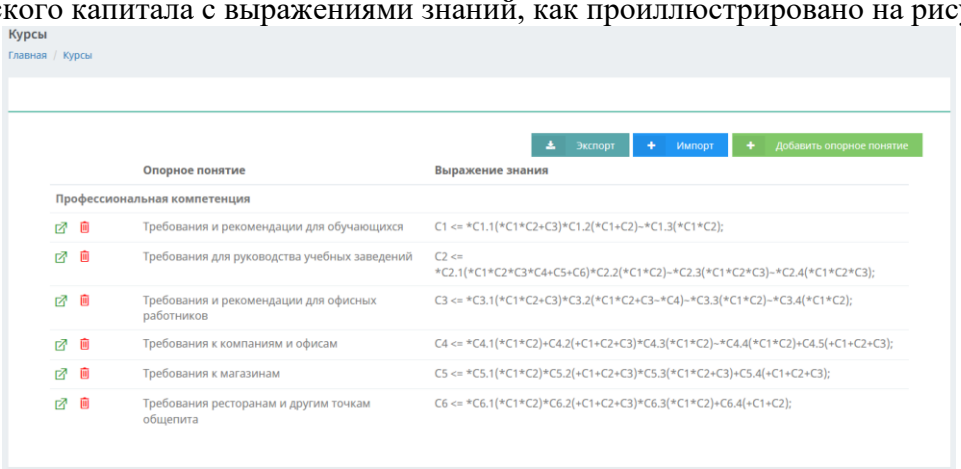


Рисунок 6 – Окно формирования и добавления выражений знаний онтологии опорных понятий

Среда имеет функцию экспорта и импорта созданных опорных понятий и всего остального контента в формате. Json как представлено на рисунке 7. Это дает

возможность выгружать в другие копии системы информацию, передавать ее на локальные версии продукта и управлять резервными копиями в ручном режиме при необходимости.

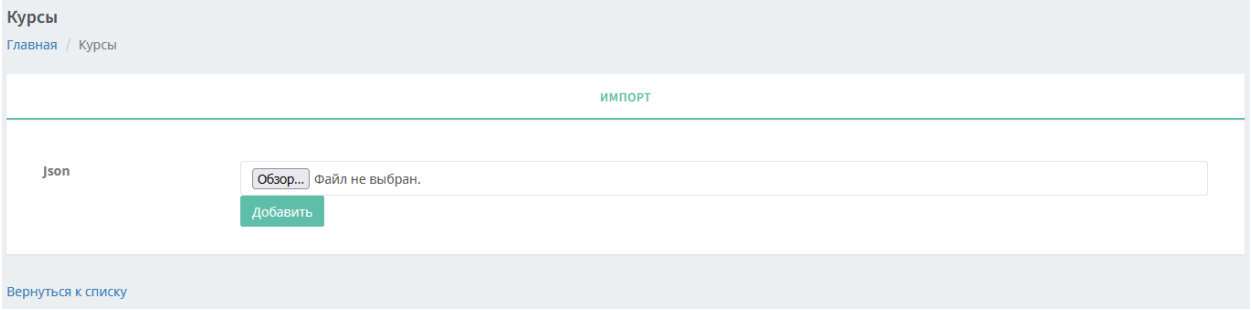


Рисунок 7 – Импорт онтологий и контента в Smart-среде

Рассмотроим подробнее интерфейс создания и редактирования онтологии на примере выражения знаний описанным во второй главе с рекомендациями и требованиями для реководителей учебных заведений при карантине COVID-19.

В интерфейс Smart-системы, в соответсвующее поле введем слудующие выражение знаний:

C2 <= *C2.1(*C1*C2*C3*C4+C5+C6)*C2.2(*C1*C2)~*C2.3(*C1*C2*C3) ~*C2.4(*C1*C2*C3).

После заполнения полей и выбора категорий нажмем кнопку «Построить онтологию», среда покажет выражения знаний онтологии опорных понятий и построит соответствующий реляционный граф каждого из них, как показано на рисунке 8, 9.

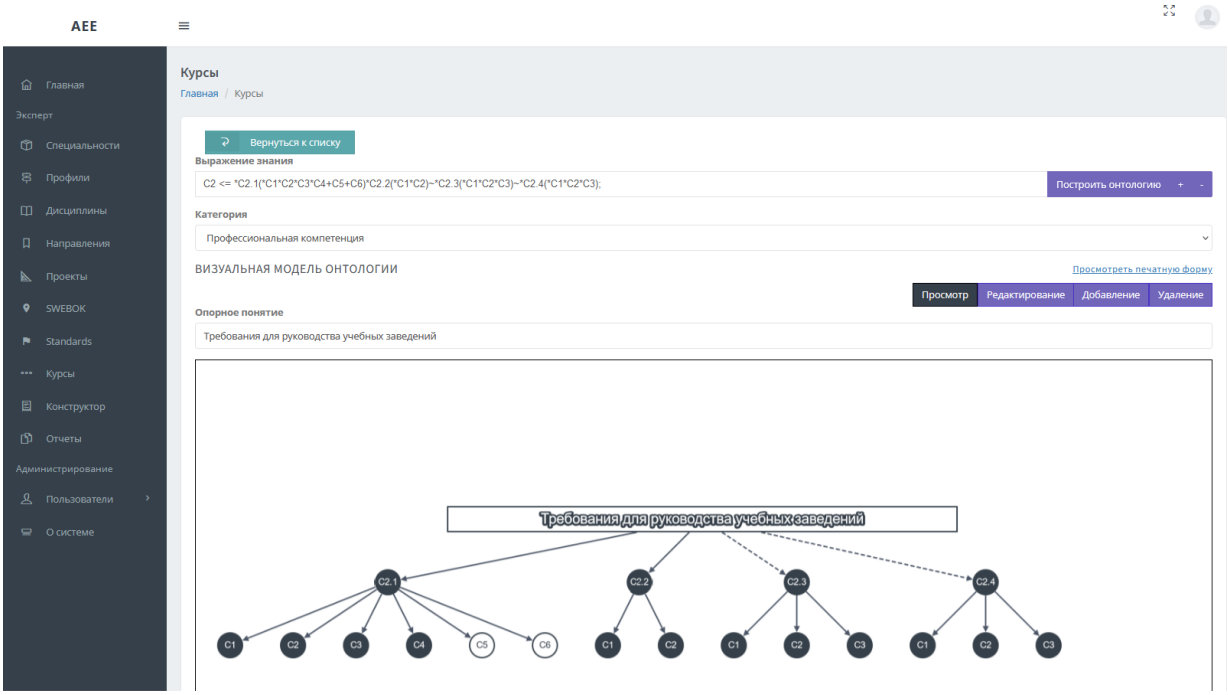


Рисунок 8 – Реляционный граф онтологии опорного понятия «Требования для реководителей учебных заведений»

Рассмотрим более подробно функционал и возможности данной инфраструктурной платформы по развитию человеческого капитала. По мимо основных полей для выбора категории и заполнения информации на странице создания опорного понятия имеются еще дополнительные кнопку которые позволяют увеличивать или уменьшать визуальное отображение графа, для удобавства работы с ним, а так же вариант печатной формы, если необходимо распечатать данную онтологию.

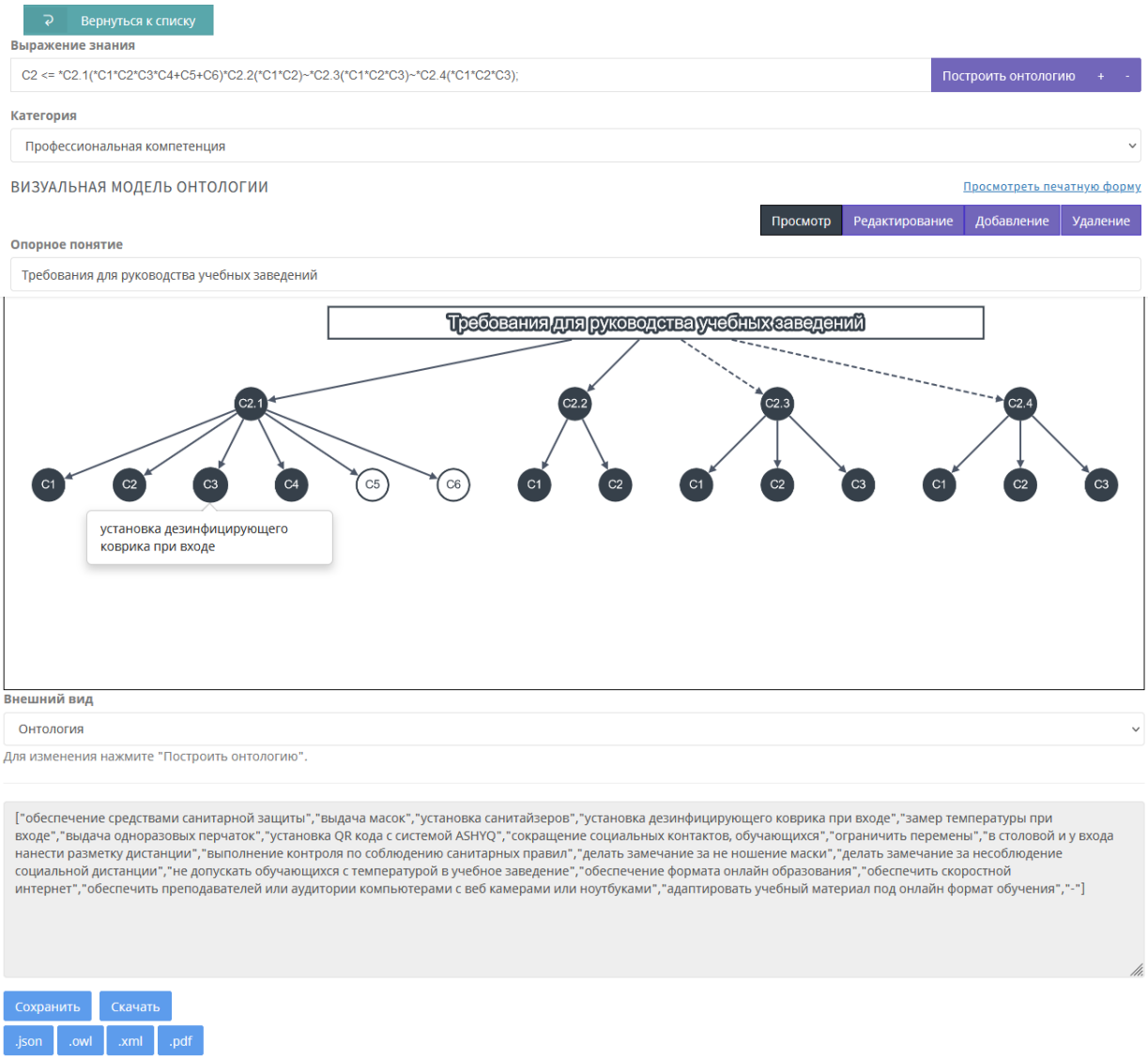


Рисунок 9 –в Smart-среде

При наведении на вершину графа появляется всплывающее окно с описанием и пояснением этой вершины. Описание которых делается в форме, ниже выделенной серым цветом, указывая описание в кавычках через запятую, начиная от верхних вершин идентифицирующих понятий (второй ряд графа), до конкретизирующих понятий (нижний ряд). И в конце сохраняем созданное наше опорное понятие с его полным описанием.

Визуальное отображение онтологии, кроме классического последовательного графа, можно использовать древовидный граф, он представлен на рисунке 10 этого же опорного понятия.

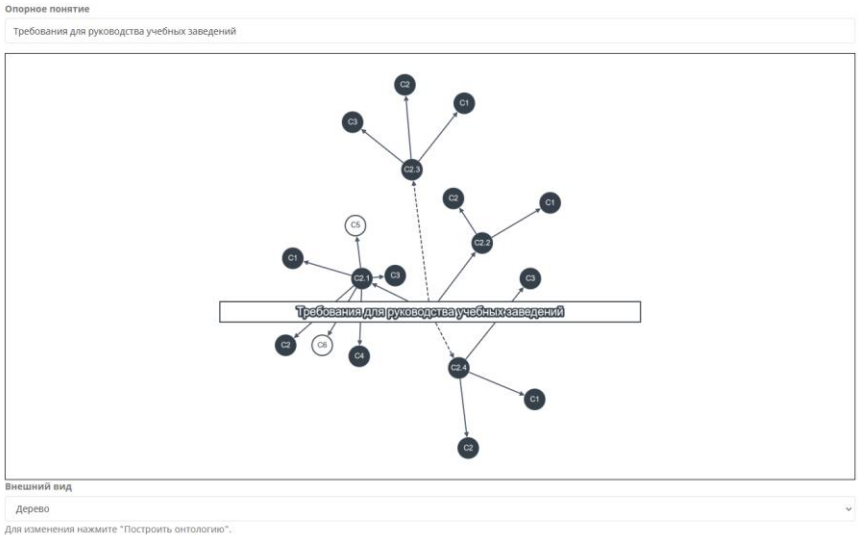


Рисунок 10 – Визуальное отображение графа в виде дерева

Построение онтологии возможно не только через выражение знаний, а еще через разработанный конструктор [12]. На рисунке 11 подробно показано как выбирая мышкой элементы мы можем строить онтологический граф и выражение знаний определяя тип связи обязательный или альтернативный и тип понятия обязательное или необязательное. В верхней области сразу видим пример полученного результата, а в нижней форме добавляем описание.

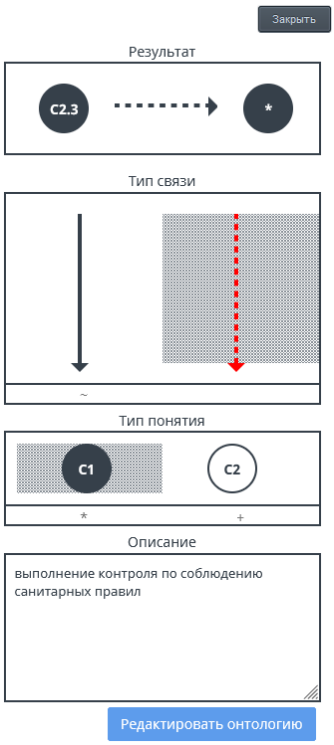


Рисунок 11 – Создание онтологии и выражения знаний в конструкторе

Сохранения выражения знаний с построенной онтологией возможно не только в данной Smart-среде, но и выгрузка в такие форматы как. json, .owl, .xml для дальнейшей обработки или интеграции с другими системами, что делает разработанную среду

универсальной и совместимой с любым проектом. Также имеется выгрузка в .pdf формат для возможности распечатать созданную онтологию с описанием или же выложить в электронном виде на web ресурсе, как показано на рисунке 11.

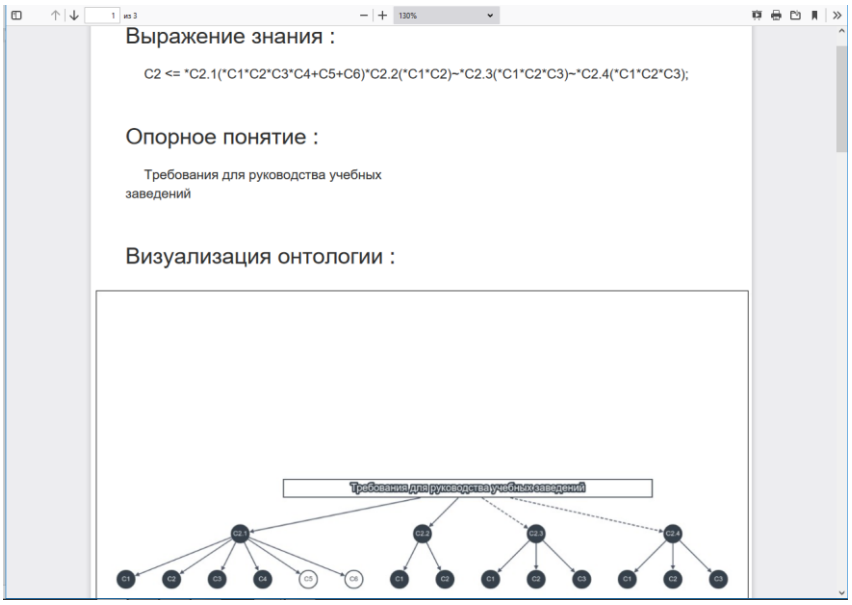


Рисунок 12 – PDF файл опорного понятия скачанный с web-ресурса, сгенерированный автоматически Smart-системой

Заключение.

На основе исследований и разработанных моделях [13] создана инфраструктурная Smart – платформа по развитию человеческого капитала:

1) Проведена опытно-экспериментальная проверка эффективности работы инфраструктурной-образовательной Smart-системы в виде проекта [14].

2) Разработаны рекомендации и правила в сфере пятимерного образования, медицины, отдыха и туризма, которые являются неотъемлемой частью развития человеческого капитала.

3) Проведена интеграция Smart-системы с Казахстанскими информационными порталами, и онлайн школой, совместно с которой проведена апробация и получена статистика спроса

4) Дополнительно создан сайт для популяризации данной платформы и дальнейшего развития методики компетентностного подхода на основе онтологии, как инструментальных средств в сфере образования, медицины, отдыха туризма, бизнеса и д.р.

Работа охватывает парадигму знаний в целом, выявлены новые области научных проблем, которые должны применяться конкретно для Казахстана, который имеет ограниченные технологии и ресурсы в своей текущей системе образования. При внедрении системы в большинство военных учебных заведений Казахстана, будут учтены и доработаны технические требования для полноценного функционирования системы.

Представленные результаты представляют переход к новой образовательной парадигме представления и формализации знаний, в развитии административного механизма посредством активной подготовки и разработки образовательных программ и процессов, доступных широкому кругу военных учебных заведений Республики Казахстан.

Методы исследования, представленные в статье, основываются на онтологическом формировании и анализе знаний, теории графов и объектно-ориентированном программировании, которые успешно реализованы в виде Smart-системы, имеющей web-интерфейс [15-17].

При комбинации предложенных методов были проведены следующие работы:

- представлено решение проблемы перехода на новую информационную базу обучения, основанную на проектно-компетентностной модели организации знаний и онтологическом инжиниринге;
- показана методика описания декларативных знаний предметной области, с использованием концепций проектно-компетентностной подхода, и представлением семантического контекста профессиональных, базовых и дополнительных компетенций в формате онтологии опорных понятий;
- показано представление декларативных знаний предметной области системой опорных понятий, с последующей спецификацией онтологии опорных понятий в виде выражения знания;
- введена концепция сценария обучения по развитию человеческого капитала, основанная на формировании знаниевых трендов из сигнатур компетенций и знаниевых компонент, которые в соответствии с целями обучения, могут подвергаться конфигурированию параметрами Smart-контракта;

Благодарности. Результаты исследований проведены при поддержке Комитета науки Министерство науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках гранта AP09058441 «Построение системы интеллектуального управления процессами разработки и гармонизации стандартов в рамках межгосударственной и национальной стандартизации на основе онтологического инжиниринга»

ЛИТЕРАТУРА

[1] Индекс человеческого капитала 0,63: так ли это плохо для Казахстана? [Электронный ресурс], Опубликовано 13.06.2022 Жансерік Тілеухан, URL: https://factcheck.kz/claim-checking/verdict/indeks-chelovecheskogo-kapitala-063-tak-li-eto-ploxo-dlya-kazaxstana//(дата обращения: 01.05.2022).

[2] Шелепаева, А. Х. От цифровизации к цифровой трансформации военно-профессионального образования//А. Х. Шелепаева, В. Б. Успаленко. – DOI 10.25559/SITITO.17.202101.722//Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2021. – Т. 17, № 1. – С. 145-155. [3]

[3] Цифровой облик армии, статья замминистра обороны РК, Дархан Ахмедиев, [Электронный ресурс], дата публикации 31.07.2022, URL: https://www.zakon.kz/6021051-tsifrovoi-oblik-armii.html.

[4] Бойкова А.В. Использование информационных технологий в образовательном процессе военного вуза//Интернет-журнал «Мир науки» 2017, Том 5, номер 6 URL: https://mir-nauki.com/PDF/96PDMN617.pdf.

[5]. Всемирная инициатива CDIO. Стандарты: информационно-методическое издание//Пер. с англ. и ред. А.И. Чучалина, Т.С. Петровской, Е.С. Кулюкиной. – Томск: ТПУ, 2011. – 17 с.

[6] Гаврилова Т.А. Онтологический подход к управлению знаниями при разработке корпоративных систем автоматизации/ Новости искусственного интеллекта.-2003.-№2.- с.24-30.

[7] Цуканова Н.И. Онтологическая модель представления и организации знаний. Учебное пособие для вузов. - М.: Горячая линия-Телеком, 2015. - с.272

[8] Нариньяни А.С. Кентавр по имени ТЕОН: Тезаурус + Онтология//Труды Международной конференции. - М.: ДИАЛОГ-2001. с.184-188.

[9] Гаврилова Т.А. Язык визуального представления знаний и его место в CASE-технологии // Журнал Известия РАН, Теория и системы управления, N2. – с.146-151.

[10] Kubekov, B., Naumenko, V., & Ibraimkulov, A., (2020). Planning of the knowledge, content of the educational program, using ontological engineering and, design-competence approach. Scientific, Journal of Astana IT University, (1), 84-95., https://doi.org/10.37943/AITU.2020.1.63684

[11] Wojcik, W., Kubekov, B., Naumenko, V., Toibayeva, S., Utegenova, A.Project - Competency based approach and the ontological model of knowledge representation of the planned learning, International Journal of Electronics and Telecommunicationsthis link is disabled, 2019, 65(1), pp. 45–49

[12] Kubekov, B., Utegenova, A., Bobrov, L., Naumenko, V., Ibraimkulov, A., Ontologic design of software engineering knowledge area knowledge components, , Advances in Science, Technology and Engineering Systems, 2020, 5(4), pp. 30–34

[13] Kubekov, B., Bobrov, L., Utegenova, A., Naumenko, V., Ibraimkulov, A.Ontologic design of software engineering knowledge area knowledge components, Advances in Science, Technology and Engineering Systems, 2020, 5(4), стр. 30–34, Режим доступа: URL: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56826094200

[14] Кубеков Б.С., Ускенбаева Р.К., Науменко В.В. Роль smart технологий в развитие человеческого капитала и современного подхода к образованию International Journal of Information and Communication Technologies, Vol.1, Issue 3,56-62.

[15] Wojcik W., Kubekov B., Naumenko V., Narynov S., Toibayeva S., Utegenova A. Project - competency based approach and the ontological model of knowledge representation of the planned learning. INTL Journal of Electronics and Telecommunications. - 2019. - Vol. 65, no. 1.- p.45-49. February 2019, Warsaw University of Technology, Institute of Electronic Systems.
DOI:10.24425/123564//Режимдоступа:URL:
https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56826094200.

[16] Кубеков Б.С., Ашимов У.Б., Утегенова А.У., Науменко В.В., Аленова Р.А. Инновационная модель отображения знаний инженерного обучения. Вестник КазНИТУ им. К.И. Сатпаева. Секция - технические науки, №2, 2019, с.95-100. ISSN 1680-9211. Режим доступа:URL: https://official.satbayev.university/ru/research/vestnik-satbayev-university/publications

[17] B.Kubekov, A.Utegenova, V.Naumenko, N.Zhaksybaeva, R. Alenova. Methodology of formation of educational resources on the basis of ontology. IEEE 12th International Conference on Application of information and communication technologies-AICT2018, Almaty, Kazakhstan, 17-19 October 2018. P.408-413.

Anar Utegenova, PhD, associate professor, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, an.utegenova@aues.kz

Gulnaz Yermoldina, master's degree, senior researcher, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Almaty, Kazakhstan, gulerm@mail.ru

Akylbek Bapyshev, master's degree, senior lecturer, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, a.bapyshev@aues.kz

Vitaly Naumenko, master's degree, senior lecturer, Turan University, Almaty, Kazakhstan, naumenko.v5@mail.ru

Alisher Alisher, master's degree, lecturer, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, a.aden@aues.kz

ONTOLOGICAL MODEL OF KNOWLEDGE REPRESENTATION AND ORGANIZATION, TAKING INTO ACCOUNT THE RECOMMENDATIONS OF INTERNATIONAL STANDARDS IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF THE MILITARY UNIVERSITY

Annotation. This article investigates and develops an innovative methodology for visual representation, organization of knowledge and models on human capital development, based on the ontological model and engineering, in order to form knowledge expressions and database, as well as relevant knowledge components, with their subsequent use for designing knowledge content on human capital development and the individual trajectory of the learner.

Keywords. Ontological model, standards, educational process, ontological engineering, information technology.

Анар Утегенова, PhD, доцент, Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан, an.utegenova@aues.kz

Гульназ Ермолдина, магистр, аға ғылыми қызметкер, ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан, gulerm@mail.ru

Ақылбек Бапышев, магистр, аға оқытушы, Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан, a.bapyshev@aues.kz

Виталий Науменко, магистр, аға оқытушы, Тұран университеті, Алматы, Қазақстан, naumenko.v5@mail.ru

Алишер Аден, магистр, дәріскер, Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан, a.aden@aues.kz

ӘСКЕРИ УНИВЕРСИТЕТТІҢ БІЛІМ БЕРУ ПРОЦЕСІНДЕ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ СТАНДАРТТАРДЫҢ ҰСЫНЫМДАРЫН ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП, БІЛІМДІ ҰСЫНУ МЕН ҰЙЫМДАСТЫРУДЫҢ ОНТОЛОГИЯЛЫҚ МОДЕЛІ

Аңдатпа. Бұл мақалада онтологиялық модель мен инжинирингке негізделген адами капиталды дамыту бойынша білім мен модельдерді көрнекі түрде ұсынудың, ұйымдастырудың инновациялық әдістемесі зерттеліп, әзірленді, білім мен мәліметтер базасының көріністерін, сондай-ақ тиісті білім компоненттерін қалыптастыру мақсатында, оларды кейіннен адами капиталды және білім алушының жеке траекториясын дамыту бойынша білім мазмұнын жобалау үшін пайдалану.

Түйінді сөздер. Онтологиялық модель, стандарттар, білім беру процесі, онтологиялық инженерия, ақпараттық технологиялар.

****

УДК.656.25(075) **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-319-329**

К.М. Сансызбай[2], Б.М. Ведерников[2], Л.Т. Тасболатова[1], М.Б. Орунбеков[2], Ж.Е. Шукаманов[2]
[1]Satbayev University, Алматы, Казахстан
[2]Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан
E-mail: l.tasbolatova@alt.edu.kz

ВЛИЯНИЕ АСИММЕТРИИ ТЯГОВОГО ТОКА НА УСТОЙЧИВОСТЬ АППАРАТУРЫ РЦ И АЛС

Аннотация. Наиболее сильное влияние на устойчивость работы рельсовых цепей и автоматической локомотивной сигнализации оказывают помехи от тягового, создаваемые разностью тяговых токов (асимметрией) в рельсовых нитях. Причиной возникновения такой асимметрий является продольная и поперечная асимметрия сопротивлений рельсовых нитей. Представлены аналитические выражения для вычисления продольных сопротивлений рельсовых нитей в рельсовой линии согласно предложенной методике рельсовой тяговой сети. Отмечено важность проведения измерений в задачах электромагнитной совместимости аппаратуры рельсовых цепей и автоматической локомотивной сигнализации с тяговыми сетями для выявления причин увеличения интенсивности сбоев в работе этой аппаратуры при воздействии помех от тягового тока на определенном участке для разработки мер для ее снижения. Сложность измерений параметров рельсовых линий при эксплуатации заключается, прежде всего, в невозможности выделения из линий многочисленных элементов для определения их электрического сопротивления. Поэтому предложено широко использовать методы косвенных измерений и способы неразрушающего контроля. Рассмотрены запатентованные способы измерения и/или контроля параметров при эксплуатации тяговой рельсовой сети, в частности способы контроля цепей заземления опор контактной сети, подключаемых к рельсам.

Ключевые слова. Рельсовая линия, измерение асимметрии тягового тока, помехи, электрические сопротивления.

Введение.

Безопасность на железнодорожном транспорте одна из центральных понятий, которая обеспечивается комплексом организационных и технических мероприятий, направленных на защиту жизни и здоровья граждан, охрану окружающей среды, создание условий безаварийной работы организаций железнодорожного транспорта, содержание в исправном состоянии железнодорожных путей, подвижного состава, сооружений, оборудования, механизмов и приспособлений.

Для достижения требуемого уровня полноты безопасности должны применяться соответствующие конструкционные, производственные и эксплуатационные способы в оптимальном их сочетании, например защита систем от влияния внешних воздействующих факторов, виды и кратности резервирования, защита от деградации и реконфигурации структуры систем, требования к импортируемому оборудованию, защита информации, требования к процессу разработки и сопровождения программного обеспечения, к квалификации эксплуатационного и обслуживающего персонала.

В общем случае с учетом степени риска системы должны обеспечивать выполнение следующих минимально необходимых требований: функциональная и

информационная безопасность; надежность; электромагнитная совместимость; требования к органам управления, к сигнальным устройствам и устройствам защитных ограждений; электро-, механическая и пожарная безопасность, безопасность излучений.

Из этого неполного перечня требований в этой статье будет затронуты вопросы обеспечения электромагнитной совместимости систем железнодорожной автоматики и телемеханики и их элементов. Ведь модернизация существующих систем автоматики и телемеханики, которая сейчас ведется в АО «НК «КТЖ» в рамках стратегии инновационного развития железнодорожного транспорта «Цифровая железная дорога» (2019-2023 гг.) [1] требует немалых затрат сил и ресурсов. Внедрение микропроцессорных систем требуют огромных средств, их внедрение на определенных участках должно быть обосновано объемами перевозок на данном участке (вопросы окупаемости и целесообразности) и для их полного внедрения нужно время: начиная со стадии проектирования, строительства, проведения пусконаладочных работы и т.д. Поэтому повышение работы рельсовых цепей является одним из основных задач на сегодняшний день, о чем говорит приведенная статистика в [2, 3].

Устройства железнодорожной автоматики и телемеханики, являясь важнейшими элементами технического вооружения железнодорожного транспорта, позволяют эффективно решать задачи перевозочного процесса, способствуя увеличению пропускной способности железнодорожных линий, бесперебойную связь между всеми подразделениями железнодорожного транспорта, также должны обеспечивать безопасность движения поездов. И одним из таких элементов систем железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) являются рельсовые цепи и устройства автоматической локомотивной сигнализации, которые являются основным каналом передачи информации на локомотив о состояний впереди лежащего блок-участка, о целостности рельсовой нити и т.д.

Таким образом, статья посвящена увеличению безопасности движения поездов, путем обеспечения надежной работы рельсовых цепей, обеспечения функционирования в пределах установленных требований в сложной электромагнитной обстановке вокруг них.

Материалы и методы.

Для анализа работы рельсовых цепей в различных режимах работы применяются способы измерения электрических параметров рельсовых линий [4], которые проводятся с целью определения значения сопротивления рельсовой цепи, ограниченного изолирующими стыками для сигнального тока. Использование данных способов на участках с электротягой усложняется в связи с необходимостью предусматривать меры для исключения влияния помех от тягового тока на результаты измерений.

Появление сильных помех на работу приемо-передающей аппаратуры автоматики связано использованием рельсовых цепей для одновременного пропуска сигнальных и тяговых токов, величина последнего которых на порядок больше сигнальных. Возникновение помех может вызвать ложно переключение огней светофоров, перекрытие перед движущимся поездом разрешающего показания сигнала на запрещающее показание вызывает необходимость применения экстренного торможения состава, что в свою очередь приводит к увеличению вероятности появления аварийных ситуаций, снижению пропускной, соответственно провозной способности участков железных дорог [5, 6].

Целью измерений в задачах электромагнитной совместимости аппаратуры рельсовых цепей и автоматической локомотивной сигнализации с тяговыми сетями

является выявление причин увеличения интенсивности сбоев в работе этой аппаратуры при воздействии помех от тягового тока на определенном участке для разработки мер для ее снижения. К тому же процессы растекания тяговых и сигнальных токов по рельсовым линиям значительно различаются: сигнальный ток протекает в пределах одной рельсовой цепи, ограниченной изолирующими стыками, в то время как для пропуска обратного тягового тока, которые отличаются частотой от сигнального тока, предусмотрены дроссель-трансформаторы. В связи с этим необходимо разработать специальные способы электрических измерений в рельсовых линиях.

Для сигнального тока рельсовую линию рассматривают как два электрических провода, обладающих низким сопротивлением между собой r_1 и r_2 и низким сопротивлением изоляции по отношению к земле $r_{из}$, которая имеет источник питания и приемник. В каждой рельсовой нити РЦ протекают разнонаправленные сигнальные токи, что позволяет нам сделать вывод о влиянии взаимной индукции между ними на их сопротивление при наличии излома одной из рельсовых нитей.

При этом для тягового тока рельсовую линию необходимо представить в виде однонаправленных электрических линий, из чего можно заключить что в протекающие в каждом из рельсовых нитей тяговые токи имеют одно и то же направление, поэтому на сопротивления каждого провода существенно влияют взаимные индуктивности с другими ток несущими линиями тяговой сети [6, 7].

Тяговую рельсовую сеть можно представить в виде электрической схемы, которая приведена на рисунке 1.

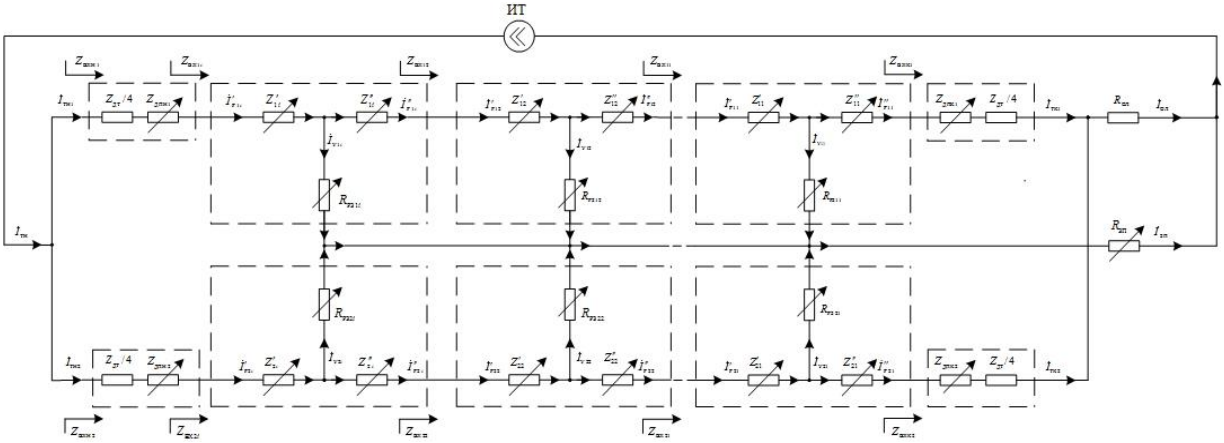


Рисунок 1 – Расчетная модель рельсовой тяговой линии

Отрезки рельсовых нитей рельсовой линии представлены в виде Т-образных схем замещения, т.е. в виде трехполюсников для протекающего тягового тока. Между центром трехполюсника и его началом слева на схеме расположено сопротивление Z'_{1n}, моделирующее сопротивление половины отрезка рельсовой нити с того её конца, в которую тяговый ток втекает. Между центром трехполюсника и его концом справа на схеме расположено сопротивление Z''_{1n}, моделирующее сопротивление половины того конца отрезка рельсовой нити, из которого тяговый ток вытекает. В общем случае $Z'_{1n} \neq Z''_{2n}$. Сопротивлениями $R_{РЗ}$ моделируются электрические сопротивления отрезков рельсов по отношению к земле.

На рисунке 1 приняты следующие условные обозначения: $Z_{\text{ВХН1}}$, $Z_{\text{ВХН2}}$– входные сопротивления соответственно первой и второй рельсовых нитей в начале рельсовой линии;

$Z_{\text{ВХ11}}$, $Z_{\text{ВХ12}}$, …, $Z_{\text{ВХ1}i}$, – входные сопротивления первого, второго, ..., i-го отрезков первой рельсовой нити рельсовой линии;

$Z_{\text{ВХ21}}$, $Z_{\text{ВХ22}}$, $Z_{\text{ВХ2}i}$, – входные сопротивления первого, второго, ..., i-го отрезков второй рельсовой нити рельсовой линии;

$Z_{\text{ВХК1}}$, $Z_{\text{ВХК2}}$ – входные сопротивления двухполюсников на концах соответственно первой и второй рельсовых нитей;

$Z_{\text{ДТ}}$– сопротивление основной обмотки дроссель-трансформатора;

$Z_{\text{ДПН1}}$, $Z_{\text{ДПК1}}$– сопротивления дроссельных перемычек соответственно в начале и конце первой рельсовой нити;

$Z_{\text{ДПН2}}$, $Z_{\text{ДПК2}}$– сопротивления дроссельных перемычек соответственно в начале и конце второй рельсовой нити;

$Z_{\text{Р311}}, Z_{\text{Р312}}, \ldots, Z_{\text{Р31}i}$, – сопротивления рельсов по отношению к земле первого, второго, …, i-го отрезков первой рельсовой нити рельсовой линии;

$Z_{\text{Р321}}, Z_{\text{Р322}}, \ldots, Z_{\text{Р32}i}$, – сопротивления рельсов по отношению к земле первого, второго, …, i-го отрезков второй рельсовой нити рельсовой линии;

Z'_{11}, Z''_{11}; Z'_{12}, Z''_{12}; …; Z'_{1i}, Z''_{1i} – сопротивления половин первого, второго, …, i-го отрезков рельсовых нитей первой рельсовой нити в Т- образной схеме её замещения;

Z'_{21}, Z''_{21}; Z'_{22}, Z''_{22}; …; Z'_{2i}, Z''_{2i} – сопротивления половин первого, второго, …,i-го отрезков рельсовых нитей второй рельсовой нити в Т- образной схеме замещения.

$R_{\text{ол}}$ – сопротивление отсасывающей линии тяговой подстанции;

$R_{\text{зп}}$ – сопротивление контура заземления тяговой подстанции.

Встречное протекание тяговых токов по секциям основных обмоток дроссель-трансформаторов и встречное включение приемных локомотивных катушек является одним из способов защиты аппаратуры рельсовых цепей и автоматической локомотивной сигнализации. И если протекаемые тяговые токи равны между собой, то они не оказывают влияние на аппаратуру РЦ и АЛС. Однако на практике равенство тяговых токов в рельсовых нитях рельсовой линии всегда различается. Такая разность тяговых токов может возникнуть из-за наличия продольного или поперечного сопротивлений. С этой целью проводятся измерения сопротивлений токопроводящих и изолирующих элементов рельсовых линий, отличающихся определенной специфичностью.

При определении уровня помех на аппаратуру РЦ из-за того что при одном и том же значении коэффициента асимметрии тягового тока абсолютное значение может быть разной, поэтому нормирование допустимого уровня помех по величине асимметрии тягового тока не используется. На практике для этой цели пользуются относительной асимметрией тягового тока, которая определяется отношением разности сопротивлений рельсовых линий ограниченной изолирующими стыками рельсовой цепи к их сумме. По нижеприведенному выражению можно найти сопротивление рельсовых нитей с учетом физических и электрохимических процессов, происходящих в них [5]:

$$Z_{\text{рн1}} = z_{\text{р}} l + \sum_k \frac{I_{\text{т}m}}{I_{\text{т1}}} Z_{\text{м1}m} l + \sum_p \frac{I_{\text{к}j}}{I_{\text{т1}}} Z_{\text{м1}kj} l + \sum \frac{I_{\text{вл}}}{I_{\text{т1}}} Z_{\text{м1вл}} l + \sum_q Z_{\text{тс1}i} + Z_{\text{дп11}} + Z_{\text{дп12}} + 0{,}25 Z_{\text{дт}} \quad (1)$$

$$Z_{рн2} = z_р l + \sum_k \frac{I_{тm}}{I_{т2}} Z_{м2m} l + \sum_p \frac{I_{кj}}{I_{т2}} Z_{м2kj} l + \sum \frac{I_{вл}}{I_{т2}} Z_{м2вл} l + \sum_q Z_{тс2i} + Z_{дп21} + Z_{дп22} + 0{,}25 Z_{дт}; \quad (2)$$

где, l – длина рельсовой цепи;

$z_р$ – удельное сопротивление сплошных рельсов;

$\sum_k \frac{I_{тm}}{I_{т1}} Z_{м1m}$, $\sum_k \frac{I_{тm}}{I_{т2}} Z_{м2m}$ - суммы сопротивлений взаимной индуктивности первой и второй рельсовых нитей рассматриваемой рельсовой линии с другими рельсовыми нитями;

$Z_{м1m} = Z_{м2m}$ - удельные сопротивления взаимной индуктивности между рельсовыми нитями;

$\sum_p \frac{I_{кj}}{I_{т1}} Z_{м1kj}$, $\sum_p \frac{I_{кj}}{I_{т2}} Z_{м2kj}$ - суммы сопротивлений взаимной индуктивности первой и второй рельсовых нитей рассматриваемой рельсовой линии с контактными проводами;

$Z_{м1kj}, Z_{м2kj}$ – удельные сопротивления взаимной индуктивности рельсовых нитей с контактными проводами;

$\sum \frac{I_{вл}}{I_{т1}} Z_{м1вл}$, $\sum \frac{I_{вл}}{I_{т1}} Z_{м1вл}$ – суммы сопротивлений взаимной индуктивности первой и второй рельсовых нитей рассматриваемой рельсовой линии с эквивалентным средним проводом высоковольтной линии электроснабжения;

$Z_{м1вл}, Z_{м2вл}$ - удельные сопротивления взаимной индуктивности рельсовых нитей с эквивалентным средним проводом высоковольтной линии электроснабжения;

$\sum_q Z_{тс1i}$, $\sum_q Z_{тс2i}$ - суммы сопротивлений токопроводящих стыков в первой и второй рельсовых нитях;

$Z_{дп11}, Z_{дп12}, Z_{дп21}, Z_{дп22}$ - сопротивления дроссельных перемычек в первой и второй рельсовой нити;

$Z_{дт}$ - сопротивление основной обмотки дроссель-трансформатора;

$\dot{I}_{т1}, \dot{I}_{т2}$ – тяговые токи в первой и второй рельсовых нитях.

$\dot{I}_{тm}$- тяговый ток в m-й рельсовой нити;

$\dot{I}_{кj}$- тяговый ток в j-ом контактном проводе;

$\dot{I}_{вл}$- ток в эквивалентном среднем проводе высоковольтной линии электроснабжения;

k - количество рельсовых нитей, не считая рассматриваемой;

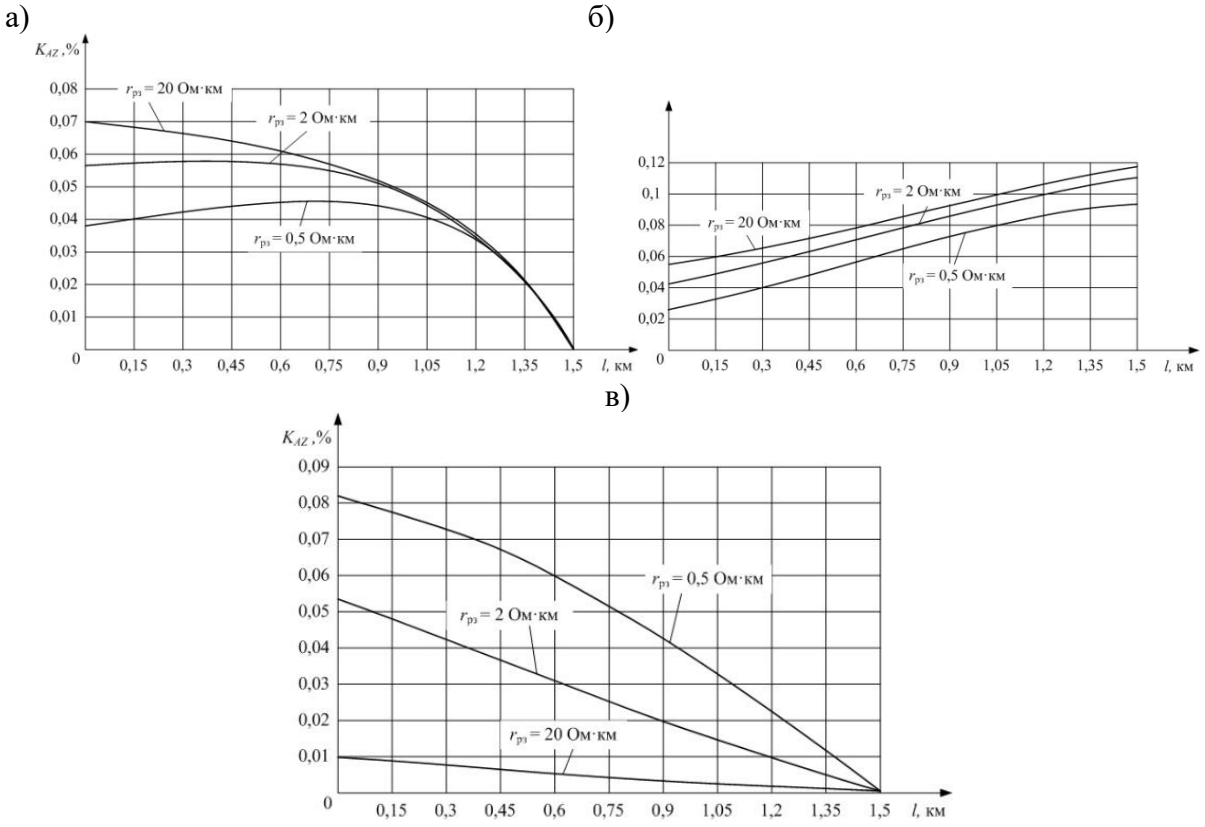
p - количество контактных проводов;

q - количество токопроводящих стыков.

Указанная расчетная модель и приведенные выражения позволяют определить значение продольной и поперечной асимметрии тягового тока в рельсовых цепях.

Результаты и обсуждения.

Результаты расчета поперечной и продольной асимметрии тягового тока согласно эквивалентной схеме (рисунок 1) показаны на рисунке 2.



а) изменение коэффициента асимметрии входных сопротивлений рельсовых нитей при их продольной асимметрии; б) изменение асимметрии тягового тока в рельсовых цепях с продольной асимметрией рельсовых нитей; в) распределение коэффициента асимметрии входных сопротивлений рельсовых нитей при их поперечной асимметрии.

Рисунок 2 – Расчет продольной и поперечной асимметрий тягового токов:

Результаты измерения получены при различных значения сопротивления балласта $r_{РЗ} = 0{,}5/2/20$ Ом·км. В случае, когда сопротивление по отношению к земле максимально влияние продольной асимметрии рельсовой цепи проявляется наиболее сильно, обратная картина имеет место при учете поперечной асимметрии тягового тока. Во всех случаях видно, что полученные значения превышают допускаемые уровни, поэтому разработка способов измерения электрических параметров РЦ и определение причины появления продольной/поперечной асимметрии РЦ имеет важное значение. Ниже приведен один из таких запатентованных способов контроля состояния цепей заземления, подключаемых к рельсам.

Уменьшение входных сопротивлений цепей заземления в цепях включения различных конструкций к рельсам является причиной возникновения поперечной асимметрии [5-7]. Это связано с пробитием искровых промежутков, которые служат для разделения рельсов от цепей заземления. Нахождение в пробитом состоянии неопределенно долгое время связано с тем, что в таких цепях нет устройств дистанционного контроля их состояния. Кроме того, входного контроля исправности искровых промежутков, приходящих с заводов и устанавливаемых в эксплуатацию, нет. Поэтому пробитые искровые промежутки могут заменяться новыми уже неисправными.

При подключении цепей заземления опор контактной сети к одной из рельсовых нитей искровые промежутки служат для разделения рельсов от высоковольтной тяговой сети. В результате все работы по ручному контролю состояния цепей рассматриваемых цепей заземления отличаются относительной сложностью и большой трудоемкостью,

так как они должны проводиться с выполнением всех требований к работам в высоковольтных сетях электроснабжения. Это определяет необходимость разработки более простых и менее трудоемких способов выполнения рассматриваемых работ.

Существующий способ контроля поперечной асимметрии рельсовой линии в РЦ по состоянию ее токопроводящих элементов не дает возможность определить точное местоположение неисправного элемента, т.е. не позволяет определять, в каких именно опорах контактной сети понижение входных сопротивлений их цепей заземления вызвали это.

Существует также метод контроля состояния цепей заземления опор контактной сети, подключаемых к рельсам, который имеет ряд недостатков: реализация способа контроля достаточно трудоемкий процесс, который требует наличия высококвалифицированных работников других служб, в частности энергетического снабжения [9]. Определить, что именно пониженное сопротивление измеряемых цепей заземления послужило причиной появления асимметрии тягового тока по этому методу нельзя.

С целью диагностики и мониторинга состояния цепей заземления на рельсы опор контактной сети предлагается следующий способ [10], реализация которого основана на использовании более простых электрических измерений в низковольтных сетях с последующими несложными вычислениями. Способ позволяет выявлять неисправную цепь заземления и определить ту степень влияния выявленной неисправности на величину асимметрии тягового тока в рельсовой линии.

Измерение падения напряжения на отрезках рельсов осуществляется на фиксированных длинах как это показано на рисунке 3.

а) б)

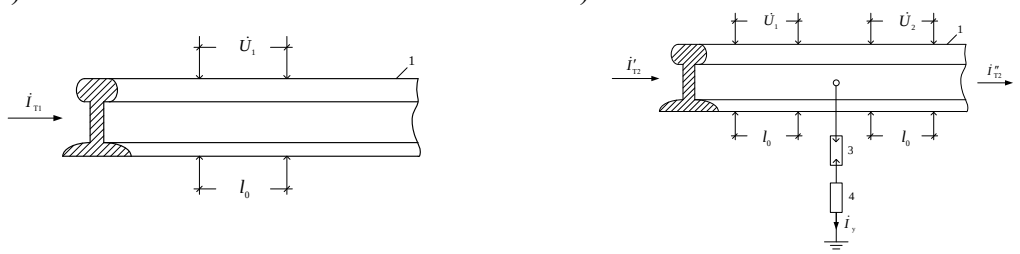


Рисунок 3 – Способ измерения цепей заземления в рельсовых нитях: а) в первой рельсовой нити; б) во второй рельсовой нити

Ко второму рельсу рельсовой линии, состоящей из рельсовых нитей 1 и 2, подключаются цепь заземления 4 опор контактной сети через искровой промежуток 3. Для диагностики состояния этой цепи заземления измеряют падения напряжения U_1 и U_2 на участках рельса 2 фиксированной длины l_0 по разные стороны от места подключения к рельсу цепи заземления 4. Измеряют также падение напряжения U_3 на участке фиксированной длины l_0 рельса 1.

Величина напряжения U_1 пропорциональна величине тягового тока $\dot{I}'_{т2}$ в рельсе 2 при указанном направлении его движения перед местом подключения к этому рельсу цепи заземления 4

$$U_1 = z_p \cdot \dot{I}'_{т2}, \tag{3}$$

где z_p - сопротивление отрезка рельса длиной l_0.

Величина напряжения U_2 пропорциональна величине тягового тока $\dot{I}''_{т2}$ в рельсе 2 после места подключения к этому рельсу, цепи заземления 4

$$U_2 = z_p \cdot \dot{I}''_{т2} = z_p\left(\dot{I}'_{т2} - \dot{I}_{ту}\right), \tag{4}$$

где $\dot{I}_{ту}$ - величина утечки тягового тока в землю через цепи заземления 4.

Величина напряжения U_3 пропорциональна величине тягового тока $\dot{I}'_{т1}$ в рельсе 1

$$U_3 = z_p \cdot \dot{I}'_{т1}\,. \tag{5}$$

При рассматриваемом на фигуре направлении протекания тягового тока в рельсах и наличии утечки тягового тока в землю через цепь заземления, когда $U_1 > U_2$. В таком случае после измерения напряжений, используя полученные данные по величинам U_1 и U_2, находят отношение разности этих напряжений к напряжению с большей величиной

$$\frac{U_1 - U_2}{U_1} = \frac{z_p \cdot I'_{т2} - z_p(I'_{т2} - I_{ту})}{z_p \cdot I'_{т2}} = \frac{I_{ту}}{I'_{т2}}. \tag{6}$$

Следовательно, эти несложные измерения и вычисления позволяют найти, какая относительная часть тягового тока из рельса 2 утекает в землю через цепь заземления 4 опоры контактной сети.

Далее для определения разности в величинах коэффициентов асимметрии тягового тока и в рельсовой линии с рельсами 1 и 2 до $k'_{АТ}$ и после $k''_{АТ}$ места подключения к рельсам 2 цепи заземления 4, а также разности этих коэффициентов $\Delta k_{АТ}$ проводят, с учетом (3), (4) и (5), следующие вычисления

$$\left|\frac{U_3 - U_2}{U_3 + U_2}\right| - \left|\frac{U_3 - U_1}{U_3 + U_1}\right| = \left|\frac{z_р \dot{I}_{Т1} - z_р \dot{I}''_{Т2}}{z_р \dot{I}_{Т1} + z_р \dot{I}''_{Т2}}\right| - \left|\frac{z_р \dot{I}_{Т1} - z_р \dot{I}'_{Т2}}{z_р \dot{I}_{Т1} + z_р \dot{I}'_{Т2}}\right| = \left|\frac{\dot{I}_{Т1} - \dot{I}''_{Т2}}{\dot{I}_{Т1} + \dot{I}''_{Т2}}\right| - \left|\frac{\dot{I}_{Т1} - \dot{I}'_{Т2}}{\dot{I}_{Т1} + \dot{I}'_{Т2}}\right|$$
$$= k''_{АТ} - k'_{АТ} = \Delta k_{АТ}. \tag{7}$$

Таким образом, применение запатентованного способа [10] обеспечивает возможность достаточно просто устанавливать не только состояние подключаемой к рельсам цепи заземления опоры контактной сети. Способ [10] позволяет также определять степень влияния утечки тягового тока через неисправную цепь заземления на величину асимметрии тягового тока в рельсовой линии в этой точке пути а, следовательно, и на устойчивость работы аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации при проследовании головным электровозом поезда мимо этой точки.

Эта информация получается проведением простых измерений в низковольтных электрических цепях с последующими простейшими вычислениями вместо трудоемких прямых измерений входных сопротивлений цепей заземления опор контактной сети с выполнением всех требований к работам в высоковольтных электрических сетях.

Использование рассматриваемого способа в условиях эксплуатации рельсовых цепей на участках железных дорог, электрифицированных на переменном токе, подтвердили его корректность, простоту и высокую эффективность.

Заключение.

В статье рассмотрены вопросы увеличения безопасности движения поездов, путем обеспечения надежной работы рельсовых цепей, обеспечения функционирования

в пределах установленных требований в сложной электромагнитной обстановке вокруг них.

Приведенная схема рельсовой тяговой сети и выражения для измерения продольных и поперечных асимметрий позволяет учитывать множество факторов, которые влияют на их работу. Простота измерения в низковольтных электрических цепях с последующими простейшими вычислениями вместо трудоемких прямых измерений входных сопротивлений цепей заземления опор контактной сети в предложенном способе контроля состояния цепей заземления контактных опор является достоинством данного метода.

Алгоритмы расчетов по результатам измерений предлагаемыми способами просты. В связи с этим для обслуживающего персонала следует разработать универсальный измерительный прибор с применением микропроцессоров, обеспечивающих автоматическую интерпретацию результатов измерения.

Финансирование. Статья выполнена в рамках проекта AP13068231 «Исследование и разработка алгоритмов работы национальной системы микропроцессорной централизаций стрелок и сигналов».

ЛИТЕРАТУРА

[1] Программа «Цифровая железная дорога» АО “НК “ҚТЖ” (2019-2023гг.) http://miid.gov.kz/ru/

[2] Концепции модернизации и производства систем железнодорожной автоматики и телемеханики. – Астана, 2018. – С. 16-31.

[3] Сансызбай К.М., Орунбеков М.Б., Шукаманов Ж.Е., Тасболатова Л.Т., Сагмединов Д.Б. Общие тенденции развития систем железнодорожной автоматики и телемеханики на сети железных дорог Казахстана // Вестник КазАТК. – 2022. – № 2 (121). – С. 414-424.

[4] Дмитренко И.Е., Сапожников В.В., Дьяков Д.В. Измерения и диагностирование в системах железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. –М.: Транспорт, 1994. -263 с.

[5] Шаманов В.И., Денежкин Д.В. Измерения параметров рельсовых линий в задачах электромагнитной совместимости//Автоматика, связь, информатика, РФ. – 2022. – №8. – С. 10-16.

[6] Шаманов В. И., Ваньшин А. Е., Денежкин Д. В., Тасболатова Л.Т. Измерение электрических сопротивлений в неоднородных рельсовых линиях на участках с электротягой//Автоматика, связь, информатика, РФ. – 2020. – №3. – С. 15-17.

[7] Шаманов В. И., Ведерников Б. М., Тасболатова Л.Т. Влияние распределения сопротивления рельсовых линий по их длине//Вестник КазАТК. – 2021. – № 2 (117). – С. 112-119.

[8] Технологические карты на работы по содержанию и ремонту устройств контактной сети электрифицированных железных дорог. Книга II//Техническое обслуживание и текущий ремонт. - М.: Трансиздат, 1999. - 427 с.

[9] Балуев Н.Н., Шаманов В.И. Способ диагностики состояния электрического сопротивления рельсовых линий в рельсовых цепях на участках с электротягой переменного тока. Патент РФ на изобретение №2514027 от 27.10.2014 г.

[10] Шаманов В. И., Ведерников Б. М., Тасболатова Л.Т. Способ контроля состояния цепей заземления, подключаемых к рельсам//Пат. на изобретение № 33844 Казахстан; заявитель и патентообладатель Акционерное общество «Казахская Академия

транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева» (KZ). Опубл. 16.08.2019, бюл. №33. –4 с.: ил.

Қанибек Сансызбай, PhD, қауымдастырылған профессор, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, k.sansizbay@alt.edu.kz

Борис Ведерников, т.ғ.к., профессор, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, vedernikov_b@mail.ru

Лаура Тасболатова, докторант, Логистика және көлік академиясы, Satbayev University, Алматы, Қазақстан, l.tasbolatova@alt.edu.kz

Мақсат Орунбеков, магистр, сениор-лектор, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, m.orunbekov@alt.edu.kz

Жанибек Шукаманов, магистр, сениор-лектор, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, zh.shukamanov@alt.edu.kz

ТАРТЫМ ТОҒЫ АСИММЕТРИЯСЫНЫҢ РТ ЖӘНЕ АЛС АППАРАТУРАСЫНЫҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫНА ӘСЕРІ

Аңдатпа. Рельс тізбектері (РТ) мен автоматты локомотивті сигналдау (АЛС) тұрақтылығына ең күшті әсер рельс жіптеріндегі тартым тоқтарының айырмашылығынан (асимметриядан) туындаған тартым тоғының кедергілерінен болады. Мұндай асимметрияның себебі - рельс жіптерінің кедергісінің бойлық және көлденең асимметриясы. Ұсынылған рельсті тартым желісінің әдістемесіне сәйкес рельс сызығындағы рельс жіптерінің бойлық кедергілерін есептеу үшін аналитикалық өрнектер ұсынылған. Рельс тізбегі және автоматты локомотив сигналдау аппаратурасының тартым желілерімен өзара электромагниттік үйлесімділігі міндеттерінде осы аппаратураның жұмысындағы іркілістердің қарқындылығын арттыру себептерін анықтау үшін және оларды төмендету шараларын әзірлеу үшін өлшеулер жүргізудің маңыздылығы атап өтілді. Жұмыс кезінде рельс желілерінің параметрлерін өлшеудің қиындығы, ең алдымен, олардың көптеген элементтерінің электр кедергісін анықтау үшін оларды оқшаулау мүмкін еместігінде болып табылады. Сондықтан жанама өлшеу әдістерін және бұзбайтын бақылау әдістерін кеңінен қолдану ұсынылады. Тартым рельс желісін пайдалану кезінде параметрлерді өлшеудің және/немесе бақылаудың патенттелген тәсілдері, атап айтқанда рельстерге қосылатын түйіспелі желі тіректерінің жерге тұйықтау тізбектерін бақылау тәсілдері қарастырылған.

Түйінді сөздер. Рельс тізбегі, тартым тоғының асимметриясын өлшеу, ақаулар, электр кедергісі.

Kanibek Sansyzbay, PhD, associate professor, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, k.sansizbay@alt.edu.kz

Boris Vedernikov, candidate of technical sciences, professor, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, vedernikov_b@mail.ru

Laura Tasbolatova, doctoral student, Academy of logistics and transport, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, l.tasbolatova@alt.edu.kz

Maxat Orunbekov, master, senior lecturer, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, m.orunbekov@alt.edu.kz

Zhanibek Shukamanov, master, senior lecturer, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, zh.shukamanov@alt.edu.kz

THE EFFECT OF THE TRACTION CURRENT ASYMMETRY ON THE STABILITY OF THE RC AND ALS EQUIPMENT

Annotation. The strongest influence on the stability of the operation of rail circuits (RC) and automatic locomotive signaling (ALS) is caused by interference from traction, created by the difference in traction currents (asymmetry) in the rail threads. The cause of such asymmetries is the longitudinal and transverse asymmetry of the resistances of the rail threads. Analytical expressions are presented for calculating the longitudinal resistances of rail threads in a rail line according to the proposed method of a rail traction network. The importance of measurements in the problems of electromagnetic compatibility of equipment of rail circuits and automatic locomotive signaling with traction networks is noted in order to identify the causes of an increase in the intensity of failures in the operation of this equipment when exposed to interference from traction current in a certain area for the development of measures to reduce it. The complexity of measuring the parameters of rail lines during operation lies, first of all, in the impossibility of separating numerous elements from the lines to determine their electrical resistance. Therefore, it is proposed to widely use indirect measurement methods and non-destructive testing methods. Patented methods of measuring and/or monitoring parameters during the operation of a traction rail network are considered, in particular, methods for monitoring the grounding circuits of the contact network supports connected to the rails.

Keywords. Rail circuits, measurement of traction current asymmetry, interference, electrical resistances.

****

УДК677.862.513.55 DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-330-338

Д.Б.Кадыржанов[1], А.Л.Козловский[1,2] ✉, А.Н. Бергузинов[3], М.Е.Калиекперов[1,2], С.Сембаев[1]
[1]Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
[2]Институт ядерной физики МЭ РК, Алматы, Казахстан
[3]Торайгыров университет, Павлодар, Казахстан
E-mail: kozlovskiy.a@inp.kz

СИНТЕЗ И ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ $CuBi_2O_4$, ПРИМЕНИМЫХ В КАЧЕСТВЕ ЗАЩИТЫ ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Аннотация. В работе представлены результаты синтеза и характеризации $CuBi_2O_4$ пленок, полученных методом электрохимического осаждения, а также рассмотрено влияние времени осаждения при равных условиях на формирование кристаллической структуры и морфологических особенностей пленок. Интерес к данному исследованию заключается в возможности контролируемого получения радиационно-стойких защитных пленок заданной толщины, способных защитить микроэлектронные устройства от негативного воздействия гамма- и нейтронного излучения, являющегося наиболее опасным для космических летательных аппаратов. Для синтеза пленок был использован метод электрохимического осаждения из сернокислых растворов, осаждение проводилось при разности потенциалов 3.5 В, время формирования пленок варьировалось от 10 до 90 минут, с целью определения возможности контролируемого роста пленок, а также сохранении их стабильности структурных свойств и элементного состава в процессе роста в течение длительного времени. В ходе проведенных исследований с применением метода рентгеновской дифракции установлено, что применение выбранных условий синтеза приводит к формированию устойчивой хорошо кристаллизованной фазы $CuBi_2O_4$ с тетрагональным типом кристаллической решетки. При этом увеличение времени осаждения приводит к незначительному увеличению степени структурного упорядочения в диапазоне 10 – 30 минут, которое обусловлено эффектами уплотнения пленок в процессе формирования, а также отсутствием значимых изменений степени структурного упорядочения при времени осаждения выше 50 минут (изменения находятся в пределах погрешности).

Ключевые слова. Тонкие пленки, радиационно-стойкие материалы, электрохимическое осаждение, морфологические особенности, шпинельные структуры.

Введение.

На сегодняшний день одним из наиболее острых вопросов в микроэлектронике, использующейся в космических летательных аппаратах, является проблема радиационно-индуцированных повреждений микросхем или полупроводников, что в свою очередь может привести к возникновению коротких замыканий и сбоев в приборах [1-3]. При этом в силу стохастических эффектов взаимодействия излучения с материалом микросхем, а также невозможности точного определения механизмов отказа в зависимости от дозы облучения проблема остается до сих пор не решена на 100 %.

Наиболее часто используемыми решениями на данный момент являются создание дублирующих узлов наиболее важных частей микросхем, в случае замыкания или сбоя которых происходит переключение на запасные дублирующие схемы. Однако использование подобного пути решения проблемы радиационной стойкости микроэлектронных устройств влечет за собой увеличение ресурсозатрат, а также утяжелению конструкции микросхем [4,5]. Причем в случае миниатюризации

микроэлектронных устройств, при использовании их в малых летательных аппаратах подобное решение не всегда применимо, в виду больших ограничений по массо-габаритным параметрам, а также сложности в реализации подобных решений при малых размерах микросхем [7,8].

В последние несколько лет для решения данной проблемы активно предлагается использование локальных защитных материалов с целью защиты не всех микросхемы, а наиболее важных узлов путем нанесения на них или же размещения в виде экранирующих покрытий тонких пленок на основе металлических сплавов или металлооксидных соединений [1,9-11]. Данное решение позволяет минимизировать риски деструкции при воздействии ионизирующего излучения или выхода из строя наиболее уязвимых и важных электронных компонент, а также увеличить срок эксплуатации микросхем, при этом не создавая дублирующие элементы [12-16]. В свою очередь выбор сплавов или металлооксидных соединений в большинстве случаев основывается на экранирующих и прочностных свойствах элементов покрытий, а также их устойчивости к внешним воздействиям. Выбор в качестве защитных материалов на основе Cu и Bi, а также их оксидных соединений в виде шпинельных структур обусловлен их совокупностью свойств, которые позволяют создавать устойчивые структурные соединения высокой прочности и хорошими экранирующими показателями [1,2].

На основании вышесказанного основной *целью данной статьи* является оценка возможности контролируемого получения пленок на основе соединений Cu-Bi или $CuBi_2O_4$ с применением метода электрохимического осаждения, а также характеризации их свойств в зависимости от времени осаждения.

Материалы и методы.

Синтез пленок на основе Cu-Bi проводился методом электрохимического осаждения из раствора электролита при разности прикладываемых потенциалов 3.5 В. Синтез пленок осуществлялся из раствора электролита $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (238 г/л), $Bi_2(SO_4)_3$ (10 г/л), и H_2SO_4 (21 г/л). Контроль за осаждением был проведен методом хроноамперометрии. Время осаждения было выбрано в диапазоне от 10 до 90 минут. Для контроля равномерности осаждения по времени использовался хлорсеребряный потенциал сравнения. В качестве подложки были использованы полимерные пленки, позволяющие получать тонкопленочные покрытия, изотропные по толщине и составу, благодаря своим адгезионным свойствам. Для инициализации процессов осаждения на полимерные пленки методом магнетронного напыления был нанесен слой золота толщиной не более 30 нм, при этом равномерность нанесения контролировалась с помощью кремниевого детектора, позволяющего определять временную зависимость изменения толщины нанесенного слоя при заданных параметрах напыления.

Анализ структурных особенностей синтезированных пленок в зависимости от времени осаждения был проведен с применением метода рентгеноструктурного анализа, который был проведен на порошковом рентгеновском дифрактометре D8 Advance ECO (Bruker, Германия). Съемка рентгеновских дифрактограмм была проведена в геометрии Брегг-Брентано, в угловом диапазоне 2θ=35-75º, с шагом 0.03º, время съемки спектра в точке 1 сек. В качестве рентгеновского излучения использовалось медное излучение с длиной волны λ = 1.54 Å. Для расшифровки полученных дифрактограмм, а также анализа структурных параметров было применено программное обеспечение DiffracEVA v.4.2, позволяющее определить степень структурного упорядочения, а также изменение параметров кристаллической решетки.

Определение степени структурного упорядочения или степени кристалличности образцов пленок было произведено путем анализа весовых вкладов основных дифракционных рефлексов и площади фонового излучения, характерной для

структурно-неупорядоченных областей в составе исследуемых образцов. Соотношение весовых вкладов площадей в процентном отношении отражает степень упорядочения кристаллической структуры в процессе ее формирования, а также последующих воздействий или коррозии.

Морфологические особенности синтезированных пленок исследовались с применением метода атомно-силовой микроскопии (АСМ) путем построения 2D и 3D изображений поверхности с целью определения структурных особенностей и механизмов образования зерен.

Результаты и обсуждения.

На рисунке 1 представлены данные энерго-дисперсионного анализа исследуемых пленок в зависимости от времени осаждения. Согласно полученным данных, состав пленок представляет собой соединение трех элементов: меди, висмута и кислорода. При этом других элементов в составе пленок, таких как углерод или сера обнаружено не было, что свидетельствует о том, что в процессе синтеза не происходит выпадение осадков в виде сульфатных соединений. Общий вид представленных данных свидетельствует о временной стабильности осаждения и формирования элементного состава, характеризующейся сохранением соотношения элементов в пределах погрешности измерения. При этом увеличение времени осаждения не приводит к изменению соотношения элементов, что свидетельствует о том, что формирование кислородосодержащих пленок происходит не только на стадии зарождения активных центров роста, где кислород в силу своей подвижности способен внедряться в образующиеся кластеры в виде зерен или мелкодисперсных частиц на катодной поверхности, но и при дальнейшем росте пленок, кислород активно внедряется в структуру пленки, образуя тем самым оксидные соединения.

Анализируя вклады элементов можно сделать вывод о том, что полученные пленки близки по стехиометрическому составу к структуре по типу $CuBi_2O_4$. Стоит также отметить, что все измерения были проведены в два временных промежутка, в момент после осаждения и через 1 месяц после осаждения, основной целью которых было установление стабильности сохранения элементного состава, а также определения возможных процессов коррозии и деструкции, связанной с окислением. Однако полученные данные элементного состава не установили в составе пленок существенного увеличение кислорода, что свидетельствует о том, что полученные структуры весьма устойчивы к процессам коррозии и окисления на воздухе.

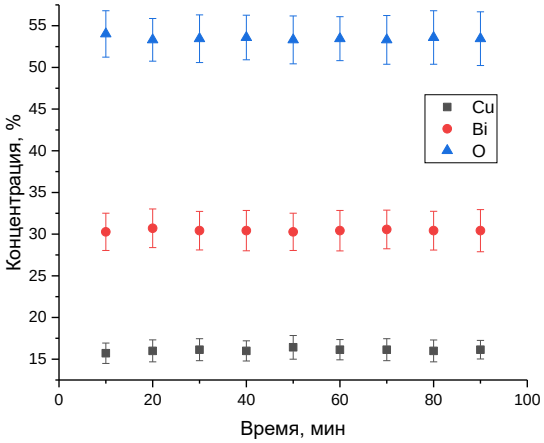


Рисунок 1 – Данные элементного анализа пленок в зависимости от времени осаждения

На рисунке 2 представлена динамика изменения рентгеновских дифрактограмм синтезированных пленок на основе Cu-Bi методом электрохимического осаждения в зависимости от времени осаждения. Анализ полученных дифрактограмм показал, что полученные экспериментально дифракционные рефлексы соответствуют тетрагональной фазе $CuBi_2O_4$, причем увеличение времени осаждения не приводит к появлению дополнительных рефлексов, что свидетельствует об отсутствии процессов фазовых трансформаций или же других структурных изменений, связанных с формированием примесных включений или полиморфных превращений.

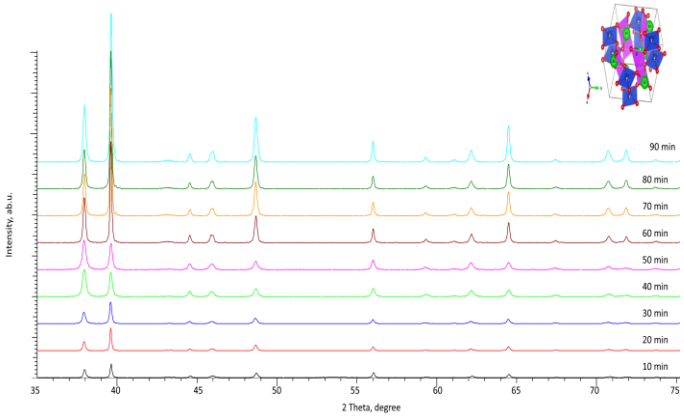


Рисунок 2 – Результаты рентгеновской дифракции тонких пленок Cu-Bi в зависимости от времени осаждения

Основные изменения, связанные со временем осаждения, заключаются в структурном упорядочении, которое обусловлено процессами роста пленок, а также упрочнением пленок и изменением размеров формируемых зерен. При этом анализ положения основных дифракционных рефлексов свидетельствует о том, что при увеличении времени осаждения выше 60 минут степень структурного упорядочения существенно меньше изменяется, чем при меньших временах осаждения, что свидетельствует о возможном эффекте насыщения, а также достижением предела степени структурного упорядочения.

Результаты изменения величины степени структурного упорядочения представлены на рисунке 3 в сравнении с концентрацией дефектной фракции в объеме кристаллической решетки, рассчитанной на основании изменения параметров кристаллической решетки и ее объема.

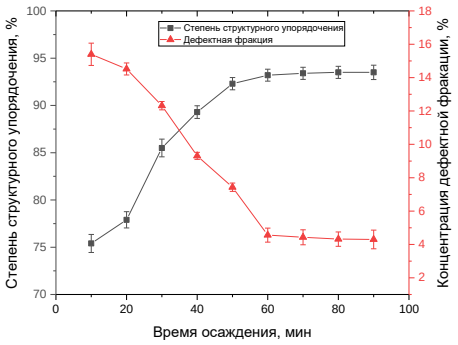


Рисунок 3 – Результаты изменения степени структурного упорядочения и концентрации дефектной фракции в пленках в зависимости от времени осаждения

На рисунке 4 представлены АСМ изображения синтезированных пленок в зависимости от времени осаждения. Данные изображения были получены в

полуконтактном режиме съемки морфологии поверхности в масштабе 20 х 20 мкм. Представленные снимки отражают изменение рельефа морфологии поверхности пленок в зависимости от времени осаждения, что позволяет определить основные механизмы формирования пленок в зависимости от времени осаждения. Основные изменения, связанные со временем осаждения, заключаются в структурном упорядочении, которое обусловлено процессами роста пленок, а также упрочнением пленок и изменением размеров формируемых зерен. При этом анализ положения основных дифракционных рефлексов свидетельствует о том, что при увеличении времени осаждения выше 60 минут степень структурного упорядочения существенно меньше изменяется, чем при меньших временах осаждения, что свидетельствует о возможном эффекте насыщения, а также достижением предела степени структурного упорядочения.

Результаты изменения величины степени структурного упорядочения представлены на рисунке 3 в сравнении с концентрацией дефектной фракции в объеме кристаллической решетки, рассчитанной на основании изменения параметров кристаллической решетки и ее объема.

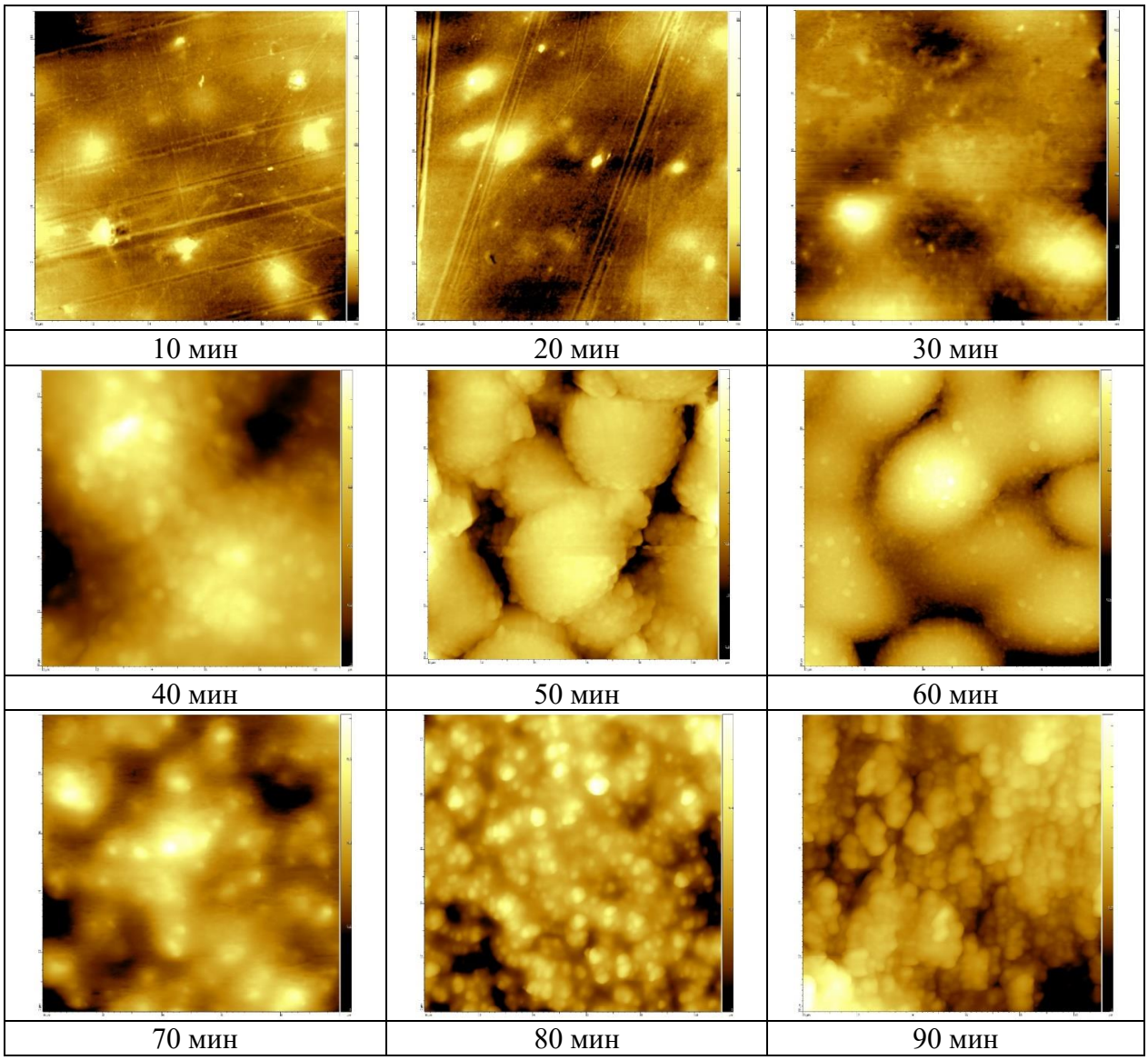


Рисунок 4 – АСМ изображения синтезированных пленок в зависимости от времени осаждения

На рисунке 5 представлена 3D реконструкция поверхности пленок в зависимости от времени осаждения, отражающая изменения шероховатости и зернистости поверхности в процессе синтеза.

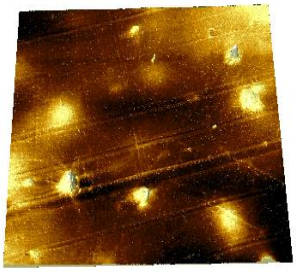
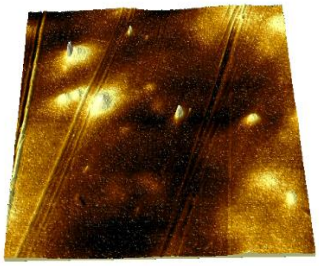
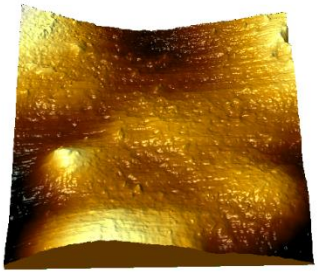
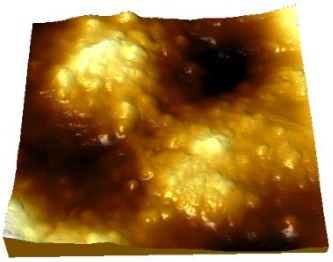
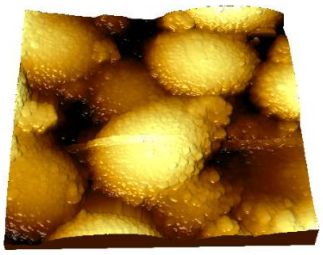
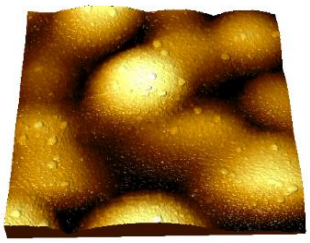
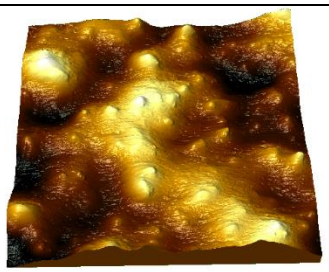
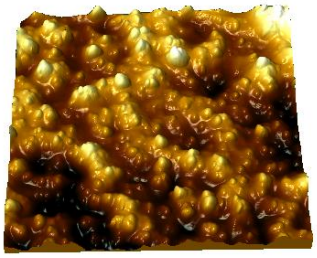
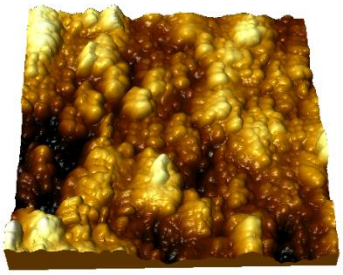
		
10 мин	20 мин	30 мин
		
40 мин	50 мин	60 мин
		
70 мин	80 мин	90 мин

Рисунок 5 – 3D реконструкция АСМ изображений морфологических особенностей поверхности синтезированных пленок в зависимости от времени осаждения

Анализируя полученные результаты АСМ, был установлен трехэтапный характер роста пленок. В частности, на первом этапе происходит формирование однородной пленки, состоящей из зерен малого размера (не более 20-30 нм), при этом на поверхности пленок образуются небольшие агломераты данных зерен, которые в дальнейшем служат активационными центрами для дальнейшего роста пленки при увеличении времени осаждения. При этом стоит отметить, что увеличение времени осаждения приводит к увеличению плотности данных агломератов, что приводит к формированию зерен с большим размером зерен. Вторая фаза характеризуется формированием крупных агломератов зерен сфероподобной формы. Данная фаза характерна для времен осаждения 50 – 60 минут. Далее происходит заполнение межзеренного пространства и перекрывание зерен. Завершающей стадией роста тонких пленок является выравнивание поверхности и дальнейшее формирование новых неоднородностей меньших размеров.

Выводы.

В работе с применением методов атомно-силовой микроскопии, энергодисперсионного анализа, рентгеноструктурного анализа были изучены процессы

формирования $CuBi_2O_4$ пленок, полученных методом электрохимического осаждения. Для синтеза пленок был использован метод электрохимического осаждения из сернокислых растворов, осаждение проводилось при разности потенциалов 3.5 В, время формирования пленок варьировалось от 10 до 90 минут, с целью определения возможности контролируемого роста пленок, а также сохранении их стабильности структурных свойств и элементного состава в процессе роста в течение длительного времени. В ходе проведенных исследований было установлено, что формирование пленок в зависимости от времени осаждения происходит путем образования на начальном этапе активационных центров роста, которые служат основой для формирования более крупных зерен, с последующим заполнением пустот между ними и образованием пленок, состоящих из мелких зерен с достаточно плотной упаковкой. Анализ данных, полученных методом рентгеновской дифракции, показал, что полученные образцы пленок представляют собой высокоупорядоченные структуры с тетрагональной фазой $CuBi_2O_4$.

Финансирование. Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (No. AP14871152).

ЛИТЕРАТУРА

[1] Kadyrzhanov K. K. et al. Research of the shielding effect and radiation resistance of composite CuBi2O4 films as well as their practical applications //Journal of Materials Science: Materials in Electronics. – 2020. – Vol. 31, №. 14. – P. 11729-11740.

[2] Kadyrzhanov K. K. et al. Determination of the influence of the phase composition of Cu-Bi coatings on the efficiency of shielding from ionizing radiation //Eurasian Physical Technical Journal. – 2021. – Vol. 17, №. 2 (34). – P. 19-24.

[3] Jungwirth T. et al. The multiple directions of antiferromagnetic spintronics //Nature Physics. – 2018. – Vol. 14, №. 3. – P. 200-203.

[4] Cellere G., Paccagnella A. A review of ionizing radiation effects in floating gate memories //IEEE Transactions on Device and Materials Reliability. – 2004. – Vol. 4, №. 3. – P. 359-370.

[5] Pazianotto M. T. et al. Determination of the cosmic-ray-induced neutron flux and ambient dose equivalent at flight altitude //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2015. – Vol. 630, №. 1. – P. 012022.

[6] Lukin K. A. Vacuum Microwave Integrated Circuits as a tool for protection of radar and communication receivers against high power EMI radiation //2012 6th International Conference on Ultrawideband and Ultrashort Impulse Signals. – IEEE. – 2012. – P. 44-46.

[7] Schwank J. R., Shaneyfelt M. R., Dodd P. E. Radiation hardness assurance testing of microelectronic devices and integrated circuits: Radiation environments, physical mechanisms, and foundations for hardness assurance //IEEE Transactions on Nuclear Science. – 2013. – Vol. 60, №. 3. – P. 2074-2100.

[8] Torres O. G. et al. Optical features of PbBr2 semiconductor thin films for radiation attenuation application //Journal of Materials Science: Materials in Electronics. – 2021. – Vol. 32, №. 12. – P. 16937-16944.

[9] Dvornikov O. V. et al. Influence of ionizing radiation on the parameters of an operational amplifier based on complementary bipolar transistors //Russian Microelectronics. – 2016. – Vol. 45, №. 1. – P. 54-62.

[10] Tishkevich D. I. et al. Modeling of paths and energy losses of high-energy ions in single-layered and multilayered materials //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Vol. 848, №. 1. – P. 012089.

[11] Tishkevich D. I. et al. Function composites materials for shielding applications: Correlation between phase separation and attenuation properties //Journal of Alloys and Compounds. – 2019. – Vol. 771. – P. 238-245.

[12] Kozlovskiy A. L., Zdorovets M. V. Synthesis, structural, strength and corrosion properties of thin films of the type CuX (X=Bi, Mg, Ni) //Journal of Materials Science: Materials in Electronics. – 2019. – Vol. 30, №. 12. – P. 11819-11832.

[13] Li Q. et al. Enhanced radiation shielding with conformal light-weight nanoparticle–polymer composite //ACS applied materials & interfaces. – 2018. – Vol. 10, №. 41. – P. 35510-35515.

[14] Sayyed M. I. et al. Radiation shielding and mechanical properties of Bi2O3–Na2O–TiO2–ZnO–TeO2 glass system //Radiation Physics and Chemistry. – 2021. –Vol. 186. – P. 109556.

[15] Miroshnichenko L. Radiation hazard in space. – Springer Science & Business Media, 2003. – Vol. 297. – P.143-146.

[16] Myagkova I. N. et al. X-ray, γ-emission and energetic particles in near-Earth space as measured by CORONAS-F satellite: From maximum to minimum of the last solar cycle //Advances in Space Research. – 2007. – Vol. 40, №. 12. – P. 1929-1934.

Даурен Кадыржанов, PhD, аға ғылыми қызметкер, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, kadyrzhanov.d@gmail.com

Артем Козловский, PhD, қауымдастырылған профессор (доцент), Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, artem88sddt@mail.ru

Асхат Бергузинов, PhD, профессор, Toraighyrov University, Павлодар, Қазақстан, askhat_berguzinov@mail.ru

Малик Калиекперов, докторант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, vostokuka@mail.ru

Серик Сембаев, студент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, sleepwalker7517@gmail.com

ИОНДАУШЫ СӘУЛЕЛЕНУДЕН ҚОРҒАУ РЕТІНДЕ ҚОЛДАНЫЛАТЫН $CUBI_2O_4$ НЕГІЗІНДЕГІ ПЛЕНКАЛАРДЫҢ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ СИПАТТАМАСЫ

Аңдатпа. Жұмыста электрохимиялық тұндыру арқылы алынған $CuBi_2O_4$ қабықшаларының синтезі мен сипаттамасының нәтижелері берілген, сонымен қатар қабаттардың кристалдық құрылымы мен морфологиялық ерекшеліктерінің қалыптасуына бірдей жағдайларда тұндыру уақытының әсері қарастырылған. Бұл зерттеуге қызығушылық микроэлектрондық құрылғыларды ғарыш аппараттары үшін ең қауіпті гамма және нейтрондық сәулеленудің теріс әсерінен қорғай алатын берілген қалыңдықтағы радиацияға төзімді қорғаныс қабықшаларын бақыланатын өндіру мүмкіндігінде жатыр. Қабықшаларды синтездеу үшін күкірт қышқылы ерітінділерінен электрохимиялық тұндыру әдісі қолданылды, тұндыру 3,5 В потенциалдар айырмашылығында жүргізілді; ұзақ уақыт бойы өсу. Рентгендік дифракция әдісімен жүргізілген зерттеулер барысында таңдалған синтез шарттарын қолдану тетрагональды кристалдық торы бар тұрақты жақсы кристалданған $CuBi_2O_4$ фазасының түзілуіне әкелетіні анықталды. Бұл ретте тұндыру уақытының ұлғаюы құрылымдық реттілік дәрежесінің 10–30 минут диапазонында аздап жоғарылауына әкеледі, бұл түзілу кезіндегі қабықшаның тығыздалуының әсерінен, сондай-ақ елеулі қабаттардың болмауымен байланысты. 50 минуттан жоғары тұндыру уақытында құрылымдық реттілік дәрежесінің өзгеруі (өзгерістер қате шегінде).

Түйінді сөздер. Жұқа қабықшалар, сәулеге төзімді материалдар, электрохимиялық тұндыру, морфологиялық белгілер, шпинель құрылымдары.

Dauren Kadyrzhanov, PhD, senior researcher, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, kadyrzhanov.d@gmail.com

Artem Kozlovskiy, PhD, associate professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, artem88sddt@mail.ru

Askhat Berguzinov, PhD, professor, Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan, askhat_berguzinov@mail.ru

Malik Kaliekperov, doctoral student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, vostokuka@mail.ru

Serik Sembaev, student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, sleepwalker7517@gmail.com

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF FILMS BASED ON $CUBI_2O_4$ APPLICABLE AS PROTECTION AGAINST IONIZING RADIATION

Abstract. The paper presents the results of synthesis and characterization of $CuBi_2O_4$ films obtained by electrochemical deposition, and also considers the effect of deposition time under equal conditions on the formation of the crystal structure and morphological features of the films. Interest in this study lies in the possibility of controlled production of radiation-resistant protective films of a given thickness that can protect microelectronic devices from the negative effects of gamma and neutron radiation, which is the most dangerous for spacecraft. For the synthesis of films, the method of electrochemical deposition from sulfuric acid solutions was used; the deposition was carried out at a potential difference of 3.5 V; growth over a long period of time. In the course of the studies performed using the X-ray diffraction method, it was found that the use of the selected synthesis conditions leads to the formation of a stable well-crystallized $CuBi_2O_4$ phase with a tetragonal crystal lattice. At the same time, an increase in the deposition time leads to a slight increase in the degree of structural ordering in the range of 10–30 minutes, which is due to the effects of film compaction during formation, as well as the absence of significant changes in the degree of structural ordering at a deposition time above 50 minutes (the changes are within the error).

Keywords. Thin films, radiation-resistant materials, electrochemical deposition, morphological features, spinel structures

****

УДК 681.5 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-339-346**

Калабаева А.[1] , Вуйцик В.[2], Кашаганова Г.[3], Тогжанова К.[4] Касымова А.[1]
[1]Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан
[2] Люблинский технический университет, Люблин, Польша
[3] Университет Туран, Алматы, Қазақстан
[4]Алматинский технологический университет, Алматы, Қазақстан
E-mail: a.kalabaeva@list.ru

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

Аннотация. Разработаны и исследованы режимы работы системы автоматического управления электромеханическими преобразователями для синхронизации скоростей вращения ротора. Предлагаемая система автоматического регулирования оборотов позволяет настраивать ведомый двигатель на ведущий (синхронизировать обороты) в широком диапазоне от 0 до 5000 оборотов в минуту. Для повышения точности синхронизации предложен адаптивный алгоритм, позволяющий повысить точность синхронизации даже при отклонении номинальных параметров электромеханических преобразователей от нормированных значений.

Ключевые слова. Адаптивная синхронизация, номинальные параметры, угловая частота, частота вращения.

Введение. Электромеханические преобразователи (ЭМП), работающие в двигательном режиме (асинхронные двигатели, двигатели постоянного тока и т.д.) являются основным средством приведения в движение различных механизмов в современном промышленном производстве. В структуре потребления электроэнергии в развитых странах свыше 60% потребления приходится на электродвигатели. Управление рассматриваемыми объектами включает разнообразные задачи. Например, задачи пуска, торможения, защиты ЭМП. Для решения более сложных задач, связанных с поддержанием или целенаправленным изменением выходных координат объекта, применяются замкнутые системы управления. Использование таких систем позволяет обеспечить рациональные режимы работы технологических процессов.

На практике довольно часто возникает задача построения систем автоматического управления для обеспечения синхронного вращения нескольких силовых ЭМП, например, при прокате металлов или обдирке алмазов. Суть этой задачи состоит в обеспечении относительной синхронности по частоте вращения, а также обеспечении высокой точности и быстродействия синхронизации. Поэтому разработка системы автоматического управления с адаптивной синхронизацией частот вращения ЭМП в режиме разгона, реверса и торможения является актуальной научной задачей.

Материалы и методы

Модель системы автоматического управления частотами вращения ЭМП.

Известны работы [1-3], в которых рассматриваются системы управления ЭМП постоянного тока при условии одинаковой нагрузки на двигатели, которые не позволяют работать на частотах до 5000 об/мин и обеспечивать при этом высокую точность управления частотами вращения ротора ЭМП. Частотный регулятор, который предлагается использовать в системе управления, обеспечивает плавный запуск ЭМП без пусковых токов и механических ударов, что снижает нагрузку на электродвигатели и

связанные с ними механизмами [4]. Встроенный микропроцессорный ПИД-регулятор позволяет реализовать качественную систему автоматического управления ЭМП. При дискретной регулировке частот вращения ЭМП целесообразно исходить из непрерывной структуры ПИД-регулятора, модель которого подробно описана в [5, 6].

Учитывая уравнения преобразования [7 - 10], которыми описывается работа асинхронных двигателей (АД) и механической части ЭМП, модель ЭМП для управления частотой статора запишем в виде передаточных функций (рис. 1):

$$\frac{\Delta\overline{\mathrm{M}}(p)}{\Delta\overline{\omega}_1(p)-\Delta\overline{\omega}(p)}=(\frac{\gamma}{\nu})^2\frac{(\mathrm{T}_{ел}\,p+1)-\frac{(S/S_{кр})^2}{1+(S/S_{кр})^2}(T_{ел}\,p+2)}{(T_{ел}\,p+1)^2+(S/S_{кр})^2}; \quad (1)$$

$$\frac{\Delta\overline{\omega}(p)}{\Delta\overline{\mathrm{M}}(p)-\Delta\overline{\mathrm{M}_o}(p)}=\frac{1}{\mathrm{T}_m\,p}, \quad (2)$$

где $\gamma=U_{1\alpha}/U_{1\alpha н}$ - относительное напряжение статора;

$\nu=\Omega_1/\Omega_{1н}$ - относительная частота статора;

$\mathrm{T}_m=J\Omega_{0н}/\mathrm{M}_{п.ф.н.}$ - механическая постоянная времени ЭМП;

$\mathrm{T}_{ел}=L_2''/R_2'$ - электромагнитная постоянная времени АД;

$S_{кр}=\frac{R_2'}{L_2''\Omega_1}$ - критическое скольжение; R_2' - активное сопротивление обмоток ротора;

$s=\frac{\omega_1-p_n\omega}{\omega_1}$ - скольжение;

p_n – число пар полюсов АД;

ω_1 - угловая скорость статора;

$M_{п.ф.н.}$ – номинальное значение пускового момента;

$\Omega_{0н}=\Omega_{1н}/p_n$ - синхронная номинальная угловая скорость АД;

Ω_1 - номинальная угловая частота статора АД;

J – момент инерции АД;

ΔM_o - прирост момента сопротивления относительно начального значения;

$(\Delta\mathrm{M}/\mathrm{M}_{п.ф.н.})=\Delta\overline{\mathrm{M}}$ - прирост электромагнитного момента относительно начального значения;

$\Delta\omega_1$ - прирост угловой скорости относительно начального значения ω_1.

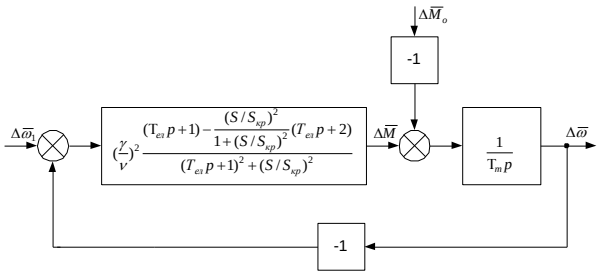


Рисунок 1 - Модель асинхронного ЭМП

Для моделирования работы системы автоматического управления с синхронизацией частот вращения ЭМП был использован АД типа 4А50 с такими параметрами: номинальное напряжение U_n=220В; номинальный ток I_n=0,27 А; синхронная скорость вращения Ω_0 = 3000 об/хв; угловая частота напряжения статора ω=314рад/с; момент инерции ведущего ЭМП J_1=0,0389 кг·м^2; момент инерции ведомого

ЭМП J_2=0,038 кг·м^2; момент сопротивления ведущего ЭМП M_{o1}=15,38 Н·м; момент сопротивления ведомого ЭМП M_{o2}=14,39 Н·м; количество пар полюсов p=2; активное сопротивление статора ведущего АД R_1=152,9 Ом; активное сопротивление статора ведомого АД R_2=192 Ом; индуктивность главного потока L_m=2,66 Гн; индуктивность статора ведущего АД L_1=3,175 Гн.

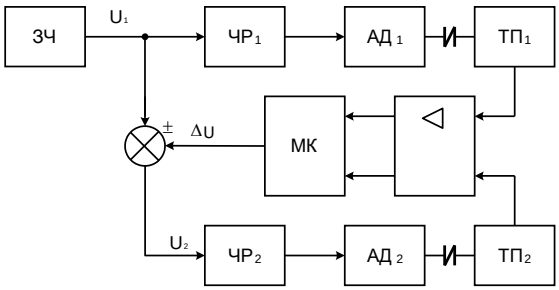
Система автоматического управления частотами вращения ЭМП работает следующим образом (рисунок 2 а): с помощью задатчика частоты (ЗЧ) сигналом U_1 через частотный регулятор $ЧР_1$ задается частота вращения АД; сигналы угловых скоростей ведущего $АД_1$ и ведомого $АД_2$ измеряются с помощью тахометрических датчиков ($ТП_1$ и $ТП_2$) выходные сигналы которых усиливаются и передаются на микроконтроллер (МК), который рассчитывает текущие частоты вращения ЭМП и автоматически отслеживает возникающую разницу (асинхронность) вращения. Если разница частот вращения ведущего $АД_1$ и ведомого $АД_2$ превышает заданную (20 об/мин), то МК автоматически формирует сигнал U_2 для частотного регулятора ($ЧР_2$), который уменьшает или увеличивает угловую скорость ведомого $АД_2$. При одновременной работе контуров регулировки ведомый ЭМП синхронно занимает положение

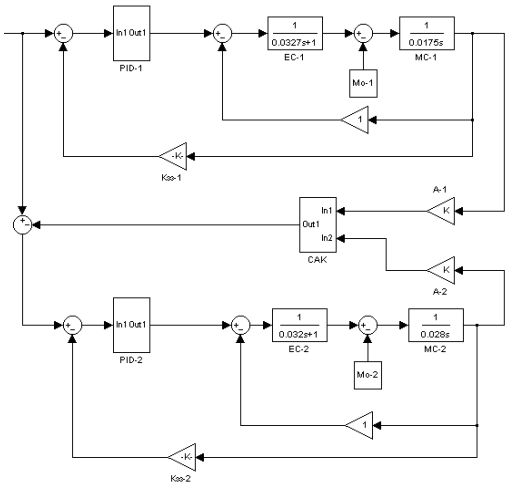
$$U_2 = U_1 \pm \Delta U . \quad (3)$$

Учитывая модель ПИД-регулятора, модель двух (ведущего и ведомого) асинхронных ЭМП (рисунок 1) и замкнув их в систему для автоматического управления частотами вращения ЭМП, получена модель системы управления, которая представлена на рисунке 2 б. Моделирование системы управления с разными нагрузками на их валах, проводилось в математическом пакете MATLAB - SIMULINK.

Результаты.

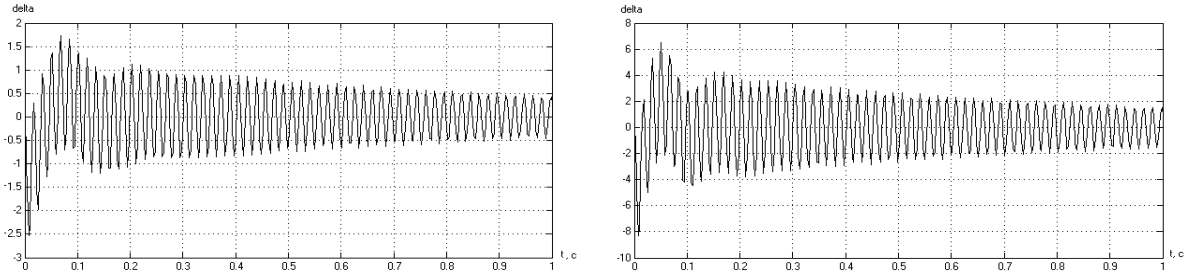
Результаты моделирования системы автоматического управления для синхронизации частот вращения ЭМП изображены на рисунке 3. Они свидетельствуют о том, что в разработанной системе управления происходит автоматическая синхронизация частот вращения ЭМП, т.е. ведомый $ЭМП_2$ подстраивается под ведущий $ЭМП_1$ (рисунок 3). Разница частот вращения, возникающая во время автоматической синхронизации, за счет изменения нагрузки на вале одного с АД, изображена на рисунке 3 б.





а) б)

Рисунок 2 - Система управления для синхронизации частот вращения ЭМП:
а) – структурная схема системы; б) – модель системы управления в пакете MATLAB



а) б)

Рисунок 3 - Асинхронность вращения двух ЭМП при их автоматическом управлении: а) – при номинальных параметрах ЭМП; б) – при отклонении от номинальных параметров ЭМП

Как видно из рисунка 3 а, асинхронность (разность) вращения между двумя ЭМП в динамическом режиме составляет 4,3 об/мин, а в статическом режиме – 1 об/мин.

Также известно, что со временем параметры ЭМП: момент инерции, момент сопротивления, активное сопротивление статора, несущественно, но изменяются, а изменение этих параметров ведет к изменению электромагнитных (ЭМ) и механических (МС) постоянных времен. Если в модели ЭМП (рисунок 1) изменить эти параметры, то асинхронность вращения ЭМП увеличится (рисунок 3 б). Как видно из рисунка 3 б, в динамическом режиме асинхронность вращения составляет примерно 15 об/мин, а в статическом – в среднем 4 об/мин.

В результате исследований установлено следующие особенности: система управления частотами вращения ЭМП позволяет подстраивать ведомый ЭМП под ведущий ЭМП (синхронизировать частоты вращения) в широком диапазоне – от 0 до 5000 об/мин; асинхронность вращения ЭМП зависит от электромагнитных и механических параметров, свойств механизмов в процессе эксплуатации.

Адаптивная система автоматического управления частотами вращения роторов ЭМП.

Использование метода адаптивной синхронизации частот вращения роторов ЭМП решает следующие задачи:

1) При самопроизвольном изменении (отклонении) параметров ЭМП в системе управления возникают такие изменения параметров регуляторов, при которых динамические свойства системы для заданных воздействий не изменяются.

2) При начальном отсутствии информации о параметрах ЭМП и о влиянии на систему синхронизации выполняется автоматический поиск оптимальных условий работы системы в соответствии с заданным критерием качества.

В результате исследований было определено, что для решения задачи повышения точности синхронизации в условиях отклонения идентифицируемых параметров ЭМП целесообразно использовать алгоритм адаптивной синхронизации, построенный на сравнении высокочастотных и низкочастотных составляющих сигналов. Немаловажным преимуществом данного метода адаптации является то, что в нем не нужно вводить тестовые сигналы. Такие методы адаптивной синхронизации используются в тех случаях, когда необходимое качество автоматической синхронизации нестационарного объекта может быть обеспечено путем изменения передаточного коэффициента системы [7-9]. Блок-схема системы адаптивной синхронизации частот вращения ЭМП изображена на рисунке 4.

Как видно из рисунка 4, математические модели блоков, из которых состоит блок адаптивной синхронизации, представлены в виде известных передаточных функций, определенных в [7]. Неизвестными есть только передаточные функции блока адаптивной синхронизации частот вращения роторов ЭМП, в который входят: $W_м(s)$ – передаточная функция эталонной модели; $W_{фнч}(s)$ - передаточная функция фильтра низких частот; $W_{фвч}(s)$ - передаточная функция фильтра высоких частот; $\frac{k_i}{s}$ - регулятор контура самонастройки в виде интегратора с передаточным коэффициентом k_i.

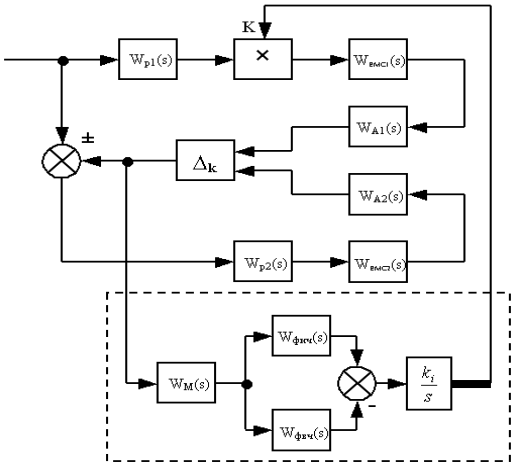


Рисунок 4 - Блок-схема адаптивной синхронизации частот вращения роторов ЭМП

Эталонные модели в той или иной степени используются в большинстве адаптивных систем. Такими моделями могут быть: модели замкнутой или разомкнутой системы; модели частей системы, в которой находятся нестационарные характеристики; наконец, могут быть заданы конкретные величины, которые являются эталоном для конкретных условий работы системы. В данном случае в качестве эталонной модели используем передаточную функцию ПИД-регулятора, которая имеет вид:

$$W_м(s) = K_p \cdot (1 + \frac{1}{T_i \cdot s} + \frac{T_d s}{1 + T_ф s}) \cdot \quad (4)$$

Далее сигнал погрешности разделяется по спектральным областям с помощью фильтров низких $W_{фнч}(s)$ и высоких $W_{фвч}(s)$ частот, имеющих следующие передаточные функции:

$$W_{фнч}(s) = \frac{1}{T_{фн} \cdot s + 1}, \qquad W_{фвч}(s) = \frac{T_{фв} \cdot s}{T_{фв} \cdot s + 1}, \quad (5)$$

где $T_{фн}$ и $T_{фв}$ – соответственно константы времени фильтра нижних и верхних частот.

Константы времени фильтров можно рассчитать по формулам:

$$T_{фн} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_в},$$

где $f_в$ – максимальная частота вращения ЭМП ($f_в$ = 72 Гц);

$$T_{фв} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_н},$$

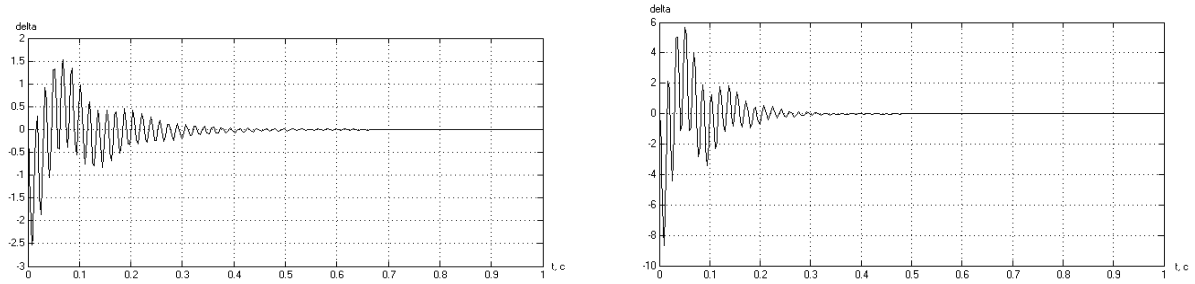
где $f_н$ – минимальная частота вращения ЭМП ($f_н$ = 5 Гц).

При подстановке числовых значений частот константы времени фильтров будут следующими: $T_{фнч}$ = 0,0019 с; $T_{фвч}$ = 0,032 с.

На выходе интегратора формируется сигнал для изменения передаточного коэффициента ПИД-регулятора. Расчет передаточного коэффициента интегратора k_i производится из условия обеспечения устойчивости контура самонастройки [6, 7].

Моделирование адаптивного алгоритма синхронизации частот вращения ЭМП произведено с помощью математического пакета MATLAB с расширением SIMULINK. При моделировании адаптивного алгоритма синхронизации частот вращения роторов ЭМП, построенного на сравнении высокочастотных и низкочастотных составляющих сигналов (рисунок 4), получены следующие характеристики асинхронности вращения роторов ЭМП (рисунок 5).

Как видно из рисунка 5 а, асинхронность вращения роторов ЭМП при использовании адаптивного алгоритма синхронизации существенно уменьшилась по сравнению с асинхронностью, изображенной на рисунке 3. При таком же изменении электромагнитных и механических параметров (отклонении от номинальных параметров ЭМП) характеристика процесса синхронизации частот вращения ЭМП с помощью адаптивного метода примет вид (рисунок 5 б).



а) б)

Рисунок 5 - Асинхронность вращения роторов с адаптивной синхронизацией при: а) – номинальных параметрах ЭМП; б) – отклонении от номинальных параметров ЭМП

Как видно с рисунка 5 б, при изменении параметров ЭМП асинхронность вращения роторов ЭМП в статическом режиме стала минимальной, а в динамическом – осталась такой же, как на рисунке 3 б. Это свидетельствует о том, что промоделированная адаптивная система синхронизации частот вращения ЭМП при изменении параметров автоматически изменяет (перенастраивает) коэффициенты ПИД-регулятора, то есть адаптируется.

Использование алгоритма адаптивной синхронизации частот вращения роторов ЭМП позволяет минимизировать погрешность процесса синхронизации в условиях отклонения параметров ЭМП от номинальных значений.

Обсуждение.

Разработано адаптивная система автоматического управления асинхронностью вращения ЭМП, которая позволяет синхронизировать частоты вращения роторов ЭМП как в статическом, так и в динамическом режимах работы в условиях отклонения параметров ЭМП.

Выводы.

Установлено, что асинхронность вращения роторов электромеханических преобразователей зависит от их электромагнитных и механических значений, свойств механизмов в процессе эксплуатации. Изменение (отклонение) этих значений от номинальных в процессе эксплуатации ЭМП тянет за собой увеличение асинхронность вращения роторов. Предложенный алгоритм адаптивной синхронизации частот вращения ЭМП позволяет минимизировать асинхронность (разность) вращения роторов, и тем самым повысить точность синхронизации частот вращения роторов ЭМП. Синхронное вращение роторов ЭМП позволяет значительно повысить качество производимой продукции при обеспечении технологических процессов проката металлов или обдирке алмазов.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Льюнг Л. Идентификация систем (теории для пользователя). – М.: Высшая школа, 1991, с. 432.

[2] Адамбаев М.Д. Определение динамической структуры и параметров промышленных объектов управления: Научное издание (монография). – Алматы, 2010. – 258 с.

[3] Адамбаев М.Д. Повышение эффективности процесса сухого измельчения. Идентификация и автоматизация. LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrücken, Deutschland/ Германия, 2014.

[4] Васильев Д.В., Чуич В.Г. Системы автоматического управления (примеры расчета). – М.: Высшая школа, 1967, с. 419.

[5] Адамбаев М.Д. Теория и практика технического эксперимента (учебник рекомендованный МОН РК). – Алматы: КазНТУ им К.И. Сатпаева, 2013.

[6] Адамбаев М.Д. Автоматтандырылған реттеу мен реттегіштер. Оқу құралы. – Астана: Фолиант, 2018 – 216 б.

[7] Адамбаев М.Д., Джулаева Ж.Т., Калабаева А.Е. Сызықты автоматты реттеу жүйелері (математикалық негіздері) Оқу құралы. – Алматы: М. Тынышбаев атындағы ҚазККА, 2019 – 180 б.

[8] Адамбаев М.Д. и др. Под ред. Я.А. Полонского. Оценивание и мониторинг функционирования технических систем: коллективная научная монография//Новосибирск: изд. Сибирская ассоциация консультантов, 2012. – 168 с.

[9] Dynamics of dry grinding in two-compartment separator// New Developments in Mining Engineering: «Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining», 2015, Taylor & Francis Group, London, p. 435-439, M. Adambayev, A. Kuttybaev, A. Auezova.

[10] Research and development of software and hardware modules for testing technologies of rock mass blasting preparation//«Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining», 2015, Taylor & Francis Group, London, p. 185-192, M. Adambayev, A. Kopesbayeva, A. Auezova.

Айдана Калабаева, докторант, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, a.kalabaeva@list.ru

Вальдемар Вуйцик, т.ғ.д., профессор, Люблин техникалық университеті, Люблин, Польша, waldemar.wojcik@pollub.pl

Гулжан Кашаганова, PhD, Туран университеті, Алматы, Қазақстан, guljan_k70@mail.ru

Күлжан Тогжанова, PhD**,** доцент**,** Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, togzhanova_kuljan@mail.ru

Айнур Касымова, аға оқытушы, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, kasymova_79@mail.ru

ЭЛЕКТРОМЕХАНИКАЛЫҚ ТҮРЛЕНДІРГІШТЕРДІ АВТОМАТТЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ

Аңдатпа. Ротордың айналу жылдамдығын синхрондау үшін электромеханикалық түрлендіргіштерді автоматты басқару жүйесінің жұмыс режимдері әзірленді және зерттелді. Ұсынылған айналымды автоматты басқару жүйесі басқарылатын қозғалтқышты минутына 0-ден 5000 айналымға дейінгі кең диапазонда реттеуге мүмкіндік береді (айналымдарды синхрондау). Синхрондау дәлдігін жақсарту үшін электромеханикалық түрлендіргіштердің номиналды параметрлері нормаланған мәндерден ауытқыған кезде де синхрондау дәлдігін арттыруға мүмкіндік беретін адаптивті алгоритм ұсынылады.

Түйінді сөздер. Адаптивті синхрондау, номиналды параметрлер, бұрыштық жиілік, айналу жиілігі.

Aidana Kalabaeva, doctoral student, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, a.kalabaeva@list.ru

Waldemar Wojcik, doctor of technical sciences,professor, Lublin technical university, Lublin, Poland, waldemar.wojcik@pollub.pl

Gulzhan Kashaganova, PhD, Turan university, Almaty, Kazakhstan, guljan_k70@mail.ru

Kulzhan Togzhanova, phd, docent, almaty technological university, Almaty, Kazakhstan, togzhanova_kuljan@mail.r

Ainur Kasymova, senior lecturer, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, kasymova_79@mail.ru

AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR ELECTROMECHANICAL CONVERTERS

Annotation. The operating modes of the automatic control system for electromechanical converters for synchronization of rotor speeds have been developed and investigated. The proposed automatic speed control system allows you to adjust the driven engine to the master (synchronize the speed) in a wide range from 0 to 5000 rpm. To improve the synchronization accuracy An adaptive algorithm is proposed that allows to increase the synchronization accuracy even when the nominal parameters of the electromechanical transducers deviate from the normalized values.

Keywords. Adaptive synchronization, nominal parameters, angular frequency, rotational speed.

****

УДК 51 (075) **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-347-357**

Ж.Т. Джулаева[1], В. Вуйцик[2], Г.Б. Кашаганова[3], К.О. Тогжанова[4]
[1]Логистика және көлік академиясы, Алматы, Казахстан
[2]Люблин техникалық университеті, Люблин, Польша
[3]Туран университеті, Алматы, Қазақстан
[4]Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: zhazj@mail.ru

АВТОМАТТЫ РЕТТЕУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ӨНЕРКӘСІПТІК РЕТТЕГІШТЕРІНІҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ОҢТАЙЛЫ РЕТТЕУ ӘДІСІН ӘЗІРЛЕУ

Аңдатпа. Бұл мақалада алгоритмді әзірлеудің негізгі идеясы өтпелі процестің таңдалған түріне сәйкес тербеліс көрсеткішінің орнатылуында жатыр. Содан кейін, баптау параметрлерінің әртүрлі бекітілген мәндері үшін күрделі жазықтықта ашық цикл фазасының реакциясы сызылады. Әрбір АФЖС үшін оның күрделі жазықтықтағы орны талап етілетіннен қаншалықты ерекшеленетіні анықталады. Арнайы әдістермен қабылданған өнеркәсіптік реттеуіштердің оңтайлы баптау параметрлері анықталады. Өнеркәсіптік реттегіштердің реттеу сипаттамалары реттеу заңы бойынша идеалдан айтарлықтай ерекшеленеді (пропорционалды (П), интегралды (И), пропорционалды-интегралды (ПИ), пропорционалды-интегралды-дифференциалды (ПИД)). Осыған байланысты технологиялық қондырғылар мен құрылғыларды басқаруға арналған өнеркәсіптік реттегіштерді баптау параметрлерін анықтау, тіпті өнеркәсіптік басқару объектілерін автоматтандыру мамандарына да қиындықтар туғызады.

Мақалада өнеркәсіптік реттегіштердің нақтыланған параметрлерін анықтаудың сыналған әдісі ұсынылады (П, И, ПИ, ПИД). Ұсынылған әдістің мәні ашық жүйенің (АФЖС) амплитудалық - фазалық жиілік сипаттамаларын және тербеліс критерийін (М-критерий) пайдалану негізінде графоаналитикалық әдісті қолдану болып табылады. Реттеудің әртүрлі заңдарын (П, И, ПИ, ПД, ПИД) жүзеге асыратын өнеркәсіптік реттеуіштердің нақты (оңтайлы) параметрлерін анықтаудың ұсынылған әдісін қолдануға өтпелі процестің таңдалған түріне сәйкес келетін тербеліс көрсеткіші берілуі керек.

Түйінді сөздер. Өнеркәсіптік реттегіштер (П, И, ПИ, ПИД), баптау параметрлері, М-критерилері, АФЖС, автоматты реттеу жүйелері, Пад қатары, реттеуші заңдары, оңтайлы параметрлер, өтпелі процесстің алгоритмі.

Кіріспе.

Әртүрлі реттеуші заңдары бар казіргі заман талабына сай өнеркәсіптік реттегіштердің параметрлерін анықтау (П, И, ПИ, ПИД), олар идеалдан айтарлықтай ерекшеленеді (математикаланғандардан) технологиялық процестермен АРЖ орнату мен конфигурациялауда айтарлықтай қиындықтар туғызады.

Жұмыста жүйенің амплитудалық-фазалық жиілік сипаттамалары (АФЖС) және берілген М-критерий (тербеліс критерийі) негізінде графоаналитикалық әдіске негізделген әртүрлі реттеу заңдары бар өнеркәсіптік реттегіштердің оңтайлы параметрлерін анықтаудың қолданбалы сыналған әдісі ұсынылады.

Материалдар мен тәсілдер.

Өнеркәсіпте әртүрлі технологиялардың, технологиялық қондырғылар мен қондырғылардың негізгі шығыс координаттары үшін көптеген автоматты басқару жүйелері (АБЖ) жұмыс істейді. Көптеген АБЖ реттеу процесінің сапасы көп нәрсені

қажет етеді. Соңғысы өнеркәсіптік бақылау объектілерін дұрыс анықтаумен және соның салдарынан өнеркәсіптік реттеушіні шамамен таңдаумен байланысты. Бүгінгі күні өнеркәсіптік реттеуіштердің оңтайлы параметрлерін анықтау бойынша нақты ұсыныстар жоқ.

Бұл жұмыста өнеркәсіптік реттегіштердің параметрлерін анықтаудың бір мәнді алгоритмі ұсынылған. Ұсынылған алгоритмді қолдану, сөзсіз, автоматтандырылған өндірістердің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін едәуір жақсартады, бұл сөзсіз үлкен өзектілікке ие.

Жүйенің АФЖС және М-критериясын қарастыру негізінде графикалық-аналитикалық әдісті қолдана отырып, өнеркәсіптік контроллерлердің баптау параметрлерін анықтаудың жаңа әдісі әзірленді.

Ұсынылған алгоритмді әзірлеудің негізгі идеясы өтпелі процестің таңдалған түріне сәйкес тербеліс индексінің орнатылуында жатыр. Содан кейін, баптау параметрлерінің әртүрлі бекітілген мәндері үшін күрделі жазықтықта ашық цикл фазасының реакциясы сызылады. Әрбір АФЖС үшін оның күрделі жазықтықтағы орны талап етілетіннен қаншалықты ерекшеленетіні анықталады. Арнайы әдістермен қабылданған өнеркәсіптік контроллердің оңтайлы орнату параметрлері анықталады.

Өнеркәсіптік реттегіштер негізінде автоматты реттеу жүйесін синтездеу тәртібі мыналарды қамтиды:

- нақтыланған әдістеме бойынша реттегіш параметрлерін таңдау;
- ашық және жабық жүйенің беріліс функциясын анықтау;
- өтпелі процестің қисығын құру және реттеу сапасының көрсеткіштерін талдау;
- жүйенің тұрақтылығын талдау. Автоматты реттеу жүйесін синтездеудің көрсетілген қадамдарын толығырақ қарастырайық.

Өндірістік реттегіштерді түзетуді қатаң анықтау – жүйенің амплитуда – фазалық жиіліктік сипаттамасы (АФЖС) және М – критериі (тербеліс критериі) негізінде графоаналитикалық тәсілмен орындалуы мүмкін. М – шамасын 1,1 – ден 2,4 – ке дейін таңдайды. Мысалы, 20% – ті асқын реттелу өтпелі процесс типі үшін $M = 1{,}3$, ал минималды квадратты интегралды көрсеткіші бар өтпелі процесс үшін $M = 2{,}1$ [1,2].

Реттегіштердің оптималды түзетуін есептеуді М тербеліс көрсеткішімен бастайды және кешенді жазықтықта түзетудің әртүрлі жазып алынған параметрлері үшін бірнеше АФЖС – ны ажыратылған жүйеде құрайды. Содан соң әр АФЖС үшін оның орналасуы талап етілгеннен қанша есе ерекшеленетінін анықтайды. Арнайы жолдар көмегімен (формула, графикалық тұрғызу) реттегіштерді түзету параметрлерін анықтайды, ол кезде ажыратылған жүйенің АФЖС – ы кешенді жазықтықта талап етілген орынды алады, сәйкесінше, өтпелі процестің талап етілген тербеліс көрсеткіші алынады.

Графикалық тұрғызу ерекшелігі, берілген әдісті пайдалану кезінде, АФЖС (объект – реттегіш) қосымша шеңберді жанасу керектігінде (1 сурет), оның орталығы (центрі) кері жарты өсьте жарты және r радус тербеліч көрсеткішімен мына қатынаспен байланысқан

$$r = \frac{M^2}{M^2 - 1}. \qquad (1)$$

Реттегіштердің оңтайлы параметрлерін анықтау әдісі келесідей:

а) П – реттегіштердің k_p түзетуін табу үшін ажыратылған жүйенің АФЖС – ын құрады (1, a-сурет), $k_p = 1$ деп қабылдайды.

Бұл жағдайда жүйенің АФЖС – сы басқару объектінің АФЖС – на сәйкес келеді. Одан соң, координат басынан $\beta = \arcsin 1/M$ бұрышпен кері жарты өсьте орналасқан

центрден циркульмен АФЖС – ны және жүргізілген сызықты бір уақытта кесіп өтетін r радиуста, шеңбер жүргізеді. Реттегіштердің қажетті беріліс коэффициенті щеңбердің алынған r радиус шамасымен анықталады [3].

$$k_p = \frac{M^2}{M^2 - 1} \cdot \frac{1}{r}. \qquad (2)$$

Мысалы, М =l,62, үшін $\Delta x_1/\Delta x \approx 34$ %; $k_p = 1/r$; $\beta = 38°$;

б) ПИ реттегіштердің $T_и$ және κ_p түзетуін табу үшін $\kappa_p = 1$ кезіндегі жүйенің және $T_и$ бірнеше мәндер кезіндегі АФЖС –ң құрайды. $\kappa_p = 1$ кезінде ажыратылған жүйенің әр АФЖС векторына және $T_и$ мәндердің біреуіне модулі бар вектор жалғайды. Ол сағат тілі бойынша 90^0-қа бұрылған (1, б-сурет).

$$\Delta A = \frac{A_0}{\omega \Delta T_И}.$$

Содан соң, $\beta = \arcsin 1/M$ бұрышпен кері жарты оське жүргізеді және кері жартылай оське сызықтыда, $T_и$ таңдалған мәндер кезіндегі жүйенің АФЖС-н да кесіп өтетін щеңбер сызады. κ_p күшейту коэффициенттерін формула бойынша есептейді. Алынған κ_p және $T_и$ жұптары үшін график тұрғызылады (1,в-сурет). Бұл график М берілген тербеліс көрсеткішіне сәйкес шекараны тұрғызады. Координат басынан жанаманы М тербеліс мәндеріне тең құрылған желілілерге өткізе А нүктесін аламыз, мұнда $\kappa_p / T_È$ оптималды қатынасы қамтамасыз етеді

$$\int_0^\infty \Delta x^2(t)dt \to \min .$$

в) ПИД- регуляторды пайдалану кезінде түзету әдістемесі ұқсас. Бұл жағдайда ажыратылған жүйнің АФЖС –ы алдын ала таңдалған $T_и$ изодром уақытпен $T_п$.ескерту уақытқа қатынасы үшін құралады. Жалпы, бұл қатынас нақты реттегіштердің мүмкіндігіне тәуелді. 0,25 – 0,5 –ке тең етіп таңдалады. Белгілі оптималды $T_и$ мәнімен $T_и/T_п$ қабылданған қатынас бойынша ескеру уақытының мәнің анықтайды.

Ажыратылған жүйенің АФЖС-н есептеу (2 сурет) келтірілген алгоритм бойынша жүргізу ыңғайлы. Ол үшін объектінің беріліс функциясында $e^{-\tau_З p}$ таза кешігу үзбесін Пад қатарына жазылған түрде берілу керек. Бастапқы берілгендер:

- объектінің өлшемсіз беріліс функциясының динамикалық коэффициенттері T_3, T_2, T_1, T, T_0 және оның R_0 беріліс коэффициент і;
- $e^{-\tau_З P}$тарату коэффициенті:
- реттегіштер жүйесінде қолданылатын түзбе: РГ-1 (П-реттегіші); РГ-2 (И-реттегіші), РГ-3 (ПИ-реттегіші); РГ-4 (ПИД –реттегіші);
- реттегіштердің беріліс функциясының коэффициенттері; $k_p, T_И, T_П$;
- N жиілік саны жиілік арасындағы H интервал.

Есептеу мысалын қарастырайық. Дифференциалды теңдеу негізінде, e^{-5p} үшін таза кешігу үзбесін таратқан соң Пад қатарына екі мүшені қалдырып, объектінің беріліс функциясын мына түрде аламыз

$$W_0(p) = \frac{0{,}15(3{,}12p^2 - 2{,}5p + 1)}{(295p^3 + 97p^2 + 15{,}3p + 1) * (3{,}12p^2 + 2{,}5p + 1)}. \qquad (3)$$

1 кестеде келтірілген ПИ-реттегішті түзету комбинациясы үшін АФЖС-ын анықтаймыз. Үшінші квадрантта АФЖС-ын құру үшін 0,025-0,90 рад/с диапазонында 12 жиілігі үшін векторлардың координат ұштарын есептейміз. Есептеуді түзетудің бірінші комбинациясы үшін бастаймыз.

1 кесте - ПИ-реттегішті түзету комбинациясы

Бастапқы берілгендер		Есептеу нәтижесі	
k_p	$T_и$	r_i	k_p
1	3	1,045	0,95
1	4	0,728	1,37
1	5	0,575	1,73
1	6	0,47	2,12

1. кестенің деректеріне сәйкес. екінші бағдарламаларды есептеу үшін тиісті ауыстырулар жасаймыз. Есептеу нәтижелері 3, *а* суретте, АФЖС графиктері түрінде келтірілген.

Тербеліс мәнін бере отырып M = 1,62, сәуленің көлбеу бұрышын анықтаймыз β=arcsin 1/1, 62 = 38°. 1, а-суретте келтірілген АФЖС ның әрқайсысы үшін сәуле мен АФЖС на бір мезгілде қатысты заттай сипаттамада центрі бар шеңберлерді таңдаймыз. (2) формула бойынша есептеу нәтижелерін анықтаймыз 1-кестеде келтірілген. олар 3, *б* суретте график құрып, оңтайлы параметрлерді анықтайды:

$$k_{p_0} = 1{,}62, \quad T_{И_0} = 4{,}65\,c.$$

2. Қарастырылып отырған басқару жүйесінде өтпелі процестің қисығын алу үшін реттегіштің оңтайлы параметрлерінде ашық және тұйықталған басқару жүйесінің беріліс функциясын анықтау қажет.

$W_0(p)$ и $W_p(p)$ беріліс функцияларын көбейткеннен кейін алымы мен бөлгіш мүшелерінің р дәрежесіне қатысты топтастыруын былай жазуға болады:

$$W(p) = \frac{A_6 p^6 + A_5 p^5 + A_4 p^4 + A_3 p^3 + A_2 p^2 + A_1 p + A_0}{B_7 p^7 + B_6 p^6 + B_5 p^5 + B_4 p^4 + B_3 p^3 + B_2 p^2 + B_1 p + B_0}. \qquad (4)$$

(4) өрнек коэффициенттерін 2-кестеде берілген формулалар арқылы есептеуге болады. Формулалар қарастырылатын объектілердің және типтік реттегіштердің кез-келгенін қамтитын жүйелер үшін жарамды.

Басқару объектісіне зиянды әсер ету кезінде тұйықталған жүйенің беріліс функциясы

$$W_{3.0}(p) = \frac{W_0(p)}{1 + W(p)}. \qquad (5)$$

(5) мәнінің орнына $W_0(p)$ және W(p), түрлендірулер мен мүшелерді дәрежелерге қатысты топтастырғаннан кейін р аламыз:

$$W_{3.0}(p) = \frac{C_5 p^5 + C_4 p^4 + C_3 p^3 + C_2 p^2 + C_1 p + C_0}{D_7 p^7 + D_6 p^6 + D_5 p^5 + D_4 p^4 + D_3 p^3 + D_2 p^2 + D_1 p + D_0 + 1}. \qquad (6)$$

Егер қоздырушы реттеушіге қолданылса (x_3 тапсырмасының өзгеруі), онда тұйықталған жүйенің беріліс функциясы:

$$W_{з.рег}(p) = \frac{W_0(p)}{1+W(p)}, \tag{7}$$

ал (7) W(p) ауыстырып, түрлендірулерден кейін аламыз

$$W_{з.рег}(p) = \frac{C_5 p^5 + C_4 p^4 + C_3 p^3 + C_2 p^2 + C_1 p + C_0}{D_7 p^7 + D_6 p^6 + D_5 p^5 + D_4 p^4 + D_3 p^3 + D_2 p^2 + D_1 p + D_0 + 1}. \tag{8}$$

Коэффициенттерді есептеу формулалары (6), (8) 3-кестеде келтірілген. (4), (6) және (8) беріліс функцияларын есептеу үшін бастапқы деректер (4), (6) және (8) ашық жүйенің АФЖС есептеуінің бастапқы деректерінің 1 - 4-тармақтарына қосымша қоздырушы әсердің қолдану коды болып табылады: V= l, егер әсер объектіге қолданылса, және V=2, егер әсер реттеушіге қолданылады.

4 суретте келтірілген алгоритм бойынша компьютерде есептеу нәтижесінде ашық және тұйықталған автоматты басқару жүйесінің беріліс функциялары алынды:

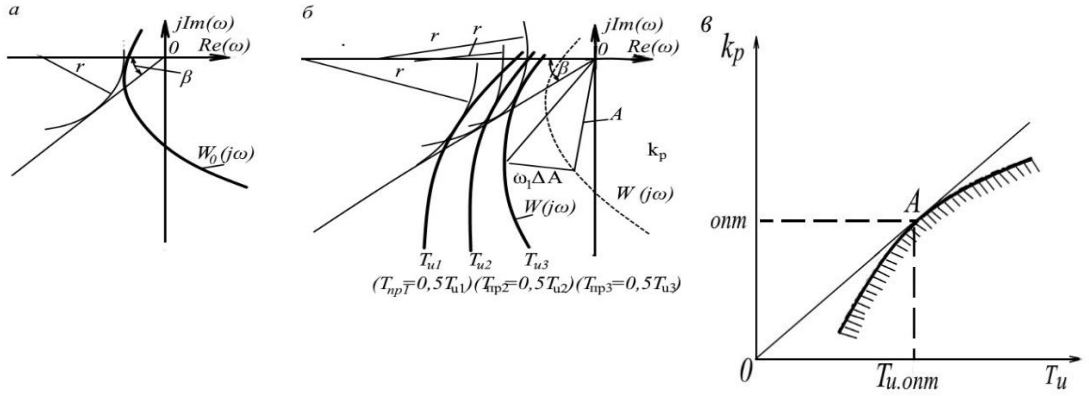
$$W_{1p}(p) = \frac{-2{,}97p^4 + 2{,}89p^3 - 2{,}06p^2 + 0{,}52p + 0{,}24}{3567p^7 + 5459p^6 + 5024p^5 + 2734p^4 + 643p^3 + 82{,}8p^2 + 4{,}65p};$$

$$W_{1з}(p) = \frac{-2{,}97p^4 + 2{,}89p^3 - 2{,}06p^2 + 0{,}52p + 0{,}24}{3567p^7 + 5459p^6 + 5024p^5 + 2734p^4 + 643p^3 + 82{,}8p^2 + 4{,}65p}. \tag{9}$$

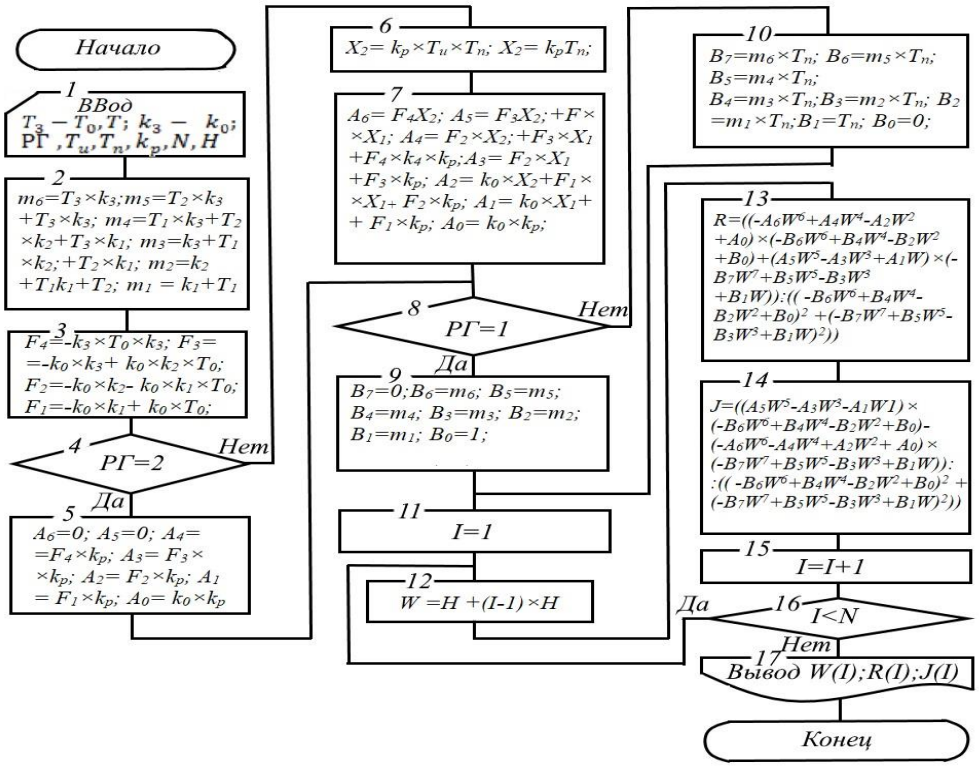
3. Автоматты реттеу теориясынан формулаға сәйкес тұйықталған жүйенің нақты жиілік реакциясы бойынша өтпелі функцияларды есептеудің қарапайым әдісі белгілі:

$$x(t) = \frac{2}{\pi}\int_0^\infty \frac{\mathrm{Re}_3(\omega)}{\omega}\sin \omega t\, dt, \tag{10}$$

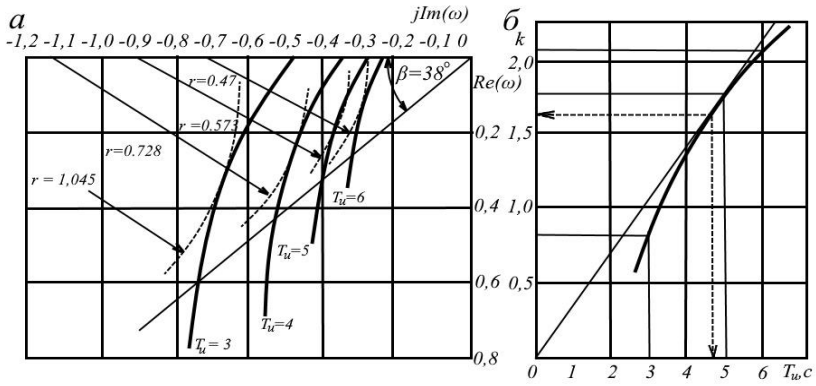
мұндағы $\mathrm{Re}_3(\omega)$ - тұйықталған жүйенің (НЖС) нақты жиілік реакциясы. $\mathrm{Re}_3(\omega)$ өрнек негізінде есептелуі мүмкін (6), ол үшін p операторын $j\omega$ ауыстыру қажет, алымы мен бөлімін бөлгіштің жалғауына көбейтіп, нақты және жорамал бөлшектерді ажырату керек.



1 сурет - Объектінің амплитудалық-фазалық сипаттамасы бойынша реттегіштердің берілу коэффициентін графикалық анықтау: а, б – П, ПИ-реттегіштер үшін; в-оңтайлы дамуды анықтау



2 сурет - ЭЕМ ашық жүйенің АФЖС есептеу алгоритмі



3 сурет - ПИ реттегішінің оңтайлы параметрлерін анықтау

5-суретте $Re_3(\omega)$ есептеуді жүзеге асыратын алгоритм берілген. Мұндай есептеу үшін бастапқы деректер:

- беріліс функциясының коэффициенттері (6), (8) C_6 - C_0 және $Д_7$ - $Д_0$;
- жиілік саны N, ол үшін НЖС есептеу керек;
- жиіліктің сандық мәндерінің *W[N]* массиві. Жиілік диапазоны біркелкі емес таңдалуы керек, сондықтан төмен жиілікті аймаққа сәйкес келетін жиіліктер саны НЖС барлық ерекшеліктерін анықтау үшін жеткілікті болады.

$W_{13}(p)$ беріліс функциясы үшін ФЖС анықтаймыз (9). Есептеу 0,04 - 1,1 рад/с диапазонындағы 18 жиілік мәні үшін орындалады.

Есептеу нәтижелері 6, *а.* - суретте НЖС графигі түрінде ұсынылған, интегралды (10) есептеуді Симпсон әдісі бойынша жүргізуге болады, ол үшін (l0) теңдеуіндегі интеграцияның төменгі нөлдік шегі 0,1•10-8 кіші санмен, ал жоғарғы шегі жүйе жүзеге асырылатын максималды жиілікпен ауыстырылады (НЖС дан анықталады).

Өтпелі процесті есептеу алгоритмі 7-суретте келтірілген. Есептеу машинасына енгізу үшін бастапқы деректер:

- беріліс функциясының коэффициенттері C_6 - C_0 және $Д_7$ - $Д_0$;
- WK жүйесі жауап беретін максималды жиілік;
- реттеу объектісінің кешігу шамасы З;
- бастапқы *ТН*, соңғы *ТК* уақыт (с) өтпелі процесс және қадам Д (с), онымен өтпелі процесті есептеу қажет.

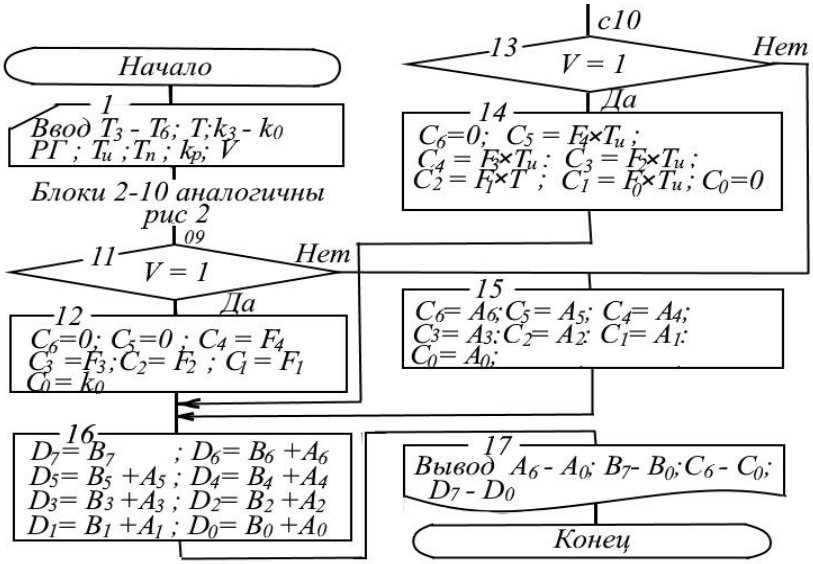
Қарастырылып отырған жүйеде өтпелі процесті сыртқы әсерді қолдану сәтінен бастап әрбір 1 с арқылы 40 с аяқталғанға дейін есептейміз, ω_{max}=0,2 рад/с.

ЭЕМ есептеулердің нәтижелері 6, б-суретте көрсетілген.

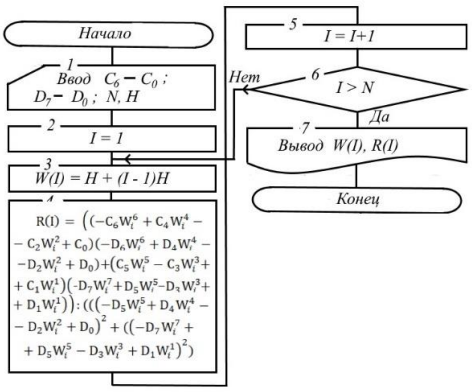
Жоғарыда келтірілген әдіс бойынша реттегіштің оңтайлы параметрлерін таңдау жүйенің тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Модуль мен фаза бойынша тұрақтылық қорын анықтау қажет болған жағдайда реттегіштің оңтайлы параметрлерімен 5-суретте келтірілген алгоритм бойынша ашық жүйенің АФЖС есептеледі.

2 кесте - Коэффициенттерді есептеу формулалары (4)

A_i	Реттегіштердің барлық түрлері үшін	B_i	Реттегіштердің түрлері	
			П	ПИ, И, ПИД
-	-	B_7	0	$T_3k_3T_И$
A_6	$-k_0k_pk_3T_0T_ИT_П$	B_6	T_3k_3	$(T_2k_3+T_3k_2)T_И$
A_5	$k_0k_p[T_ИT_П(-k_3+k_2T_0)-k_3T_0T_И]$	B_5	$T_2k_3+T_3k_2$	$(T_1k_3+T_2k_2+T_3k_1)T_И$
A_4	$k_0k_p[T_ИT_П(k_2+k_1T_0)-T_И(k_2T_0-k_3)-k_3T_0]$	B_4	$T_1k_3+T_2k_2+T_3k_1$	$(Tk_3+T_1k_2+T_2k_1+T_3)T_И$
A_3	$k_0k_p[T_ИT_П(T_0-k_1)+T_И(k_2-k_1T_0)+(k_2T_0-k_3)]$	B_3	$k_3+T_1k_2+T_2k_1+T_3$	$(Tk_2+T_1k_1+T_2)T_И$
A_2	$k_0k_p[T_ИT_П+T_И(T_0-k_1)+(k_2-k_1T_0)]$	B_2	$k_2+T_1k_1+T_2$	$(Tk_1+T_1)T_И$
A_1	$k_0k_p(T_И-k_1+T_0)$	B_1	k_1+T_1	$TT_И$
A_0	k_0k_p	B_0		



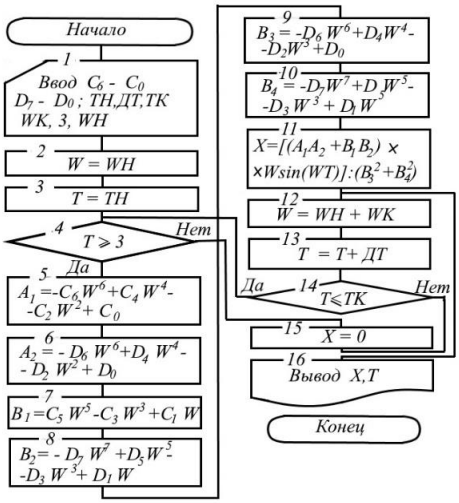
4 сурет - Ашық және тұйықталған АБЖ беріліс функцияларын ЭЕМ есептеу алгоритмі



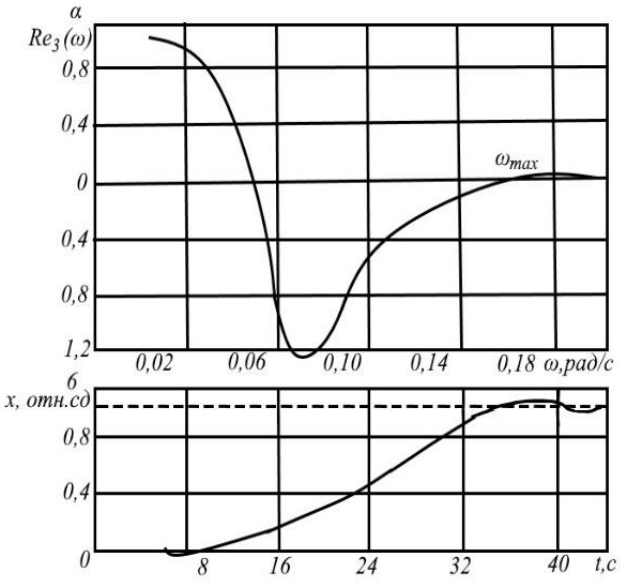
5 сурет - Нақты жиілік сипаттамасының ЭЕМ есептеу алгоритмі

3 кесте - Коэффициенттерді есептеу формулалары (8)

D_i	Кез келген жердегі қоздыру қосымшаоары және реттегіштің кез	C_i	Кез келген реттегіш түріне қоздыру қолданбасы	Объектіге қолданылатын қоздырушы	
				Реттегіш түрі	
				П	ПИД, И, ПИ
D_7	B_7	□	□	□	□
D_6	B_6+A_6	C_6	A_6	0	0
D_5	B_5+A_5	C_5	A_5	0	$-k_0k_3T_0T_И$
D_4	B_4+A_4	C_4	A_4	$-k_0k_3T_0$	$(-k_3- k_2T_0)k_0T_И$
D_3	B_3+A_3	C_3	A_3	$(k_2T_0- k_3)k_0$	$(+k_2- k_1T_0)k_0T_И$
D_2	B_2+A_2	C_2	A_2	$(k_2- k_1T_0)k_0$	$(T_0- k_1)k_0T_И$
D_1	B_1+A_1	C_1	A_1	$(k_0- k_1)k_0$	$k_0T_И$
D_0	B_0+A_0	C_0	A_0	k_0	0



6 сурет - Реттеу жүйесіндегі нақты жиіліктік сипаттама (а) және өтпелі процесс (б)



7 сурет - Өтпелі процестердің ЭЕМ есептеу алгоритмі

Нәтижелер мен талқылау.

Әртүрлі реттеу заңдары бар өнеркәсіптік реттегіштерді орнатудың оңтайлы параметрлерін анықтау әдісі жасалды. Әдіс қарастырылып отырған жүйенің амплитудалық - фазалық-жиілік сипаттамаларын және берілген М-критерийін құра отырып, графоаналитикалық шешімге негізделген. Оңтайлы баптау параметрлері бар жүйенің синтезі зерттелетін технологияның басқарылатын параметрін Автоматты реттеу жүйелері үшін біртұтас болып табылады, бұл ашық және тұйық күйдегі автоматты реттеу жүйесінің кез келген жиілік сипаттамаларын құруды, өтпелі процесті құруды, реттеу сапасының тікелей көрсеткіштерін бағалауды жеңілдетеді

Қорытынды.

Технологиялық процестерді автоматты басқару жүйелерінің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін арттыру үшін мыналар ұсынылады:

- әртүрлі реттеу заңдары бар өнеркәсіптік реттегіштердің оңтайлы параметрлерін анықтаудың жаңа әдісі (П, И, ПИ, ПИД);
- автоматты басқару жүйелерінің кез келген жиілік сипаттамаларын есептеуді, оның өтпелі процесін құруды жеңілдетуге мүмкіндік беретін автоматты тұрақтандыру жүйелерінің синтезін біріктіру алгоритмі берілген.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Васильев Д.В., Чуич В.Г. Системы автоматического управления (примеры расчета). – М.: Высшая школа, 1967.

[2] Адамбаев М.Д. Определение динамической структуры и параметров промышленных объектов управления. – Алматы, комплекс 2010.

[3] Адамбаев М.Д. Теория и практика технического эксперимента (учебник рекомендованный МОН РК). – Алматы: КазНТУ им К.И. Сатпаева, 2013.

[4] Льюнг Л. Идентификация систем (теории для пользователя). – М.: Высшая школа, 1991.

[5] Адамбаев М.Д. Автоматтандырылған реттеу мен реттегіштер. Оқу құралы. – Астана: Фолиант, 2018 – 216 б.

[6] Адамбаев М.Д., Джулаева Ж.Т., Калабаева А.Е. Сызықты автоматты реттеу жүйелері (математикалық негіздері). Оқу құралы. – Алматы: М. Тынышбаев атындағы ҚазККА, 2019 – 180 б.

Zhazira Zhulaeva, doctoral student, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, zhazj@mail.ru

Waldemar Wojcik, Doctor of Technical Sciences, Professor, Politechnika Lubelska, Lubelska, Poland, waldemar.wojcik@pollub.pl

Gulzhan Kashaganova, PhD, Turan University, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, guljan_k70@mail.ru

Kulzhan Togzhanova, PhD, docent, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, togzhanova_kuljan@mail.ru

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR OPTIMAL ADJUSTMENT PARAMETERS OF THE INDUSTRIAL REGULATORS OF AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS

Abstract. This article is devoted to the optimization of the settings of industrial regulators on the principle of approximate equality of the reference and real transient process of a closed control system. To determine the initial coefficients of adjustment of the parameters of the regulators, the methods of amplitude-phase frequency characteristics (AFC), undamped oscillations, damped oscillations were considered. To optimize the parameters of the control system, a simulation of an automatic control system (ATS) with various control objects was carried out, according to the results of which it was possible to trace the dynamics of lowering the reference transient characteristic and establish for each object of study a corridor in which the lower limit of the correction range should be located. Regulation characteristics of industrial regulators differ significantly from the ideal of the same class according to the law of regulation (proportional (P), integral (I), proportional-integral (PI), proportional-integral-differential (PID)). In this regard, the determination of the settings of industrial regulators for the control of technological units and installations cause great difficulties even for specialists in the automation of industrial control facilities.

The paper proposes a proven method for determining the refined settings of industrial regulators (P, I, PI, PID). The essence of the proposed method is to use a graphoanalytic method based on the use of amplitude-phase-frequency characteristics of an open system (afch) and the criterion of oscillation (M-criterion). To use the proposed method for determining the refined (optimal) parameters of industrial regulators implementing different laws of regulation (P, I, PI, PD, PID), it is necessary to give an index of oscillation corresponding to the selected type of transition process.

Keywords. Industrial regulators (P, I, PI, PID), settings, M-criteria, APFC, automatic control systems, a number of Padas, regulatory laws, optimal settings, transient algorithm.

Жазира Джулаева, докторант, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, zhazj@mail.ru

Вальдемар Вуйцик, т.ғ.д., профессор, Люблинский политехнический университет, Люблин, Польша, waldemar.wojcik@pollub.pl

Гулжан Кашаганова, PhD, Университет Туран, Satbayev University, Алматы, Казахстан, guljan_k70@mail.r

Күлжан Тогжанова, PhD**,** доцент**,** Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, togzhanova_kuljan@mail.ru

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГУЛЯТОРОВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Аннотация. Данная статья посвящена вопросу оптимизации параметров настройки промышленных регуляторов по принципу приближенного равенства эталонного и реального переходного процесса замкнутой системы регулирования. Для определения первоначальных коэффициентов настройки параметров регуляторов рассматривались методы амплитудно-фазовых частотных характеристик (АФЧХ), незатухающих колебаний, затухающих колебаний. Для оптимизации параметров системы регулирования проведено моделирование системы автоматического регулирования (САР) с различными объектами регулирования, по результатам которого удалось проследить динамику понижения эталонной переходной характеристики и установить для каждого объекта исследования коридор, в котором должна находиться нижняя граница диапазона коррекции. Регулировочные характеристики промышленных регуляторов значительно отличаются от идеальных такого же класса по закону регулирования (пропорциональный (П), интегральный (И), пропорционально-интегральный (ПИ), пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД)). В связи с этим определение параметров настройки промышленных регуляторов для управления технологическими агрегатами и установками вызывают большие трудности даже для специалистов по автоматизации промышленных объектов управления.

В работе предлагается апробированный метод определения уточненных параметров настройки промышленных регуляторов (П, И, ПИ, ПИД). Сущность предлагаемого метода заключается в использовании графоаналитического способа на основе использования амплитудно - фазочастотных характеристик разомкнутой системы (АФЧХ) и критерия колебательности (М-критерия). Для использования предлагаемого метода определения уточненных (оптимальных) параметров промышленных регуляторов реализирующие разные законы регулирования (П, И, ПИ, ПД, ПИД), необходимо даваться показателем колебательности, соответствующему выбранному типу переходного процесса.

Ключевые слова. Промышленные регуляторы (П, И, ПИ, ПИД), параметры настройки, М-критерии, АФЧХ, системы автоматического регулирования, ряд Пада, законы регулирования, оптимальные настройки, алгоритм переходных процессов.

****

ӘОЖ 681.5: 628.1 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-358-365**

А. Асет✉, Ә.А. Басароввa, А.А. Копесбаева, Б.К. Муханов
Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: aset.asxat@mail.ru

ТҰРҒЫН ҮЙ КЕШЕНІНДЕГІ СУМЕН ЖАБДЫҚТАУДЫ БАСҚАРУДЫҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДІ ЖҮЙЕСІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Суды жеткізу жүйелерін диспетчерлік пункіттен басқару, бақылаушылардың және басқару құрылғыларының көмегімен реттеу жұмыстары орындалады. Өкінішке орай, нарықта қол жетімді шешімдердің көптігіне қарамастан, ашық және жалпы қабылданған байланыс стандартының болмауы жеткізушілер әдетте өздерінің деректерді жинап, шешімдерін ұсынады, шешімдерді мәліметтер базасына енгізу су құбырынары арқылы шығындар мен деректерді жинау үшін инфрақұрылымды байланыстыру және деректерді бақылаудың болмауы тұрғысынан көп мәселелер туады. Нарықтағы су есептегіштерінің кең ауқымынан деректерді жинауға қабілеттілігі бар болсада, ашық және үйлесімді жағдайда суды интеллектуалды есепке алу шешімдеріне қажеттілік бар. Суды жеткізу жүйесіне арналған интеллектуалды шешім ол өзара әрекеттесетін сымсыз заттар интернеті негізінде және бағдарламалық құралдар арқылы іске асады, ол әртүрлі хаттамалар жұмыс істейтін смарт су есептегіштерін қолдану өте тиімді.

Түйінді сөздер. Заттар интернеті, суды жеткізу жүйесіндегі интеллектуалды басқару құрылғылары, контроллер.

Кіріспе.

Табиғи ресурстарды тиімді пайдалану, әсіресе, негізінен қалада шоғырланған халық санының қазіргі тенденцияларын ескере отырып, маңызға ие болуда. Суды жеткізу жүйесіндегі интеллектуалды өлшеу шешімдерінің қоғам үшін өте пайдалы екенін дәлелдеді, өйткені олар азаматтарды шамадан тыс тұтынуды азайтуға және ресурстарды ысырап етуді анықтауға тартуда өте тиімді. Бастапқыда энергетикадағы және Газадағы қымбат ресурстармен айналысатын коммуналдық нарықтарға бағытталған ақылды есепке алу қосымшаларына қызығушылық артып келеді. Соңғы уақытта өсіп келе жатқан қызығушылық суды тұтынудың интеллектуалды есебіне бағытталған. Суды есепке алудың бастапқы ақылды шешімдері судың ағып кетуін анықтау және алдын алу үшін өте пайдалы болды, бұл барған сайын маңызды мәселеге айналуда. Шын мәнінде, көптеген елдерде су газға қарағанда арзан тауар болып табылады және оның ағуы ешқандай қауіп төндірмейді, тұрғын үй мен тарату желілеріндегі судың ағуы өте жиі кездеседі және оларды анықтау қиын.

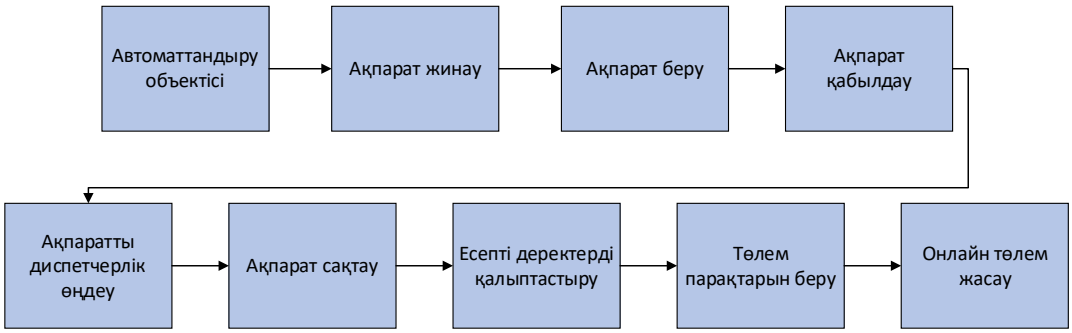
Материалдар мен тәсілдер.

Автоматты реттеу жүйелерін талдау және синтездеу әдістері, динамикалық бағдарламалау, ықтималдық және статистикалық деректерді талдау әдістері қолданылды, қазіргі қоғамдағы тұрақты дамуға деген қызығушылықтың артуы судың ағып кетуімен күресу үшін интеллектуалды суды есептеу құралдары нарығын ынталандырады және дамытады. Дегенмен, осы уақытқа дейін зерттеулер суды есепке алудың интеллектуалды шешімдерін зерттеуге шектеулі күш жұмсады. Өйткені судың интеллектуалды есебі ғылыми және инженерлік деңгейде қызықты мәселелер туғызады.

Нақтырақ айтсақ, осы мақалада шешуді қажет ететін үш негізгі мәселені бөліп көрсете аламыз.

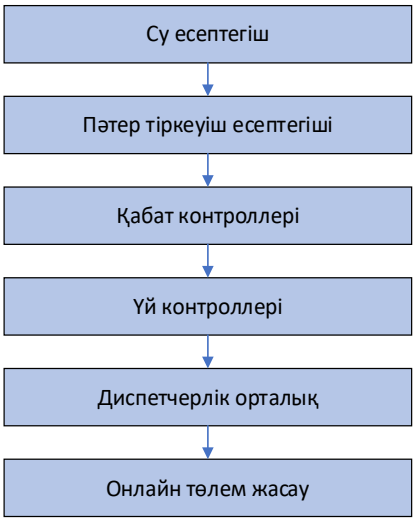
Біріншіден, интеллектуалды суды есептегіш нарығында ашық және қабылданған байланыс стандартының болмауына байланысты, интеллектуалды су есептегіш компанияларының көпшілігі өз шешімдерін ұсынады. Сонымен қатар, ақылды есептегіштер нарығы байланыс тұрғысынан тез дамып келеді: бірнеше жыл бұрын ақылды есептегіштер тек M-Bus сымсыз байланыс протоколын қолданған кезде, кейінірек есептегіштер LoRa-ны қолданады және интернет заттарының алғашқы тар жолақты шешімдері (NB-IoT) пайда болады. Бұл жоғары шығындарға (күрделі және операциялық) әкелуі мүмкін және сайып келгенде инновацияларға кедергі келтіруі мүмкін жеткізушілер мен су арналары протоколдарын блоктау мәселелеріне әкеледі. Екіншіден, соңғы пайдаланушы деңгейінде орнатылған су есептегіштерінің едәуір бөлігі суды тұтынуды визуалды түрде көрсетуге және адам операторының оқуына арналған дәстүрлі механикалық түрге жатады. Бұл «SAIMAN» түріндегі есептегіштер өте үлкен орнату базасына ие және әлі де арзан және жақсы тексерілген шешім болып табылады. Үшіншіден суды тұтынуды есепке алудың автоматтандырылған ақпараттық жүйесі (СТЕА ААЖ) ZigBee сымсыз технологиясында жүзеге асырылған және біріктірілген тәсіл негізінде талдау жасауымызға болады.

Құрылымдық сұлбада пәтердегі су есептегіш ретінде Panametrics компаниясының xmt868 шығын өлшегішін қолдану ұсынылып, оның ағымдағы шығысы 4-20 мА және контроллерді қосу үшін стандартты RS232 порты бар. Ал ақпаратты қабылдау және өңдеу үшін санауышқа контроллер қосылған [5]. Басқару бөлмесінде ақпаратты қабылдау үшін GSM модулі немесе Ethernet желісі арқылы үй контроллерлерінен сигнал қабылдау мүмкіндігі бар web-сервер орнатылған. МұндаZigBee технологиясымен жұмыс істейтін жүйенің бөлігі болып табылатын «Energy web-ZB» веб-серверін таңдаймыз. Құрылымдық сұлба 1-суретте көрсетілген [3].



1 сурет - СТЕА ААЖ құрылымдық схемасы

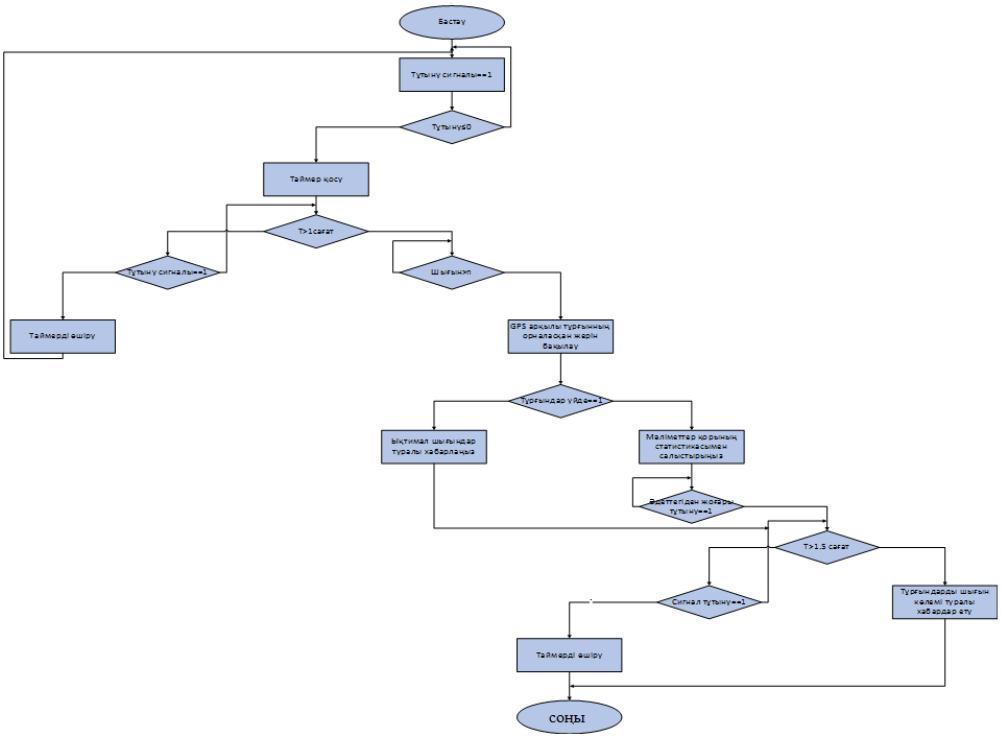
Бұл мақаладағы шешім негізінде SWaMM (Smart Water Measuring Middleware/ Суды интеллектуалды өлшеуге арналған аралық бағдарламалық жасақтама), әртүрлі хаттамалармен жұмыс істейтін смарт су есептегіштерінің кең ауқымымен өзара әрекеттесуге қабілетті үйлесімді сымсыз желі бойынша заттар интернетінің аралық бағдарламалық құралы қолданылады. Суды интеллектуалды өлшеуге арналған аралық бағдарламалық жасақтама компонентімен жұмыс істейтін құрылғыларды динамикалық түрде реттелетін смарт есептегіштерден суды тұтыну деректерін жинайды, бақылау мен энергияны үнемдеу арасында таңдау жиілігі деректерді алдын ала өңдейді, қажет болған жағдайда қайта кодтайды, содан кейін суды тұтыну деректерін одан әрі талдау негізінде SWaMM платформасына жіберіледі. Пайдаланушыларға да, су арнасына да тұтыну құрылымы туралы пайдалы ақпарат беруге арналған деректер беріледі.



2 сурет - Су шығынын есепке алуға арналған сұлба

Орталық диспетчерлік пункіттен ақпаратты өңдеуде Web-серверден келіп түскен ақпаратты өңдеу үшін «сумен жабдықтау» ЖШҚ диспетчерлерінің жұмыс орындарында орнатылған бағдарламалық жасақтамасы бар дербес компьютерлер арналған. Ақпаратты сақтау үшін сервер қолданылады [3]. Есептерді деректерді қалыптастыру үшін диспетчерлерінде жұмыс істеп тұрған бағдарламалық жасақтама бойынша жұмыстар атқарылады.

Суды тұтыну туралы мәліметтерді жинау, беру және тіркеу процедурасын қарастырамыз. Процедураның алгоритмі 3-суретте көрсетілген [3].



3 сурет – Қарапайым логикалық элементтер негізінде суды тұтыну бойынша құрылған блок схема

Нәтижелер мен талқылау.

Бұл мақалада интеллектуалды суды жеткізу жүйелері нарығының ерекшеліктері мен талаптарын нақты ескеру үшін «Алматы су» ЖШС мәліметтері негізінде интеллектуалды суды есепке алу мәселесі бойынша бұл олқылықты жою қарастырылы. Бұл мақалада шешіміміз су есептегіштерінің жанында деректерді алдын ала өңдеу мүмкіндіктерін тарату үшін озық есептеу әдісін пайдаланады және шығындарды азайту және өзара әрекеттесуді жеңілдету үшін аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз ету деңгейінде заманауи коммерциялық дайын заттар интернеті технологияларының артықшылықтарын пайдаланады. Нәтижесінде, олар жақын арада су құбырлары нарығында (кем дегенде) маңызды рөл атқаруы мүмкін. Бұл дегеніміз, кең ауқымды орналастыруға арналған интеллектуалды суды есепке алу шешімдері үнсіз есептегіштермен жұмыс істей алуы керек, мүмкін оқуды автоматты түрде оқудың күрделі шешімдерін енгізуі мүмкін, кең ауқымды интеллектуалды суды есепке алу шешімдерін нақты қабылдаумен байланысты практикалық аспектілерді қарастыру қажет. Нақтырақ айтсақ, радиожиіліктердің таралу мәселелерін қалай шешуге болады және оқу жиілігін қалай орнатуға болады (байқау мен энергияны тұтыну арасындағыромаға келу) маңызды мәселелер болып табылады. Осы салада алынған практикалық білім туралы есептер, өкінішке орай, осы жазу кезінде өте сирек кездеседі, дизайнерлерге суды есепке алудың жетілдірілген шешімдерін жасауға көмектеседі [1].

Шын мәнінде, су әдетте басқа тауарларға (газ, электр энергиясы) қарағанда әлдеқайда арзан болады. Тағы бір қызықты мәселе-су есептегіштері әдетте қауіпсіздіктің айқын себептері бойынша электрмен жабдықталмаған жерасты және/немесе қорғалатын аймақтарда (бақылау шұңқырларында) орналасады. Бұл кем дегенде қолайлы орташа қызмет ету мерзімін қамтамасыз ету үшін батареялармен жұмыс істейтін және энергияны үнемдейтін жүйелерді құруға әкеледі [4]. Суды интеллектуалды есепке алу салыстырмалы түрде соңғы тәжірибеге айналғанымен, нарықта бірнеше интеллектуалды су есептегіштері бар. Деректерді жинауды арнайы желілік инфрақұрылымсыз жүзеге асыруға болатын есептегіштерді қашықтықтан оқу жүйелерінде (RMR) жұмыс істеуге арналған: портативті қабылдағыштармен жабдықталған операторлар деректерді интеллектуалды есептегіштерге жақын жерде жаяу немесе жол жүру режимінде жинайды. RMR жүйелері интеллектуалды есептегіштерге физикалық қол жеткізу немесе визуалды бақылау қажеттілігін жояды, бірақ тұтынуды нақты уақыт режимінде немесе автоматтандырылған түрде бақылауға мүмкіндік бермейді.

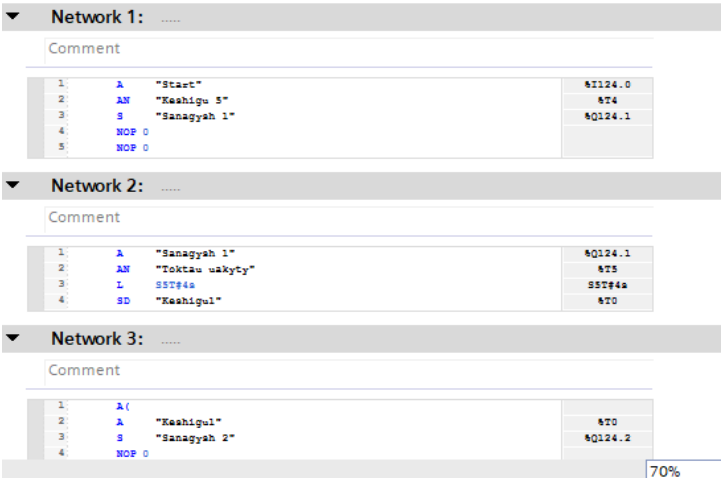
Default tag table

	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Visibl...
1	Start	Bool	%I124.0		☑	☑
2	Sanagysh 1	Bool	%Q124.1		☑	☑
3	Sanagysh 2	Bool	%Q124.2		☑	☑
4	Sanagysh 3	Bool	%Q124.3		☑	☑
5	Sanagysh 4	Bool	%Q124.4		☑	☑
6	Sanagysh 5	Bool	%Q124.5		☑	☑
7	Keshigu1	Timer	%T0		☑	☑
8	Keshigu 2	Timer	%T1		☑	☑
9	keshigu 3	Timer	%T2		☑	☑
10	Keri sanagysh 1 zhumys zhasauy	Bool	%Q124.6		☑	☑
11	Keshigu 4	Timer	%T3		☑	☑
12	Keshigu 5	Timer	%T4		☑	☑
13	bloktau1	Bool	%I124.1		☑	☑
14	bloktau 2	Bool	%I124.2		☑	☑
15	bloktau 3	Bool	%I124.3		☑	☑
16	Toktatu1	Bool	%Q125.0		☑	☑
17	Toktatu 2	Bool	%Q125.1		☑	☑
18	Toktatu 3	Bool	%Q125.2		☑	☑
19	Toktau uakyty	Timer	%T5		☑	☑
20	Toktau uakyty1	Timer	%T6		☑	☑
21	Toktau uakyty2	Timer	%T7		☑	☑
22	<Add new>				☑	☑

4 сурет- Step7 тілінде жазылған символдық кесте

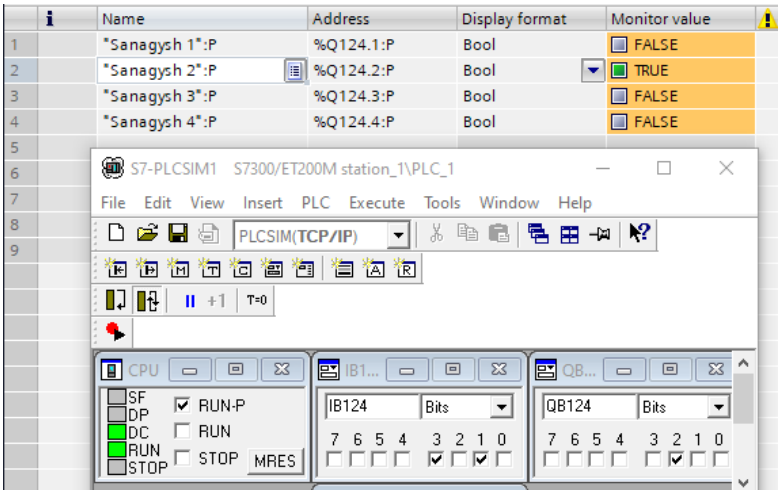
TIA Portal бағдарламасы ортасында Step7 тілінде су беру жүйесінің жұмыс режиміне талдау жасап, жоғарыдағы алгоритм бойынша символдық кестені құрып, кіріс-шығыс және аралық айнымалылардың аты (символ), оның адресі, типі және түсініктемелері беріліп TIA Portal бағдарламасының көмегімен су беру жүйесінің жұмыс режиміне талдау жасау.

Символдық кестені құрастыру. Символдық кестеде кіріс, шығыс және аралық айнымалылардың аты (символ), оның адресі, типі және түсініктемелері беріліп. Бағдарламалау тілінде талдау жасалынған.



5 сурет - Step7 бағдарламалау тіліндегі таңдап алынған айнымалылар

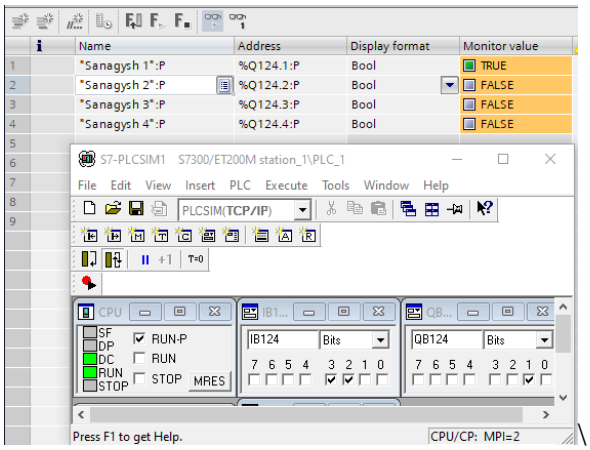
Кез келген диспетчерлік жүйелердің төменгі деңгейі – бақылау-өлшеу аспаптары, автоматтандырылған басқару құрылғылары. Түрлі сипатта болуы мүмкін байланыс арналары арқылы автоматика құрылғыларын және диспетчерлік оператор станцияларын қосу жүзеге асырылады.



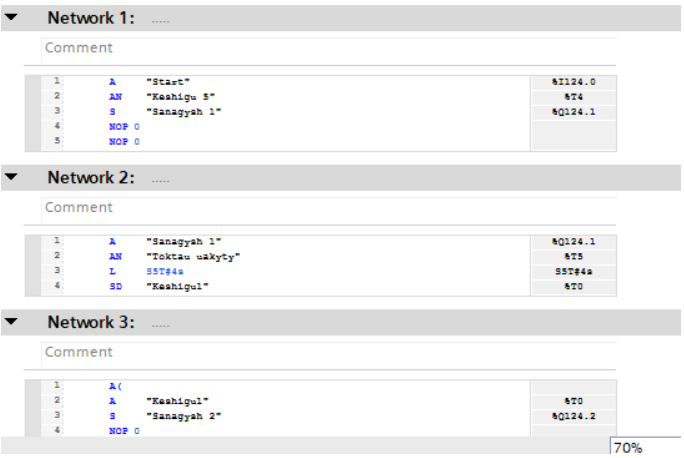
6 сурет – Екінші есептегіш жұмыс жасамаған жағдайда, бірінші есептегіштің жұмыс жасауы

Алдын ала анықталған жұмыс логикасы бар жергілікті басқару құрылғыларынан бас тарту және объектілерді әмбебап бағдарламаланатын контроллерлермен жабдықтау бүгінгі күннің тенденциясы болып табылады. Әмбебаптылық стандартты сигнал түрлерінің және жабдықты қосуға арналған интерфейстердің кең спектрін қолдау

арқылы қамтамасыз етіледі - жетектер мен өлшеу сенсорлары. Бағдарламаланатын контроллерлердің негізінде, ерікті спецификацияға сәйкес, инженер оның барлық мүмкіндіктерін және тұтынушының қосымша талаптарын ескере отырып, әрбір жеке объект үшін басқару жүйелерін жасай алады.



7 сурет - Бірінші есептегіш жұмыс жасамаған жағдайда, екінші есептегіштің жұмыс жасауы



8 сурет - Step7 тіліндегі программаның жұмыс қорытындысы

Кез келген кәсіпорынның табысты жұмыс істеуінің қажетті шарттарының бірі өндірістік процестерді жедел басқару мен басқаруды орталықтан диспетчерлеу болып табылады [7]. Ол техникалық-экономикалық көрсеткіштерді ескере отырып, жұмыс шығынын азайту және өндірістік қуаттарды тиімді пайдалану мақсатында нысанның жекелеген бөліктерінің үйлесімді жұмысын қамтамасыз етуге арналған. Бұл шарт толығымен отандық тұрғын үй-коммуналдық шаруашылыққа, сонымен бірге ұлттық экономиканың ең әлеуметтік маңызды саласына қатысты.

Қорытынды.

Тұрғын үй-коммуналдық шаруашылығындағы бойынша Суды тұтынуды есепке алудың автоматтандырылған ақпараттық жүйесін зерттеп, шығын азайту ақылды алгоритімі ұсынылды. Суды жеткізу жүйесін диспетчерлеу және сумен қамтамасыз ету, суды тазарту және канализациялау процестерін барынша автоматтандыруға мүмкіндік беретін заманауи қондырғыларды пайдалануға ыңғайлы екендігі анықталды. Сумен жабдықтау саласындағы цифрландыру сумен жабдықтау кәсіпорындарының

шығындарын азайтып, олардың жұмысының тиімділігін арттыру жолдары баяндалды. Құрылымдық сұлбада сызылған. Диспетчерлік қызмет пен энергияны ақылды есептеу жүйелерін дамытуды инвестициялаудың ерекшелігі баяндалып, диспетчерлік пункітке бейне камера, өрт дабылқаққыш орнатылып, бағдарламалық логикалық бақылаушы мен деректерді жинау және беру құрылғысы, сонымен бірге жиілік түрлендіргіш құрылғысы қолданылды. Сумен жабдықтау жүйесінің электрондық үлгісін калибрлеу кезіндегі нәтиже алынды.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Бекбаев А., Сүлеев Д., Хисаров Б., Сызықты және бейсызықты автоматты реттеу теориясы. Оқулық. - Алматы, 2015. 218-220 б.

[2] Erulanova A., Soltan G., Baidildina A., Amangeldina M., Aset A. Proceedings of 2020 7th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICEEE 2020) Investigating the Effect of Axial Displacement of Transformer Winding on the Electromagnetic Forces Antalya, Turkey, April 14-16, 2020. C.355-360

[3] Журба, М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование автоматизированных систем//М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова. - М.: Издательство АСВ, 2016.том1,№1 С.287- 288.

[4] Малинецкий Г. Системный анализ и математическое моделирование развития мегаполиса //Управление мегаполисом. 2019. С.26-29.

[5] Маликонов А.Г. Методы разработки автоматизированных систем управления. - М.: Энергия. 2016,том 1,№1, С.297-300.

[6] Уринов Э. Абдурахмонов С.М. Автоматизированная система управления водяными ресурсами: Международная конференция «Современные материалы, техника и технологии в машиностроении//Андижан. машиностроительный институт. Андижан, 2016. С. 446-449.

[7] Development and Improvement of Systems of Automation and Management of Technological Processes and Manufactures //N. Yusupbekov, F. Adilov, F. Ergashev. Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems. 2017. 11. No. 3. pp. 53-57.

[8] Fisher D.K., Sui R., An inexpensive open-source ultrasonic sensing system for monitoring liquid levels, Agricul. Eng. Int.: CIGR J. 15 (2018) 328-334.

[9] Jeswin C., Marimuthu B., Chithra K., Ultrasonic water level indicator and controller using AVR microcontroller, in: 2017 International Conference on Information Communication and Embedded Systems 2017, ICICES, 2017.

[10] Shah P.P., Patil A.A., S.S. Ingleshwar, IoT based smart water tank with Android application, in: Proceedings of the International Conference on IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud, I-SMAC 2017, 2017, pp. 600-603.

Askhat Aset, master, senior lecturer, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, aset.asxat@mail.ru

Assel Basarova, master, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, basarova.asel00@gmail.com

Aksholpan Kopesbaeva, candidate of technical science, professor, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, a.kopesbayeva@aues.kz

Bakyt Mukhanov, candidate of technical sciences, professor, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, bmukhanov@verbulak.com

RESEARCH OF AN INTELLIGENT WATER SUPPLY MANAGEMENT SYSTEM IN A RESIDENTIAL COMPLEX

Abstract. Works are carried out on the management of water systems from the control room, regulation with the help of controllers and control devices. Unfortunately, despite the large number of solutions available on the market, the lack of an open and generally accepted communication standard, suppliers usually collect their data and offer their solutions, the implementation of solutions in the database creates more problems in terms of infrastructure binding and lack of data control to collect costs and data through the water supply. While water meters on the market have the ability to collect data from a wide range, there is a need for intelligent solutions for water metering in open and compatible environments. An intelligent solution for a water supply system It is based on an interoperable wireless Internet of Things and is implemented using software tools that are very effective when using smart water meters on which various protocols operate.

Keywords. Internet of Things, intelligent control devices in the water supply system, controller.

Асхат Асет, магистр, старший преподаватель, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Алматы, Казахстан, aset.asxat@mail.ru

Асель Басарова, магистр, Алматинский университет энергетики и связи имение Г. Даукеева, Алматы, Казахстан, basarova.asel00@gmail.com

Акшолпан Копесбаева, к.т.н., профессор, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Алматы, Казахстан, a.kopesbayeva@aues.kz

Бакыт Муханов, к.т.н., профессор, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Алматы, Казахстан, bmukhanov@verbulak.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ В ЖИЛОМ КОМПЛЕКСЕ

Аннотация. Разработано исследование и регулирование водными системами с диспетчерского пункта, исследовано автоматизированная информационная система учета водопотребления, внедрен интеллектуальный алгоритм снижения затрат. К сожалению, несмотря на большое количество доступных на рынке решений, отсутствие открытого и общепринятого стандарта связи поставщики обычно собирают свои данные и предлагают свои решения, внедрение решений в базу данных создает больше проблем с точки зрения привязки инфраструктуры и отсутствия контроля данных для сбора затрат и данных через водопровод. В то время как счетчики воды на рынке обладают способностью собирать данные из широкого спектра, существует потребность в интеллектуальных решениях для учета воды в открытых и совместимых условиях. Интеллектуальное решение для системы водоснабжения он основан на взаимодействующем беспроводном интернете вещей и реализуется с помощью программных инструментов, которые очень эффективны при использовании интеллектуальных счетчиков воды, на которых работают различные протоколы.

Ключевые слова. Интернет вещей, интеллектуальные устройства, регулирование в системе водоснабжения, контроллер.

****

UDK: 629.423.31 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-366-371**

E.V. Iksar, Z.G.Nazirova, K.K. Jurayeva
Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan
E-mail: lade00@bk.ru

THERMAL PROCESSES OF ASYNCHRONOUS FREQUENCY-CONTROLLED MOTOR TAKING INTO ACCOUNT TRACTION LOADS

Abstract. In the article proposes a method for estimating the thermal state of an asynchronous traction motor. A block diagram of a thermal model of an asynchronous traction motor is presented in which the stator and rotor are modeled as concentric rotating cylinders. The convection heat exchange between two rotating cylinders is represented by modeling an air gap with an effective thermal conductivity that takes into account both thermal conductivity and convection.

Keywords. Traction motor, microprocessor control system, traction motor heating, traction calculation, thermal model, power loss, heating, traction characteristics.

Introduction.

Currently, the capacity of individual railway sections has been completely exhausted, at the same time, the efficiency of cargo transportation continues to grow due to an increase in the length and weight of trains, as this is the current way to increase the performance of the transportation process. With an increase in the weight of the train, the load on the traction motors of the locomotive increases, this leads to an increase in the values of the current flowing through the windings and their unacceptable overheating. The article discusses the thermal state of traction motors when using a microprocessor control system. When working with the converter in its volume of traction asynchronous motors (TAM), heat is released, the source of which is the energy losses that occur during the electromechanical conversion. The heat generated in the active elements spreads throughout the entire volume of the machine and is transferred to the cooling medium using a cooling system. Thus, in the volume of the machine there are heat flows and temperature differences between the individual nodes of the structure. Here it is necessary to emphasize the close connection of the thermal state of the electric motor with the operating modes. The realization of the traction properties of a locomotive is determined by the traction characteristic and has four control zones. The traction characteristic is conditionally divided into four zones, in the first zone, it is necessary to maintain the maximum possible torque according to the conditions of coupling, which are constantly changing depending on various factors, both external and internal. It should be noted that the operation of traction electric motors (TEM) of electric locomotives is associated with frequently occurring mechanical loads. The loads arising in the engine can be divided into three groups:

- loads caused by static weight loading and short-term transient modes (starting, braking, changing the operating mode of the electric motor, and so on);
- loads caused by the interaction of the railway track and the electric locomotive, the passage of rail joints and track irregularities;
- loads caused by the own vibration of the TEM and other equipment of the electric locomotive. The experience of operation of traction electric machines shows that the heating of structural components occurs unevenly, under different operating modes and conditions of their cooling.

Statement of the problem.

The task is to determine the maximum heating temperature of traction motors using the analytical heating method. The theoretical basis of this calculation is the law of conservation of energy and the theory of heating of a homogeneous body [3, 4]. A homogeneous body is understood to have infinitely high thermal conductivity and uniform energy dissipation from the entire surface, and all points of the body have the same temperature. When working with the converter, heat is released in the volume of the TAM, the source of which is the energy losses that occur during the electromechanical conversion. The heat generated in the active elements spreads throughout the entire volume of the machine and is transferred to the cooling medium using a cooling system. The results of studies on the temperature distribution along the axis of the electric motor show that in large machines with an axial cooling system, it is not enough to take into account only the average temperature of the cooling flow inside the machine. The difference between the temperatures of the frontal parts of the machine windings from the sides of the supply and outlet of cooling air from the electric motor can reach 15-35% [4]. Such a temperature gradient of TEM nodes is due to its sufficiently large size, sealing of its nodes from the external environment to protect against aggressive influences.

Materials and Methods.

When assessing the thermal state of the electric motor, it was taken into account that the main factor in the destruction of insulation is not heating by itself, but processes in insulation that occur during sudden heating and cooling. Therefore, it is relevant to develop methods for assessing the thermal state of the TAM, taking into account the impact of these processes on the insulation resource. The above allows us to conclude that information about the temperature of the stator core at one point cannot be used to correctly assess the thermal condition of the entire machine during operation, since this node may not be the most heat-stressed under certain operating conditions of the electric motor. To obtain reliable information about the technical condition and estimate the residual life of the electric motor during operation, it is necessary to have information about the complete picture of the temperature field of the machine. Obtaining experimental information requires the presence of temperature measuring instruments in the machine. Current temperature measurements in operational modes are carried out in order to prevent emergencies and assume a comparison of the achieved temperatures with the permissible parameters of the mode. Detailed information about the temperature field of the machine can be obtained theoretically based on the thermal conductivity equation. To solve the problem , the following assumptions were made:

1) in an asynchronous traction motor (ATM) with an axial ventilation system, the cooling air moves along the axis of the rotor along two parallel branches – in the ventilation ducts of the rotor and the air gap;

2) the stator and rotor of ATM are represented as a system of multilayer bodies, the connections between which are determined by the type and conditions of heat exchange;

3) heat removal from the surfaces of the ATM housing and bearing shields due to their insignificant size can be neglected;

4) the temperature of the cooling air along the length of the rotor varies linearly;

5) the heat sink through the end surfaces of the stator and rotor sheets can be neglected due to its small value;

6) the calculated sectors of the stator and rotor are divided into volumes within which the thermophysical properties of the materials are the same with the preservation of thermal bonds;

7) power losses in the stator winding are represented as distributed sources of thermal energy.

Results and Discussion.

To assess the thermal state, a model of a traction asynchronous motor is used, compiled for the number of specially heated nodes, taking into account convection from cooling. Half of the stator in the longitudinal is selected as the calculation element. The initial data for thermal calculation are: the distribution of energy losses over the volume of the machine, the values of physical quantities, primarily thermal conductivity and heat capacity, and cooling conditions on the boundary surfaces. To calculate the temperatures of the active parts of the TEM, the method of thermal substitution schemes is used [4], based on the heat exchange equation, the block diagram of the thermal model of the ATM is shown in Fig. 1. The input data for the developed model are the cooling air temperature, heat transfer coefficients, rotor speed and phase current of the stator winding. The rotation frequency and phase current determine the initial data for calculating losses.

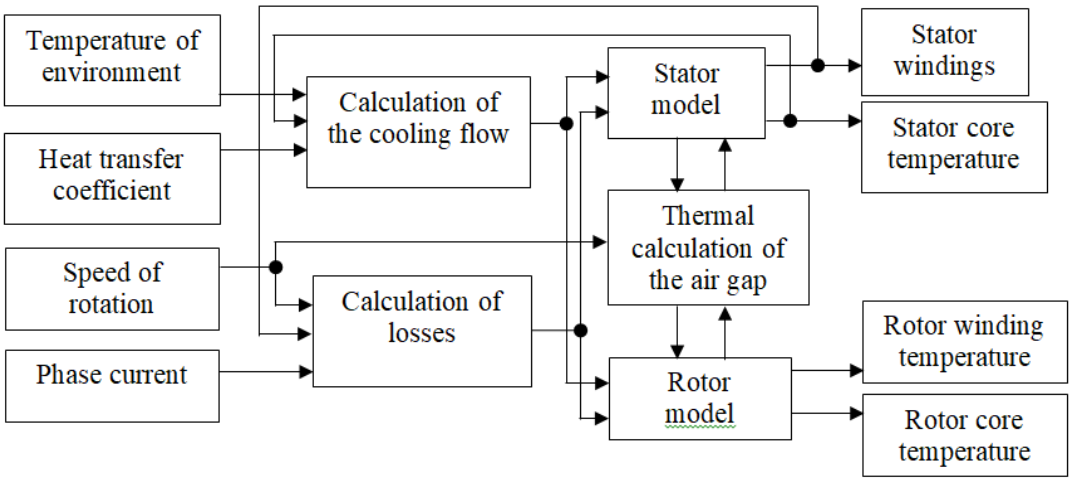


Figure 1 - Block diagram of the ATM thermal model

The output data of the model is the temperatures at various points of the winding and core of the stator and rotor of the ATM.

The presented thermal model of the ATM for calculating the temperature distribution of the stator and rotor windings adequately reflects the physical processes occurring in a closed-circuit motor with forced cooling, and can be used to quickly determine its temperature. To obtain effective thermal conductivity, the stator and rotor are modeled as concentric rotating cylinders. Convection heat exchange between two rotating cylinders.

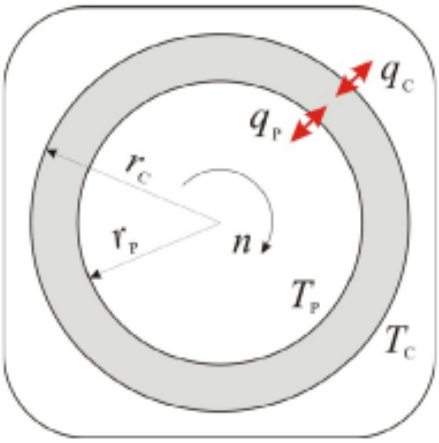


Figure 2 - Flow ratios for rotating cylinders

Heat exchange in the air gap. In the air gap, both heat transfer and convective heat exchange occurs between the moving medium and the surfaces of the rotor and stator. In the proposed thermal model, this problem is solved by modeling an air gap with an effective thermal conductivity that takes into account both thermal conductivity and convection. The convection heat exchange between two rotating cylinders is represented as a dimensional Reynolds number (Re), Taylor number (Te) and Nusselt number (Nu). Expressions for determining the Reynolds number and the Taylor number are given in [1]:

$$\mathrm{Re} = \frac{l \cdot n \cdot r_{\mathrm{r}}}{v}, \mathrm{Te} = \mathrm{Re}\sqrt{\frac{1}{r_{\mathrm{r}}}},$$

where l - is the length of the air gap;
n - is the rotational speed of the rotor;
r_{p} - is the radius of the rotor;
v - is the kinematic viscosity of the air.
The Nusselt number can be found by the corresponding Taylor number

$$Nu = \begin{cases} 2{,}2, & \mathrm{Te} < 41, \\ 0{,}23\,\mathrm{Te}^{0{,}63}\,\mathrm{Pr}^{0{,}27}, & 41 \le \mathrm{Te} \le 100, \\ 0{,}425\,\mathrm{Te}^{0{,}5}\,\mathrm{Pr}^{0{,}27}, & \mathrm{Te} > 100, \end{cases}$$

where is $\mathrm{Pr} = vh$ - the Prandtl number;
h - is the coefficient of air thermal conductivity.

Convective heat transfer, which is determined by the Nusselt number, can be combined with conductive heat transfer in the heat transfer equation to form an effective thermal conductivity for both conductive and convective heat transfer [2]:

$$\infty_{э}(n) = \frac{Nu\infty_{\mathrm{в}}}{2},$$

where ∞_{a} - is the thermal conductivity of stationary air.

After determining the equivalent thermal conductivity, we will use the fact that the air gap is a cylindrical annular space, as shown in Figure 2. Solving the Laplace equation and taking a homogeneous normal heat flux density q and temperature T at the boundaries of the stator and rotor air gap, we obtain the following heat flux and temperature ratios between the stator and rotor

$$q_s = \frac{\infty_{э}(n)}{r_{\mathrm{s}} \ln\left(\frac{r_{\mathrm{s}}}{r_{\mathrm{r}}}\right)}$$

$$q_{\mathrm{r}} = \frac{\infty_{э}(n)}{r_{\mathrm{r}} \ln\left(\frac{r_{\mathrm{s}}}{r_{\mathrm{r}}}\right)(T_{\mathrm{r}} - T_{\mathrm{s}})}$$

in which $q_{\mathrm{s}}, q_{\mathrm{r}}$ – the heat flow of the surfaces of the stator and rotor, respectively;
$T_{\mathrm{s}}, T_{\mathrm{r}}$ - the temperature of the surfaces of the stator and rotor, respectively;
$r_{\mathrm{s}}, r_{\mathrm{r}}$ - the radii of the stator and rotor.

The input data for the developed model are the cooling air temperature, heat transfer coefficients, rotor speed and phase current of the stator winding. The rotation frequency and phase current determine the initial data for calculating losses. Losses and cooling conditions are applied in thermal models of the stator and rotor, which are subsequently linked together using the ratio of heat transfer through the air gap. The output data of the model is the temperatures in various places of the winding and core of the stator and rotor of the ATM.

Conclusion.

Thermal calculation of traction asynchronous motors allows you to analyze the thermal state of all elements of the TAM structure.

Additional losses in the stator and rotor nodes from higher harmonics significantly affect their temperature even when operating in traction modes and account for 70% of the main losses.

With an increase in the engine load, the effect of additional losses is significantly reduced and for the stator winding is 11.3%, for the rotor winding 45%.

The temperature distribution along the length of the motor is not symmetrical for different forms of supply voltage.

REFERENCES

[1] Schreiber M. A. Modeling of the thermal state of DC traction motors// M. A. Schreiber// Bulletin of the results of scientific research. – 2014. – Issue 4 (13). – pp. 36-38.

[2] Kosmodamiansky A. S. Investigation of thermal modes of a traction asynchronous motor on a complex physical model/ A. S. Kosmodamiansky, V. I. Vorobyov, A. A. Pugachev // Bulletin of Transport of the Povoljya. – 2016. – № 4 (58). – Pp. 53-57.

[3] Firago, B.I. Adjustable AC electric drives//B.I. Firago, L.B. Pavlyachik. – Mn.: Technoprespectiva, 2006. – 363 p.

[4] Prishchepov M.A. Calculation of static characteristics of AM with a rotor in motor and generator modes at a frequency of the supply voltage of the stator windings above the nominal. //M.A. Prishchepov, D.M. Ivanov, E.M. Prishchepova//Agropanorama. – 2017. – No. 3. pp. 26-34.

[5] Dorokhina E.S. Monitoring of the thermal state of asynchronous traction motors. – Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences in the specialty 05.09.01. – Tomsk, 2015.

[6] Fedorova K.G. Application of a two-mass thermal model for the organization of protection in a frequency-controlled asynchronous electric drive. – Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences in the specialty 05.09.03. – Moscow, 2018.

[7] Iksar E.V., Jurayeva K.K. Analysis of the processes of occurrence of subharmonic components in contact power supply networks with nonlinear loads Scientific journal "CHRONS" Multidisciplinary Sciences and Volume 6 issue (9).

[8] Iksar E.V., Jurayeva K.K. Calculation the thermal state of a traction asynchronous frequency controller motor. Polish journal Of science №43.

[9] Burkhankhodjaev A., Iksar E.V., Berdiev U.T. Eurasian Union of Scientists (EUS) Improvement of traction and energy indicators of asynchronous motors No. 11(68)/ 2019.68

[10] Burkhankhodzhaev A.M., Iksar E.V., Berdiev U.T., Karimov R.Ch. Program for calculating the minimum electrical power losses in an asynchronous traction engine of mainline locomotives Collection of scientific papers of the V International Scientific and Technical Conference Ufa "Electric drive, electrical technologies and electrical equipment of enterprises" Ufa April 15-18, 2020.

[11] Berdiev U.T., Burkhankhodjaev A.M., Iksar E.V. Algorithm for reducing electrical losses in traction asynchronous drive International Research Conference "Problems and prospects of innovative equipment and technologies in the agro-industrial sector" Tashkent 2020.

[12] Burkhankhodzhaev A.M., Iksar E.V., Jurayeva K.K. Algorithm for reducing electrical losses in a traction asynchronous drive. International scientific and technical conference "Problems and prospects of innovative equipment and technologies in the agricultural and food sector" Tashkent 2020.

[13] Iksar E., Idriskhodjaeva M. An algoritm for controlling a tracsion asynchronous drive minimizes electrical power losses E3S Web Conferences 216. 01107 (2020) RSES 2020.

[14] Karimov R.Ch., Usmonov K.K., Iksar E. Program for calculating the minimum electrical power loss in an asynchronous traction engine of mainline locomotives // International Journal of Advanced Science and Technology. – 2020.Vol. 29, N 11s. – Pp. 1416–1422.

[15] Bedritskiy I.M., Jurayeva K.K. Estimation of Errors in Calculations of Coils with Ferromagnetic Core. 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). 2020, Sochi, 10.1109/IC-IEAM48468.2020.

****

UDC 004.9 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-372-381**

A.Kalizhanova [1,2], Kisala P.[1,3], A.Kozbakova[1,4], M.Kunelbayev[1], Zh. Aitkulov[1,5]
[1]Institute of Information and Computation Technologies CS MES RK, Almaty, Kazakhstan
[2]Almaty University of Energy and Communications, Almaty, Kazakhstan
[3]Lublin Technical University, Poland
[4]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
[5]Kazakh national women's teacher training university Almaty, Kazakhstan
E-mail: ainur79@mail.ru

SIGNALS PROCESSING METHOD FOR FIBER-OPTIC SENSORS WITH TILTED FIBER BRAGG GRATING

Abstract. The article presents signals processing method for fiber-optic sensors with tilted Bragg grating. Developed technique is based on the analysis of signals output spectrum to capture Fourier-images in the area. The main idea of the being offered method is in using sensitive tilted fiber Bragg grating fiber-optic sensors. The given sensor is insensitive to any influence in multimode fibers and other parts of the device. Devices, based on such principles, do not need recalibration after switching on and further operation. There is presented the sensor parameters optimization on the basis of numerical modeling. Outcomes of numerical modeling permitted to broaden the domain of internal parameters of sensor's sustainable operation.

Keywords. Fiber-optic sensor, signals spectral processing, analytical signal.

Introduction.

In the works [1,2] there have been developed the sensors, which are used for monitoring prolonged safety control, of for instance, dams and pipelines. Works [1-4] present optic sensors with fiber Bragg grating (FBG), which secure high sensitivity and fast response.

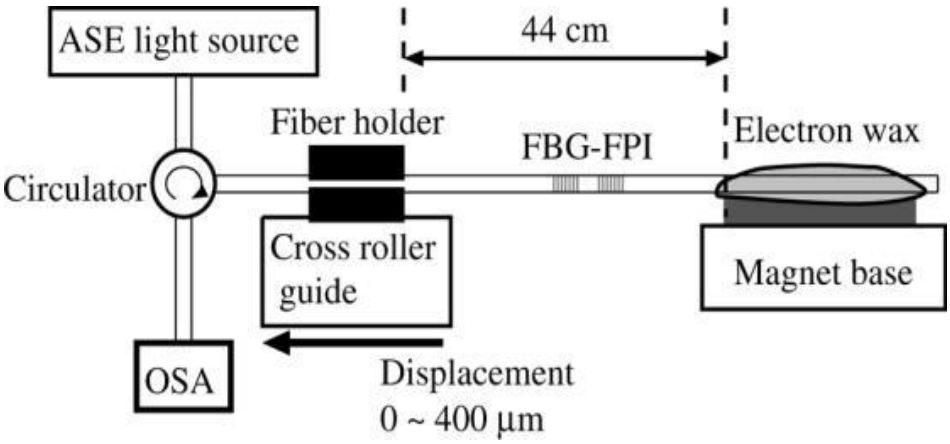


Figure 1 - Experimental installation for measuring displacement dependence FBG-FPI [4]

Fig.1 shows experimental installation for measuring refection spectrum dependence on FBG-FPI static displacement. One end of the fiber, containing FBG-FPI, is clamped with fiber's holder block, installed at lateral roller guide. Another fiber end is attached with electronic wax to metal plate on the magnet foundation. Length between two fixed points comprises 44 cm. Strain is applied to FBG-FPI replacing fiber holder from 0 to 400 with a stroke.

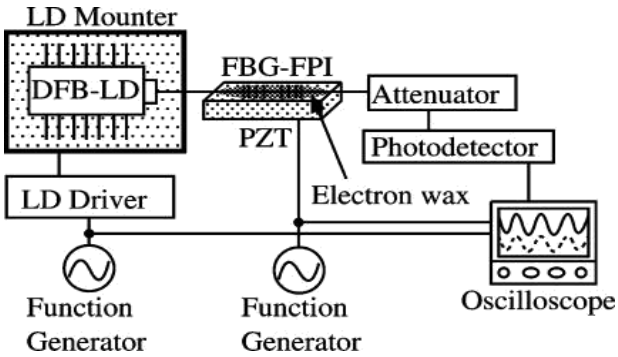


Figure 2 - Experimental installation for vibration sensor [4]

Fig.2 shows principal diagram of FBG-FPI vibration sensor. Laser driver permits to apply modulation signal to current flow. Without modulation current injection is set as equal to 91,28 mA, and output wavelength constitutes about 1549,9 Nm. Intensity of the light, going through FBG-FPI is defined with a photodetector. To avoid photodetector fill, there is mounted optical attenuator (Anritsu MN9605) preceding to a photodetector. Outer modulation signal is produced with a functional generator. Modulation signal represents a saw-tooth signal with 200 mV amplitude and 10 kHz frequency. Transfer speed from modulating voltage to injection current is 20 mA/V. As injection current dependence on DFB-LD output wavelength is 8 pm/mA, the wavelength source is modulated in the range. Photodetector output is recorded by means of oscillograph with discretization interval 5. Time discretization interval corresponds to the wavelength discretization interval 3,2 pm.

By multiplexing, there has been computed multipoint high-speed vibration measurement, damages in composite materials [5-8].

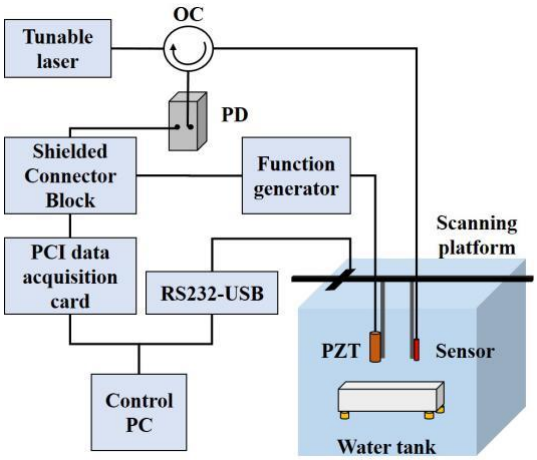


Figure 3 - Principal diagram of ultrasound visualization system [8]

Figure 3 shows principal diagram of ultrasound visualization system of seismic physical model. Blocks, made of organic glass, are placed into a water tank as a physical model. Four copper cylinders (1,20 cm depth) are fixed between plexiglas block and water tank bottom. PZT is brought into action with function generator for producing ultrasound. PZT and fiber-optic sensor are fixed at scanning platform (SMC100), which is located over water surface and controlled with a personal computer (PC) via interface RS232. Fiber-optic sensor is exposed to light with a tunable laser (Santec, TSL-710) with 100 kHz linewidth and 20 MWt capacity. Light, reflected from the sensor reaches the balanced photodetector (PD: New focus, 2117-FC)

with peak sensitivity 1A/Wt at 1550 Nm for photoelectric transformation. To obtain optimal ultrasound wavelength response, the laser is tuned to a quarter-phase point of one lineal side of interference spectrum, when ultrasound is loaded into a laser.

To assess flammable fluids tanks corrosive damage there have been used several electric sensors to detect acoustical emission (АЭ) waves, produced due to corrosion [9].

Works [10,11] offer a number of FBG measurement techniques, using spectroscopy, laser demodulation [12] and scanning along the wavelength [13-21].

Sensor system consists if tunable laser source (TLS), two interferometers, sensor part and computer. Figure 4 shows OFDR system configuration. In the research herein there is used a long FBG as a sensitive component.

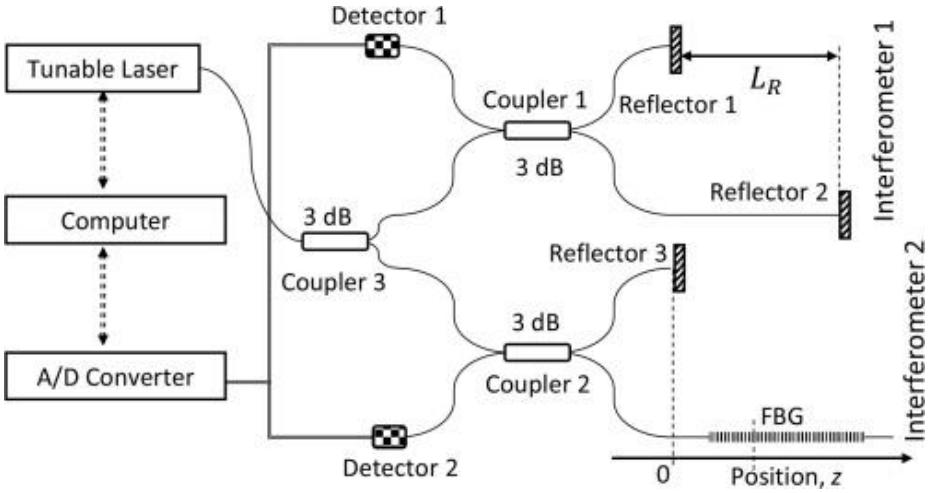


Figure 4 - ODFR-FBG probing system configuration in the research [18]

Changing the phase, using interferometry, there has been computed FBG wavelength displacement [22]. Articles [23,24] show multipoint vibration measurement system, based on FBG, applying broadband pulsed light source and Mach-Zehnder interferometer with unequal stroke.

Results and discussion.

In 2021 the Institute of information and computer technologies, MES RK developed the fiber-optic sensor with tilted Bragg grating. The novelty feature of the given sensor is in the fact, that medium refractive index measuring system is sufficiently simplified, and it does not demand usage of spectrophotometers, optic spectrum analyzers and algorithms for analysis of optical spectrum. An important feature of the model is measurements independence on ambient temperature and electromagnetic field at measuring point, as the gratings are recorded on one and the same multimode fiber. Application of fiber-optic sensor also eliminates the problem of light source power fluctuation, as the refractive index measure is the ratio of capacity, measured with two photodetectors.

Operation of the sensor, being offered is fulfilled as follows.

Fiber-optic sensor consists of wide bandwidth light source 1, connected via multimode optical fiber 2 to tilted Bragg grating 3, which is linked with special metallic diaphragm 4, which, being deformed, deflects the cantilever 5. Upon cantilever deflecting there is raised the sensitivity to temperature, pressure and bend by means of multimode optical connector 6 with two optical circulators 7 and 9. The first inlet of optical connector 6 is joined, by means of multimode optical fiber 2 with the first optical circulator 7, to which it is switched on via multimode optical fiber 2, where the first Bragg grating 8 with linearly alternating period is

connected through the first optical circulator 7 to multimode optical fiber 2 with the first photo detector 11. In contrast, the second outlet of optical connector 6 is connected via multimode optical fiber 2 to the second optical circulator 9, which by means of multimode fiber 2, joined to the second Bragg grating with linearly alternating period, which is additionally connected through the second optical circulator 9 via multimode optical fiber 2 to the second photodetector 12.

Two photodetectors 11 and 12 are connected to micro controller 13.

Advantage of the useful model, being offered is a simplified construction, with lower cost and enlarged field of application.

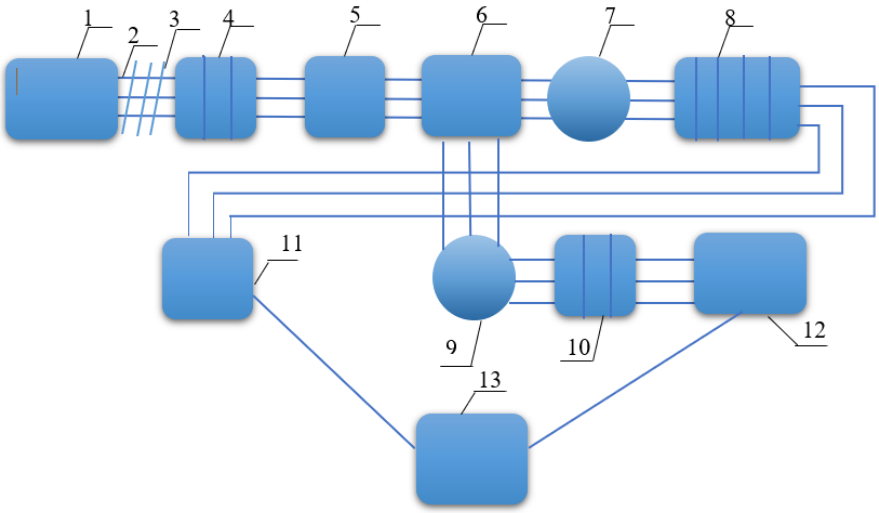


Figure 5 - Fiber-optic sensor with tilted Bragg grating

Originality of fiber-optic sensor is in the fact, that it consists of broad-band light source, with tilted special metallic diaphragm, which is being deformed, deflects the cantilever. Upon cantilever deflection there grows sensitivity to temperature, pressure and bend.

In the work herein there is considered the case, when fiber-optic Bragg sensor with tilted grating has the following spectral output:

$$F(v) = S(v)[1 + m_1 \cos\varphi_1 (v) + m_2 \cos\varphi_2 (v) + \cdots], \quad (1)$$

where S(v) – light source spectrum, m_1, m_2- serial expansion coefficients of Fourier function redictivity FPI, fi(v)=2PiVDJ/c, j=1,2,..., D – optical paths difference, c – light speed, v – optical frequency. If fineness of f sensor is close to 2, mj —>0 and there is cosine response in spectral domain, corresponding to double-beam interferometer.

In the given study, tilted grating Bragg sensor's output signal equals with an accuracy to f=4. Research objective of signal processing is to find OPD value. In order to do it, there shall be reconstructed the phase p, not only for some selected point, but as a function v, to receive information from the signal in whole. It can be reached in the domain of more complicated images. First of all, there is made Fourier transformation, in order to obtain correlation function of output signal from the sensor:

$$R(\tau) = \int_0^\infty F(v) * \exp(-2\pi i v \tau) * dv. \quad (2)$$

Figure 6 presents tilted grating Bragg sensor's output signal in spectral domain. As it is seen from the Figure, function R(r) consists of zero harmonic, corresponding to constant member in (1) and set of high harmonic of corresponding oscillations:

$$R(\tau) = R_0(\tau) + R_1(\tau) + R_2(\tau). \quad (3)$$

Assuming, that initial misbalance of probing interferometer paths and spectral light source width secure appropriate harmonic separation, there might be constructed following analytical signals:

$$S_j(v) = \int_{-\infty}^{\infty} R_j(\tau) * \exp(2\pi i v \tau)\, d\tau = 2m_j * S(v) * \exp(i\varphi_j(v)) \ , \quad (4)$$

where S(v) — module and $\varphi_j(v)$-arguments, quite the same as in (1), which cause necessary dependence of phase p on r. Derivative gives an absolute value of OPD. Each analytical signal S(v) contains total information about g, and the simplest OPD measurement technique is to use only the first harmopnic φ_j.

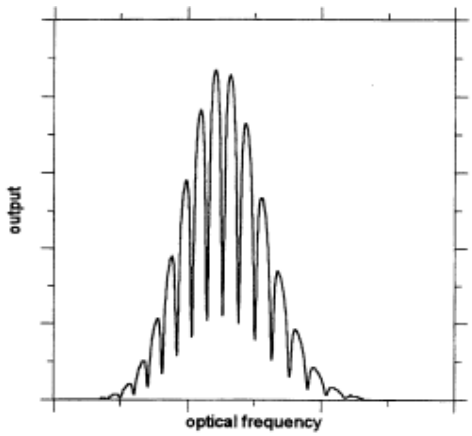


Figure 6 - Output signal of tilted grating Bragg sensor in spectral domain

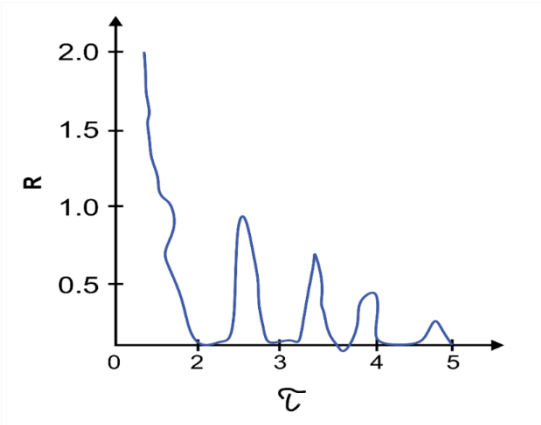
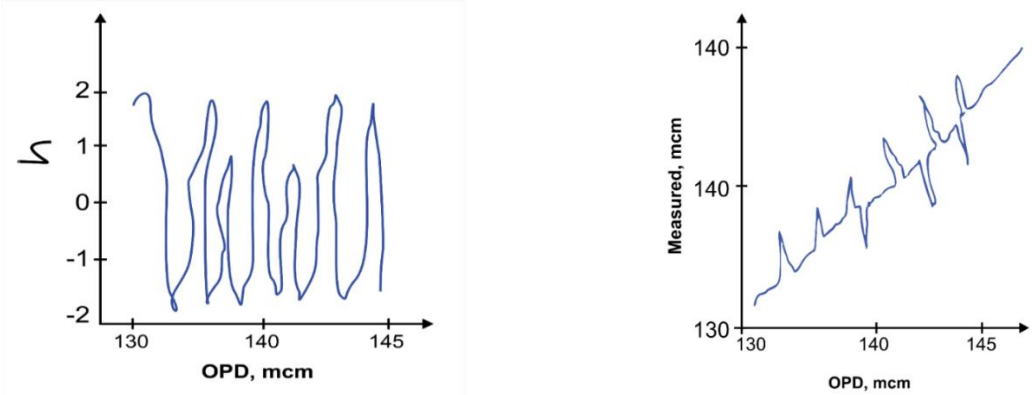


Figure 7 - Correlation function of output signal

Figure 7 presents correlation function of an output signal. As it is seen from the Figure, the given Bragg sensor, due to an output signal's correlation function does not depend on capacity and spectrum vibrations, it is resistant enough to interferences.

Let's find an order N, it shall be OPD linear function, but, due to various noise factors, it has some distortion n(D), dependent on OPD:

$$N(D) = v_0 * \frac{D}{c} + n(D) \quad (5)$$



a) b)

Figure 8 - OPD computed value and order distortion, comparing to model signal OPD. (a) there has been used only the first correlation peak, (б) used two correlation peaks

If there is used double-beam interferometer as a sensitive element, processing algorithm considers merely the first harmonic of correlation function φ_j. It is shown in Fig. 4a. It is a result of n(D) order numerical computations, when OPD input signal of the model is scanned near the defect. In case, |n| exceeds 0,5, there is an essential error in OPD definition. However, in case of FPI, there is obtained an additional information source, contained in high harmonics R. Usually, the defects have low amplitude, low fineness and randomly distributed OPD. Therefore, their impact might be averaged and decreased by means of several harmonics R(j) processing. It is demonstrated in Fig. 4b, where max |n|=0,3

Outcomes of numerical modeling

The given research shows numerical modeling, in order to demonstrate the offered method. Fig.5-7 present modeling outcomes. They represent dependence of an order distortion on different parameters of processing algorithm.

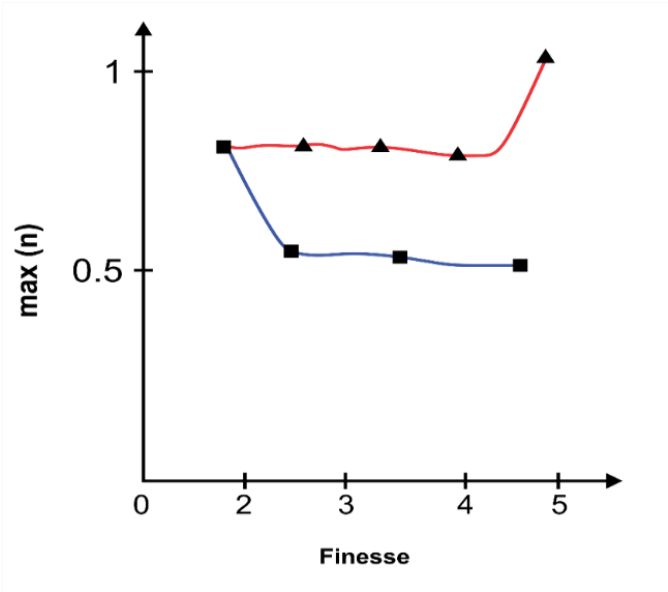


Figure 9 - Dependence of an order distortion module maximum (max |n|) with amplitude of transfer function, standardized at signal's maximum.

Fig.9 shows an order distortion bahavior upon changing the noise level. As it is seen from the Figure, a new algorithm is more resistant to interferences, than thepreceding one.

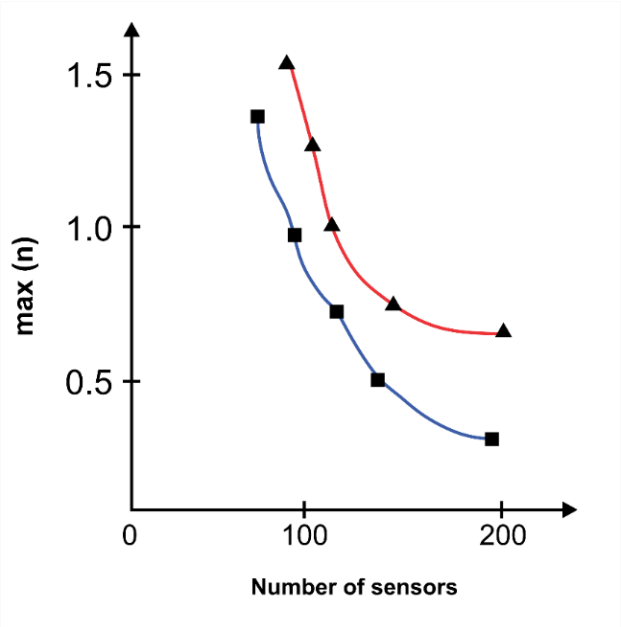


Figure 10 - Order distortion behavior upon noise level change

Figure 10 shows, that, a transfer function has fixed amplitude of distortion oscillations and decrease for an order.

Fig.11 demonstrates the role of light source spectral width. It is seen from the Figure, that broad-band source is more preferential for our method of signals processing. An order distortion is decreased for any value, when there processed two peaks of correlation function.

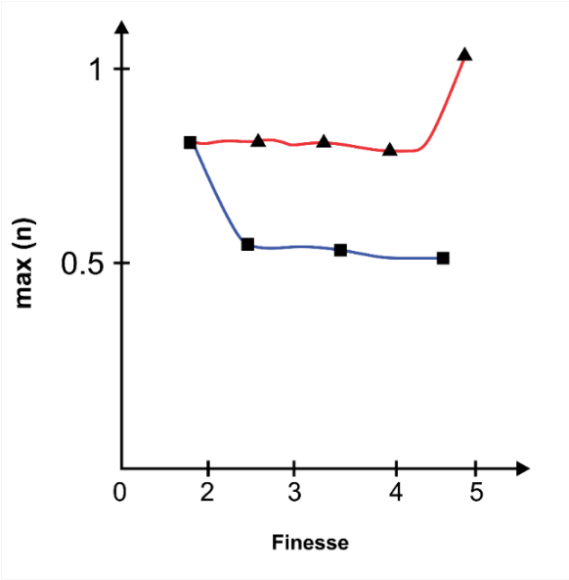


Figure 11 - Value max |nl, dependent on fineness of Bragg sensor with tilted grating

Conclusions.

In the given research there has been upgraded the method of signals direct spectral processing in fiber-optic Bragg sensors with tilted grating. The technique, being offered, uses the sensor with >2 accuracy and processes high harmonics of correlation function additionally

to the first one. Bragg sensor, due to output signal's correlation function, does not depend on capacity and spectrum oscillations, it is resistant enough to interferences, broadband source is more preferential for this method of signals processing. An order distortion decreases for any value, while processing two peaks of correlation function. Outcomes of numerical modeling permitted to broaden the domain of internal parameters of sensor's sustainable operation.

This work is supported by grant from the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan within the framework of the Project № AP09259547 «Development of a system of distributed fiber-optic sensors based on fiber Bragg gratings for monitoring the state of building structures», Institute Information and Computational Technologies CS MES RK. Experimental researches have been carried out in the laboratories of optoelectronics at the Electric engineering and computer sciences faculty of Lublin Technical University.

REFERENCES

[1] Lopez-Higuera JM, ed. Handbook of Optical Fibre Sensing Technology, Hoboken, NJ, USA: Wiley; 2002.

[2] Lopez-Higuera JM, Cobo LR, Incera AQ, Cobo A. Fiber optic sensors in structural health monitoring. J Lightw Technol. 2011; 29(4):587-608.

[3] Kersey AD, et al. Fiber grating sensors. J Lightw Technol. 1997;15(8):1442-1463.

[4] Wada A, Tanaka S, Takahashi N. Optical fiber vibration sensor using FBG Fabry–Perot interferometer with wavelength scanning and Fourier analysis. IEEE Sensors J. 2012;12(1):225- 229.

[5] Takeda N, Okabe Y, Kuwahara J, Kojima S, Ogisu T. Development of smart composite structures with small-diameter fiber Bragg grating sensors for damage detection: quantitative evaluation of delamination length in CFRP laminates using Lamb wave sensing. Comp Sci Tech. 2005;65(15–16):2575-2587.

[6] Tsuda H, Sato E, Nakajima T, et al. Acoustic emission measurement using a strain-insensitive fiber Bragg grating sensor under varying load conditions. Opt Lett. 2009;34(19):2942-2944.

[7] Wild G, Hinckley S. Acousto-ultrasonic optical fiber sensors: overview and state-of-the-art. IEEE Sensors J. 2008;8(7):1184- 1193.

[8] Rong Q, Shao Z, Yin X, Gang T, Liu F, Qiao X. Ultrasonic imaging of seismic physical models using fiber Bragg grating Fabry–Perot probe. IEEE J Sel Top Quantum Electron. 2016;23(2):5600506.

[9] Maeda M, et al. Acoustic emission evaluation of correction damages in underground tanks. J High Press Inst Jpn. 2013;51(5):269- 275. in Japanese.

[10] Askins CG, Putnam MA, Friebele EJ. Instrumentation for interrogating many-element fiber Bragg grating arrays. Proc SPIE. 1995; 2444:257-266.

[11] Friebele EJ, et al. Optical fiber sensors for spacecraft applications. Smart Mater Struct. 1999;8(6):813-838.

[12] Takahashi N, Yoshimura K, Takahashi S, Imamura K. Development of an optical fiber hydrophone with fiber Bragg grating. Ultrasonics. 2000;38(1):581-585.

[13] Yun SH, Richardson DJ, Kim BY. Interrogation of fiber grating sensor arrays with a wavelength-swept fiber laser. Opt Lett. 1998;23(11):843-845.

[14] Saitoh T, Nakamura K, Takahashi Y, Iida H, Iki Y, Miyagi K. Ultra-long-distance fiber Bragg grating sensor system. IEEE Photon Technol Lett. 2007;19(20):1616-1618.

[15] Isago R, Nakamura K. A high reading rate fiber Bragg grating sensor system using a high-speed swept light source based on fiber vibrations. Meas Sci Technol. 2009;20(3):034021.

[16] Shinoda Y, Arai T, Miyata D, Higo T. Real-time measurement of static strain using fiber Bragg gratings with optical frequency domain reflectometry. SICE Ann Conf. 2011; 2011:1870-1873.

[17] Li Z, Liu M, Wang Y, Liu Q, Gong J. Delay calibration method for wavelength-swept laser-based FBG demodulation system. IEEE Photon Technol Lett. 2014;26(20):2090-2092.

[18] Zhu M, Murayama H. Fast demodulation of OFDR based long length FBG sensing system for noisy signals. Opt Express. 2018;26(16):19804-19814.

[19] Yamaguchi T, Shinoda Y. Multichannel high-speed fiber Bragg grating interrogation system utilizing a field programmable gate array. IEEE Sensors L. 2018;2(1):5500204.

[20] Yamaguchi T, Ishihara K, Shinoda Y. Field-Programmable gate array-based multichannel measurement system for interrogating fiber Bragg grating sensors. IEEE Sensors J. 2019;19(15):6163- 6172.

[21] Yamaguchi T, Endo W, Shinoda Y. Interrogation system with automatic recognition and delay correction functions of fiber Bragg gratings by pulse modulation with wavelength-swept laser. IEEE Sensors J. 2019;19(22):10519-10528.

[22] Todd MD, Johnson GA, Althouse BL. A novel Bragg grating sensor interrogation system utilizing a scanning filter, a MachZehnder interferometer and a 3×3 coupler. Meas Sci Technol. 2001;12(7):771-777.

[23] Noguchi A, Yamaguchi T, Shinoda Y. Consideration of vibration measurement system by multiple fiber Bragg gratings using optical pulse. The Papers of Technical Meeting on Light Application and Visual Science, IEE Japan. 2017; LAV-17-017. in Japanese.

[24] Yamaguchi T, Sugimoto Y, Shinoda Y. Consideration of vibration measurement system by fiber Bragg gratings with pulse light. The Papers of Technical Meeting on Light Application and Visual Science, IEE Japan. 2019;LAV-19-023. in Japanese.

Әлия Қалижанова, ф.-м.ғ.к., ҚР ҒЖБМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан, kalizhanova_aliya@mail.ru

Кисала Петр, PhD, профессор, Люблин техникалық университеті, Польша, ҚР ҒЖБМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, kisala@kul.lublin.pl

Айнұр Козбакова, PhD, ҚР ҒЖБМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, ainur79@mail.ru

Мұрат Кунелбаев, PhD, ҚР ҒЖБМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Қазақстан, murat7508@yandex.kz

Жалау Айтқұлов, ҚР ҒЖБМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Қазақстан, jalau@mail.ru

КӨЛБЕУ БРЭГГ ТОРЫ БАР ТАЛШЫҚТЫ-ОПТИКАЛЫҚ СЕНСОРЛАР ҮШІН СИГНАЛДАРДЫ ӨҢДЕУ ӘДІСІ

Аңдатпа. Мақалада көлбеу торы бар Брэгг талшықты-оптикалық сенсорларға арналған сигналдарды өңдеу әдісі берілген. Әзірленген әдіс Фурье кескіні аймағында түсіру үшін сигналдардың Шығыс спектрін талдауға негізделген. Ұсынылатын әдістің негізгі идеясы > 2 дәлдігімен көлбеу торы бар сезімтал талшықты-оптикалық Брэгг сенсорларын пайдалану және біріншісіне қосымша жоғары гармониканы өңдеу болып

табылады. Бұл сенсор мультимодты талшықтардағы және құрылғының басқа бөліктеріндегі әсерге сезімтал емес. Осындай қағидаттарға негізделген құрылғылар қосылғаннан кейін және одан әрі пайдаланудан кейін қайта калибрлеуді қажет етпейді. Сандық модельдеу негізінде сенсор параметрлерін оңтайландыру ұсынылған.

Түйінді сөздер. Талшықты-оптикалық сенсор, сигналдарды спектрлік өңдеу, аналитикалық сигнал.

Алия Калижанова, к.ф.-м.н, профессор, Институт информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК, Алматинский университет энергетики и связи имени Г.Даукеева, Алматы, Казахстан; kalizhanova_aliya@mail.ru

Кисала Петр, PhD, профессор, Институт информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК, Люблинский технический университет, Польша, kisala@kul.lublin.pl

Айнур Козбакова, PhD, Институт информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан; ainur79@mail.ru

Мурат Кунелбаев Институт информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК, murat7508@yandex.kz

Жалау Айткулов, Институт информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК, Казахский национальный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан, jalau@mail.ru

МЕТОД ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ДЛЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ С НАКЛОННОЙ РЕШЕТКОЙ БРЭГГА

Аннотация. В данной статье представлен метод обработки сигналов для волоконно-оптических датчиков Брэгга с наклонной решеткой. Разработанная методика основана на анализе выходного спектра сигналов для захвата в области Фурье-изображений. Основная идея предлагаемого метода заключается в использовании чувствительного волоконно-оптических датчиков Брэгга с наклонной решеткой с точностью> 2 и обработке высших гармоник в дополнение к первой. Данный датчик нечувствителен к влиянию в многогодовых волокнах и других частях прибора. Устройства, основанные на таких принципах, не нуждаются в повторной калибровке после включения и дальнейшей эксплуатации. Представлена оптимизация параметров датчика на основе численного моделирования.

Ключевые слова. Волоконно-оптический датчик, спектральная обработка сигналов, аналитический сигнал.

****

УДК 004.89 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-382-388**

А.У. Калижанова[1], З.А. Жилкишбаева[1], С.Б. Сейдазимов[1], Н. Оған[2]
[1]Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан
[2]Әлеуметтік гуманитарлық колледж, Алматы, Қазақстан
E-mail: kalizhanova_aliya@mail.ru

ТЕМПЕРАТУРАНЫ ӨЛШЕУ ҮШІН ТАЛШЫҚТЫ-ОПТИКАЛЫҚ СЕНСОРЛАРДЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Аңдатпа. Мақалада тасымалдау матрицасы әдісін қолдана отырып, Брэгг талшықты торларын математикалық және компьютерлік модельдеу мәселелерін қарастырады. Трансферттік матрица әдісі оптикалық компоненттердің спектрлік сипаттамасын байланысты режимдер теориясына және оптикалық талшық арқылы өтетін электромагниттік толқынның матрицалық сипаттамасына негізделген анықтауға мүмкіндік береді. Өткізу және шағылысу спектрі сияқты спектрлік сипаттамаларға сәйкес әр түрлі ұзындықтағы Брэгг талшықты торлары талданады. Сондай-ақ, әртүрлі параметрлердің Брэгг талшықты торларының спектрлік сипаттамаларына әсері бар эксперимент жүргізілді. Брэгг талшықты торларының спектрлік сипаттамалары зерттелді және оған негізделген талшықты-оптикалық датчиктерді жасау үшін оңтайлы тор параметрлері таңдалды.

Қазіргі уақытта көптеген техникалық құрылғылар бар, олардың істен шығуы тек үлкен қаржылық шығындармен ғана емес, сонымен бірге қоршаған ортаға қауіп төндіруі мүмкін. Сондықтан электронды компоненттерді қоса алғанда, жағдайды тиімді диагностикалау және олардың жұмыс жағдайларын тексеру маңызды мәселе болып табылады. Қатені ерте анықтау алдын алу шараларын енгізуге және ауыр зардаптарды болдырмауға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер. Оптикалық талшық, талшықты оптикалық сенсор, Брэгг талшықты торлары, матрица, фаза.

Кіріспе.

Салыстырмалы орталық толқын ұзындығына қатысты орын ауыстыруды анықтауға негізделе отырып жарық көзінің оптикалық қуатының ауытқуы оның дәлдігіне әсер етпейді. Брэггтың толқын ұзындығын анықтаудың көптеген әдістері бар, сонымен қатар оны қатты шуы бар спектрлер негізінде анықтауға мүмкіндік береді. Брэггтың орталық толқын ұзындығы деп аталатын толқын ұзындығының ығысуы кезінде өлшенген шаманы сызықтық өңдеу оларды күш сияқты физикалық шамалардың табиғи түрлендіргіштеріне айналдырады.

Брэгг тор спектрінің формасына белгілі бір әсер ететін параметр аподизация деп аталады. Қарапайым жағдайда біз біртекті торларды ажыратамыз, онда кедергі жолақтарының бұзылу коэффициентінің модуляция тереңдігі құрылымның бүкіл ұзындығы бойынша бірдей болады. Талшықты-оптикалық біртекті құрылымдардың көптеген нақты қолданылуы олардың өндіріс әдістеріне аподизацияланған функцияны енгізуге мәжбүр етті, нәтижесінде тор жолақтарының сыну көрсеткішінің өзгермелі модуляция тереңдігі пайда болды.

Қойылған міндеттер. Бұл міндеттерді орындау үшін талшықты Брэгг торларының спектрлік сипаттамаларына әртүрлі диапазондардағы температураның әсерін көрсететін қондырғы құрастырылды.

Мақсаты. Қоршаған ортаның сыну коэффициентін өлшеудің жаңа технологиясын қолдана отырып, сигналдарды интеррогациялау жүйесін әзірлеу, бұл өлшеу орнында сыртқы температура мен электромагниттік өрістің әсеріне қарамастан өлшеуге мүмкіндік береді, бұған Брагг торларының бір оптикалық талшыққа жазылуы арқылы қол жеткізіледі.

Материалдар мен тәсілдер.

Брэггтың талшықты торларына негізделген температура датчигін сұрау ең көп қолданылатын әдістерінің бірі - бірдей бастапқы жағдайларда жасалған орталық толқын ұзындығы бар екінші тормен фильтрация жасау болып табылады [1-2]. Мұндай жүйеде берілген периодтық құрылымның пайдалылығын анықтайтын маңызды параметр - бүйірлік жапырақшалар деп аталатындарды минимизациялау [3]. Бұл эффектіге қол жеткізудің бір жолы - оптикалық талшық ядросындағы сыну көрсеткішінің өзгеру тереңдігін оның осі бойымен өзгерту арқылы аподизациялау. Кез-келген аподизация функциялары бар мерзімді құрылымдарды шығару көбінесе жүйені қайта құру қажеттілігімен байланысты, сондықтан аталған аподизациямен тор спектрін имитациялау үшін математикалық модельдерді қолдану мүмкіндігі негізделген.

Transfer Matrix Method (TMM) деп аталатын Трансфер матрица әдісі модельдеу әдістерінің біріне жатқызылады, бұл оптикалық элементтердің спектрлік сипаттамаларын байланысты режимдер теориясына және оптикалық талшықтың келесі кезеңдерінен өтетін электромагниттік толқынның матрицалық сипаттамасына негізделе анықтауға мүмкіндік береді [4]. Бұл тәсілде біз L торының бүкіл ұзындығы N бөлімдерінің нақты анықталған санына бөлінеді деп есептейміз, осылайша Δz= L/N ұзындығымен жасалған әрбір сегментті біртекті деп санауға болады. i -бөлімді сипаттайтын ауысу матрицасы анықталады мына формуламен анықталады [5-6]:

$$T_i = \begin{bmatrix} \cosh(\gamma \otimes z) - \frac{\sigma}{\gamma}\sinh(\gamma \otimes z) & -i\frac{k}{\gamma}\sin(\gamma \otimes z) \\ i\frac{k}{\gamma}\sin(\gamma \otimes z) & \cosh(\gamma \otimes z) - \frac{\sigma}{\gamma}\sinh(\gamma \otimes z) \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Жоғарыда келтірілген анықтама үшін v =1 сыну көрсеткішінің контрастылығы үшін байланыс коэффициентінің κ айнымалы компоненті, талданатын толқын ұзындығы λ және болжамды аподизация функциясы g (z):

$$k = \frac{\Pi}{\lambda} \cdot \nu \cdot \hat{\sigma}_{eff}(z), \quad (2)$$

$$\bar{\delta}_{eff}(z) = \delta_{eff} \cdot g(z). \quad (3)$$

Брэгг торын модельдеу кезінде байланыс коэффициентінің айнымалы компонентінің мәні κ сыну көрсеткішінің конверттік функциясын таңдауға байланысты (2). Толық байланыс коэффициенті (4) теңдеуімен анықталады. λ_B - Брэггтың толқын ұзындығы, ал n_{eff} - сынудың тиімді көрсеткіші екені де белгілі.

$$\hat{\sigma} = \delta + \sigma - \frac{1}{2}\frac{d\phi}{dz}, \quad (4)$$

$$\delta = 2\Pi n_{eff}\left(\frac{1}{\lambda} \cdot \frac{1}{\lambda_B}\right), \quad (5)$$

$$\sigma = \frac{2k}{\nu}. \quad (6)$$

Өту матрицасы үшін γ параметрі келесідей анықталады:

$$\gamma = \sqrt{k^2 + \hat{\sigma}^2} \ . \tag{7}$$

Бүкіл тордың сипаттамаларын сипаттауға болады:

$$\begin{bmatrix} R_0 \\ S_0 \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} R_N \\ S_N \end{bmatrix}, \tag{8}$$

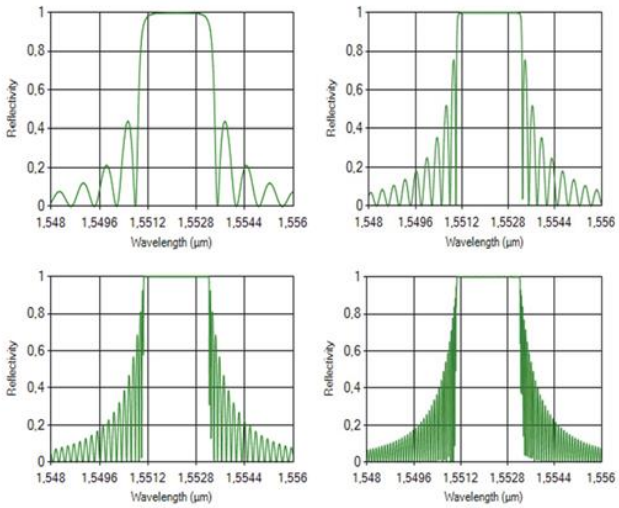
$$T = [T_N] \cdot [T_{N-1}] \cdots [T_3] \cdot [T_2] \cdot [T_1] \ . \tag{9}$$

Т матрицалық параметрлерінің мәндерін шағылысқан (10) және берілген (11) толқындардың сипаттамаларын анықтау үшін пайдалануға болады. Содан кейін индекстелген Тij элементтері өтпелі матрицаның i-ші бағанының және j-ші жолының астындағы элементтердің мәндерін көрсетеді.

$$R = \frac{T_{21}}{T_{11}}, \tag{10}$$

$$S = \frac{1}{T_{11}} \ . \tag{11}$$

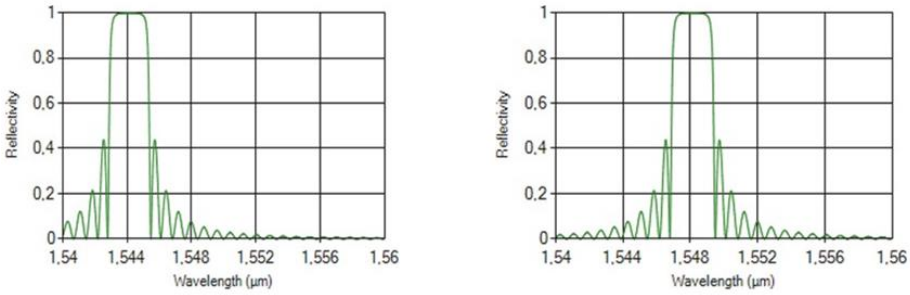
Брэгг талшықты торларының сипаттамалары мен негізгі параметрлерін түсіну оларды өндіруді қажет етпестен мүмкін. Дегенмен, бұл процесс модельдеу құралдарын қажет етеді. Оларды пайдалану арқылы қалыптан тыс тордың пайда болу қаупін азайтуға, сондай-ақ оны мақсатты қолданбаға реттеуге ерте. Аподизация функциясын дұрыс таңдау, мысалы, оптикалық фильтр немесе өлшеу датчигі ретінде, мақсатты қолданба сайтын ескере отырып, тордың өнімділігін одан әрі оңтайландыруға мүмкіндік береді [7-8]. ТММ математикалық моделіне негізделген меншікті модельдеу құралы Брэгг торының әртүрлі ұзындықтары үшін беріліс спектрінің өзгеруін модельдеу үшін пайдаланылды. Осы мақсатта эффективті сыну көрсеткіші 1,447 болатын 1550 нм Брэгг толқын ұзындығы торы қолданылды. Модельдеу нәтижелері төмендегі 1-суретте көрсетілген.



1 сурет - Брэггтың әртүрлі толқын ұзындығына арналған өткізу спектрінің сипаттамалары

Қолданылатын құралдың заңдылығы әр түрлі Брэгг толқын ұзындығы үшін қосымша ынталандырулармен расталды (1546 нм, 1550 нм). Бақылау нәтижелері дәйекті графиктерге орналастырылды, 1-сурет.

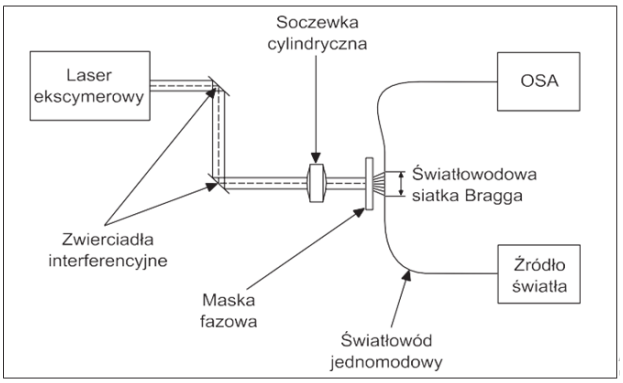
Ұсынылған мүмкіндіктер қол жетімді модельдеу параметрлерінің бір бөлігі ғана. Брэгг торларын жазу кезінде қолданылатын аподизацияланған функцияны анықтауға болады. Алайда, бұл тақырып осы мақаланың келесі бөлімдерінің бірінде толығырақ талқыланады [9].



2 сурет - Брэггтың әр түрлі толқын ұзындығына арналған өткізу спектрі (1546 нм, 1550 нм)

Нақты сипаттамаларды өлшеу. Брэггтың талшықты торларына негізделген нақты температура датчиктерін өлшеу қатаң белгіленген жағдайларда өндірілген Брэгг климаттық камерасы мен торының көмегімен жүргізілді. 3-суретте фазалық масканы қолдана отырып, мерзімді талшықты-оптикалық құрылымдарды жасауға арналған схемалық жүйе көрсетілген. Жүйенің бұл түрінде ультракүлгін аймақтағы күшті сәуле бір жазықтықта жарықты фокустайтын эллиптикалық линзаға бағытталған. Тығыздалған сәулелену сәулесі фазалық маска арқылы өтеді, онда сәулеленген оптикалық талшықтың бетінде кедергі жолақтарының пайда болуын қамтамасыз ететін интерференция құрылымы жасалады [10-11].

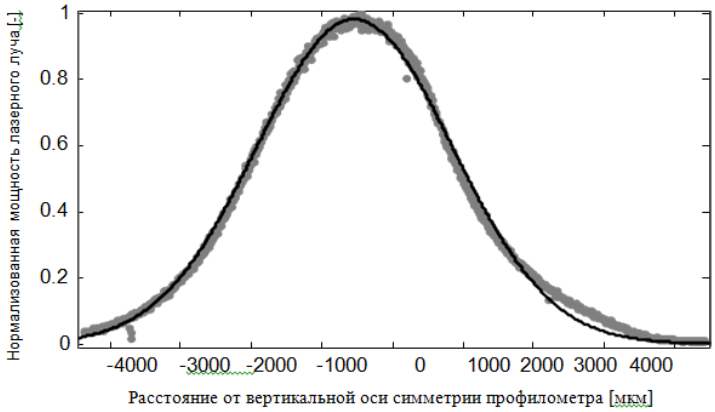
Оптикалық талшықтың жеке фрагменттеріне енетін интерференциялық жіптер ядро ішіндегі сыну көрсеткішінің мезгіл-мезгіл өзгеруіне әкеледі, бұл Брэгг айнасын туғызады. Ескеріп кету керек, фазалық масканың интерференциялық үлгісімен жасалған бір жолақтағы энергия концентрациясы неғұрлым жоғары болса, периодтық құрылымдағы оптикалық талшықтың сәулеленуінен туындаған сыну көрсеткішінің модуляциясы соғұрлым тереңірек болады. Мерзімді фазалық масканы қолдана отырып, Брэгг торларын құрған жағдайда, тордың аподизациясы тор жасалған оптикалық талшықтың өзегінің осіне қатысты бойлық осьте эксимерлі лазер тудыратын сәулелік қарқындылықтың таралуымен анықталады.



3 сурет - Фазалық маска әдісін қолдана отырып, оптикалық талшықтарда мерзімді құрылымдарды жасауға арналған қондырғы схемасы

3-суреттегі график Брэгг торын жасау үшін қолданылатын лазер сәулесінің көлденең қимасының профилін көрсетеді. 1 мкм қадаммен таңдалған ось бойымен сәулелену қарқындылығын өлшеу үшін қолданылатын профилометр. Лазер сәулесінің ені 8 мм деп есептесек, оның профилі 8000 өлшеу нүктесінде анықталды.

Өлшенген лазер сәулесінің профиліне сүйене отырып, жуықтау функциясы MatLab пакетінің құралдарын қолдану арқылы анықталды. Талдау барысында Гаусс қисығының функциясын келесі түрде реттеу туралы шешім қабылданды: $f = a \cdot \exp\left(-\left(\frac{x-b}{c}\right)^2\right)$ мұндағы: a = 0.9787; b = -551.7; c = 1960.



4 сурет- Гаусс қисығы жақындаған лазер сәулесінің профилі

Жоғарыда көрсетілген коэффициенттері бар Гаусс қисығын реттеу жақсы статистикалық параметрлерді алуға мүмкіндік берді (анықтау коэффициенті R2= 0,9964 және RMSE квадрат түбірінің қате элементі 0,0204).

Қорытынды.

Талшықты Брэгг торларының артықшылығы шағылысқан немесе ол арқылы берілетін сәулелену толқын ұзындығының ығысуындағы шама өлшемдерін бірегей түрлендіруде және қарапайым жасау мүмкіндігінде жатыр. Сондай-ақ электромагниттік өрістердің әсерінен қорғау, жоғары сезімталдық, сенімділік, қайталану және өлшеудің кең динамикалық диапазоны, бір немесе бірнеше жарық бағыттағыштарында орналасқан сезімтал элементтердің спектрлік және кеңістіктік мультиплексирлеу мүмкіндігі, өлшеу орнына айтарлықтай қашықтық, өлшенетін шаманың өзгеруіне қысқа жауап беру уақыты, жоғары коррозияға және радиацияға төзімділік, шағын өлшемдер мен салмақ.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Фрейнд Р.М., Ньютонның шектеусіз оңтайландыру әдісі, ақпан// https://studylib.net/doc/13620658/newton’s--method--for--unconstrained--optimization: 08.05.2018

[2] Ма Ч., Цзян Л., Левенберг – Маркварт әдісі бойынша сызықты емес теңдеулер бойынша кейбір зерттеулер// Қолданбалы математика және есептеу.- 2013.-№184.-P 1032-1040.

[3] Райт А.Х., Нақты параметрді оңтайландырудың генетикалық алгоритмдері// Генетикалық алгоритмдердің негіздері.-2014.-R 205-218.

[4] Kashyap R. Fiber Bragg торлары. Сан-Диего, Академиялық баспасөз, 2012.

[5] Видра Михал; Кисала Пиотр; Харасим Дамиан. Шырылдаған талшықты Брагг торлары бар қарапайым оптомеханикалық жүйені пайдалану арқылы әуе электр беру желісінің құлауын бағалау// https://www.mdpi.com/1424-8220/18/1/309: 05/07/2018.

[6] Қашағанова Г.Б., Қалижанова А.У. Талшықты Брэгг торлары негізіндегі дисперсиялық компенсация// ҚазҰТУ хабаршысы.- 2018.- No2 (126). –С.147-150.

[7] Cieszczyk Sławomir, Harasim Damian, Kisała Piotr, TFBG және толық оптикалық ратиометриялық сұрауға негізделген жаңа бұралу өлшеу әдісі.// Журнал сенсорлары мен жетектері.-2018.-NoA 272.-P.18–22.

[8] Lai Y., Zhou K., Sugden K., Bennon I. Point-by-point inscription of sub-micrometer period fiber Bragg gratings // https://www.osapublishing.org/abstract.cfm?uri=CLEO-2008-CTuU2: 15.06.2018.

[9] *Frohlich H.G., Kashyap R.* Two methods of apodisation of fibre-Bragg- gratings // Opt. Commun. –1998.– Vol. 157, №1-6.– P. 273-281.

[10] Zhang H. A novel method of optimal apodization selection for chirped fiber Bragg gratings //Optik.– 2014.– Vol. 125.– P. 1646– 1649.

[11] Khan S., Islam S., Determination of the Best Apodization Function and Grating Length of Linearly Chirped Fiber Bragg Grating for Dispersion Compensation, Bangladesh University of Engineering and Technology, Bangladesz //Journal Communications.–November 2012.–Vol. 7, №11.– P.840-846.

Алия Калижанова, к.ф.-м.н, ассоциированный профессор, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, kalizhanova_aliya@mail.ru

Зульфия Жилкишбаева, магистрант, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, zulfiya.zhilkishbayeva@mail.ru

Сырым Сейдазимов, магистр, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, syreken.ss@gmail.com

Нұрбек Оған, магистр, Социально гуманитарный колледж, Алматы, Казахстан, o.nurik_92@mail.ru

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы математического и компьютерного моделирования волоконной решетки Брэгга с использованием метода трансфер-матрицы. Метод матрицы переноса позволяет определять спектральные характеристики оптических компонентов на основе теории связанных мод и матричных характеристик электромагнитной волны, проходящей через оптическое волокно. Волоконные брэгговские решетки различной длины анализируются по их спектральным характеристикам, таким как спектры пропускания и отражения. Также был проведен эксперимент по влиянию различных параметров на спектральные характеристики брэгговских волоконных решеток. Исследованы спектральные характеристики брэгговских волоконных решеток и выбраны оптимальные параметры решетки для создания на ее основе волоконно-оптических сенсоров.

В настоящее время существует множество технических устройств, выход из строя которых может повлечь не только огромные финансовые затраты, но и экологические опасности. Поэтому важно эффективно диагностировать состояние, в том числе электронных компонентов, и проверять условия их работы. Раннее обнаружение ошибки дает возможность осуществить превентивные меры и избежать серьезных последствий.

Ключевые слова. Оптическое волокно, волоконно-оптический датчик, брэгговские решетки, матрица, фаза.

Alia Kalizhanova, candidate of physical and мathematical sciences, associate professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, kalizhanova_aliya@mail.ru

Zulfiya Zhilkishbayeva, master student, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, zulfiya.zhilkishbayeva@mail.ru

Syrym Seidazimov, мaster, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, syreken.ss@gmail.com

Nurbek Ogan, мaster, Social Humanities College, Almaty, Kazakhstan, o.nurik_92@mail.ru

MATHEMATICAL MODELING AND OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF FIBER-OPTICAL SENSORS FOR TEMPERATURE MEASUREMENT

Abstract. The article deals with the issues of mathematical and computer modeling of the fiber Bragg grating using the transfer matrix method. The transfer matrix method allows one to determine the spectral characteristics of optical components based on the theory of coupled modes and the matrix characteristics of an electromagnetic wave passing through an optical fiber. Fiber Bragg gratings of various lengths are analyzed for their spectral characteristics, such as transmission and reflection spectra. An experiment was also carried out on the influence of various parameters on the spectral characteristics of Bragg fiber gratings. The spectral characteristics of Bragg fiber gratings have been studied, and the optimal grating parameters have been chosen to create fiber-optic sensors on its basis.

Currently, there are many technical devices, the failure of which can entail not only huge financial costs, but also environmental hazards. Therefore, it is important to effectively diagnose the condition, including electronic components, and check their operating conditions. Early detection of an error makes it possible to take preventive measures and avoid serious consequences.

Keywords. Optical fiber, fiber-optic sensor, Bragg gratings, matrix, phase.

****

УДК 536.2(07) **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-389-396**

Ж.У.Сугиров✉, Г.Г. Байсарова, М.К. Суйменова,
А.И. Избасар, Б.С. Акмурзаева
Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш.
Есенова, Актау, Казахстан
E-mail: sugirov-56@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ПРИ СОСТАВЛЕНИИ ОСНОВНЫХ УРАВНЕНИЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

Аннотация. Определение корней и коэффициентов характеристических уравнений, которые определяются в ряде случаев по графику, не удобны для применения в практических расчетах, тем самым ограничивают возможность использования компьютера при вычислениях. В этом случае для решения возникающих практических задач можно воспользоваться численными методами. Нестационарные тепловые режимы могут быть периодическими или временными. В периодических процессах определенное распределение температуры повторяется несколько раз через некоторое время. Переходы характеризуются переходом из одного стационарного режима в другой. В этом случае взаимосвязь между значениями теплопроводности, участвующими в теплообмене, на котором основана математическая теория теплопроводности, называют дифференциальными уравнениями теплопроводности. Формулировка этого уравнения основана на законе сохранения энергии, который соответствует закону Фурье.

Научной новизной исследования является выявление для четверых родов граничные условия. При этом все четыре условия содержат различные модификации. Модификации зависят от значений физических условий на концах имеющихся разделов сред. Определенную функцию температуры показали, как умножение трех функций. Каждую из этих трех функций представили, как результат применения для неограниченной по длине стенке.

Ключевые слова. Теплопроводность, численные методы, дифференциальное уравнение, коэффициент, граничные условия.

Введение.

Изучение любого физического процесса математическими методами сводится к обнаружению аналитических отношений между величинами, которые характеризуют это явление. Также для сложных процессов, в которых значения детерминанта меняются в пространстве и времени, не всегда возможно установить связь между этими значениями. В таких случаях применяют известные методы математической физики, с помощью которых ход процесса рассматривается не во всем изучаемом пространстве, а в определенном количестве материи и в нормальном времени. Это позволяет нам получить дифференциальное уравнение процесса, представляющее собой наиболее общую взаимосвязь между значениями, важными для изучаемых процессов, основанных на наиболее общих принципах.

Расчеты по распределению температуры для каждых элементов конструкции требуют построения уравнения теплового равновесия. В тех случаях, когда распределение тепла в теле зависит как от времени, так и от координат, это есть нестационарный тепловой режим. Нестатический режим теплопроводности существует в различных технологических операциях, таких как нагрев металла для ковки, тиснение,

закалка и т.д. в некоторых случаях расчет части головки самолета или стенки камер сгорания и сопел двигателя должен выполняться с учетом стационарного режима. Самолеты и их двигатели в некоторых случаях работают очень недолго, поэтому тепловые процессы в их конструктивных элементах не успевают перейти в стационарный режим.

Нестационарные тепловые режимы могут быть периодическими или временными. В периодических процессах определенное распределение температуры повторяется несколько раз через некоторое время. Переходы характеризуются переходом из одного стационарного режима в другой.

В этом случае взаимосвязь между значениями теплопроводности, участвующими в теплообмене, называют дифференциальными уравнениями теплопроводности, на котором основана математическая теория теплопроводности. Формулировка этого уравнения основана на законе сохранения энергии, который соответствует закону Фурье.

Уравнение теплопроводности Фурье в декартовых координатах описывается следующей формулой [1,2]:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a\left(\frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}\right) + \frac{1}{c\gamma} Q, \quad (1)$$

где c - теплоемкость рассматриваемого твердого тела;

T - температура;

$a = \lambda/(c\gamma)$ - коэффициент температуропроводности;

γ - плотность материала;

λ - теплопроводность рассматриваемого твердого тела;

Q - плотность внутреннего источника тепла.

Под плотностью объемного теплового потока Q принимают количество теплоты, поглощенную (выделенную) единицей объема тела в определенном отрезке времени. Единицею этой физической величины плотности принимают [Дж/(м^{3}с)] или [Вт/м^3].

При определенной мощности нагреваемого теплового излучателя [Вт], когда возникает необходимость определять плотность имеющегося теплового потока, то необходимо мощность нагреваемого источника разделить на объем тела. В случае отсутствия источника теплоты, т.е. $Q = 0$, уравнение (1) будет принимать упрощенный вид.

Материалы и методы.

Для дальнейшей интеграции дифуравнений (2) в частных производных, необходимо знать значения величин граничных и начальных условий.

Значения начальных условий имеет вид:

При

$$t = 0, T(x, y, z) = T_f = const. \quad (2)$$

Уравнение теплопроводности температуры могут быть заданы граничными условиями [1,2]:

1) Необходимо задание граничных условий первого рода, когда известны температуры на исследуемых поверхностях, ограничивающие тело. В рассматриваемом случае температура на границах возможна быть зависима от координат значений точек и времени этой границы.

$$t>0; T(x,y,z,t)_{z=0,l}=T_1(x,y,z,t)_{z=0,l}; T(x,y,z,t)_{y=0,h}=T_2(x,y,z,t)_{y=0,h};$$
$$T(x,y,z,t)_{x=0,b}=T_3(x,y,z,t)_{x=0,b}. \quad (3)$$

2) При задании граничных условий 2 рода будут находиться производные от температур по нормалям к поверхности, представленную в виде координат точек поверхности функции и времени.

3) При задании граничных условий 3 рода, имеют ввиду, что тепловые потоки распределяются пропорционально разности температур поверхности и окружающей среды.

$$t>0; -\lambda[\frac{\partial T(x,y,z,t)}{\partial x}]_{x=0,b}=\alpha[T(x,y,z,t)-T_f]_{x=0,b};$$

$$t>0; -\lambda[\frac{\partial T(x,y,z,t)}{\partial y}]_{y=0,h}=\alpha[T(x,y,z,t)-T_f]_{y=0,h};$$

$$t>0; -\lambda[\frac{\partial T(x,y,z,t)}{\partial z}]_{z=0,l}=\alpha[T(x,y,z,t)-T_f]_{z=0,l}. \quad (4)$$

4) В случае задания граничных условий 4 рода, когда принимают равенство значений теплового потока и температур, когда решается задача о теплообмене двоих сред (твердое тело-жидкость, тело-тело, жидкость-жидкость). В этом случае перенос теплоты будет записываться уравнением:

$$T_1=T_2 \Big|_{\text{гр}}, \quad -\lambda_1\frac{\partial T_1}{\partial n}=-\lambda_2\frac{\partial T_2}{\partial n}\Big|_{\text{гр}}. \quad (5)$$

При работе основные элементы конструкции часто подвергаются неоднородному температурному полю и механической нагрузке одновременно. Таким образом, расчет состояния напряжения и оценка прочности должны выполняться на основе решения соответствующей проблемы теплопроводности и механики твердого деформируемого тела.

В целом решить эту проблему в многомерном представлении очень сложно. Создание относительно простой модели приложения требует введения некоторых гипотез. Чтобы подтвердить достоверность полученных теоретических результатов, необходимо провести экспериментальное исследование, которое также позволит нам проверить достоверность введенных гипотез. Для количественного расчета необходимо знать зависимость температуры от времени в зоне нагрева нижней поверхности стержня. Поэтому необходимо установить функция в граничных условиях для объединения дифференциальных уравнений теплопроводности. В таблице 1 показаны результаты повторных измерений температуры в нагревательном отсеке, полученных во время эксперимента. Согласно этим данным, мы определяем средние температуры через регулярные промежутки времени. Это объясняется тем, как в матрице, т. е. функция может быть размещен дискретно, как и следующие матрицы T и T.

Таблица 1 - Результаты измерений температуры в нагревательном отсеке

	Время нагрева, (с)	Температура по длине нагрева (℃)			Температура в измеряемой точке, (℃)			Показания индикаторов (дел).					
								В вертикальном направлении			Горизонтальном направлении		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	0	27	26	25	23	26	26	536	553,5	06/23	01/54	02/84	01/94
2	40	81	96	78	27	30	29	540	553,5	06/31	01/54	02/84	01/94
3	80	106	109	109	32	37	34	540	553,5	06/32	01/63	02/84	01/94
4	120	118	131	120	38	42	39	540	553,5	06/32	01/74	02/90	01/98
5	160	123	144	138	49	47	44	540	553,5	06/31	01/90	02/98	02/00
6	200	133	154	142	52	52	50	540	553,5	06/31	01/94	03/12	02/15
7	240	142	161	146	58	58	56	540	553	06/31	02/08	03/28	02/32
8	280	151	160	155	62	63	62	535,5	553	06/30,5	02/18	03/41	02/47
9	320	157	163	156	68	68	68	535,5	553	06/30,5	02/26	03/57	02/55
10	360	160	164	160	72	73	74	535,5	553	06/30,4	02/39	03/70	02/75
11	400	163	172	166	78	78	79	535,5	553	06/30,4	02/46	03/87	02/90
12	440	164	174	167	83	83	84	535,5	553	06/30,2	02/57	04/00	03/01
13	480	169	178	169	87	87	89	535,5	553	06/30,2	02/64	04/14	03/15
14	520	142	161	146	58	58	56	540	553	06/31	02/08	03/28	02/32
15	560	151	160	155	62	63	62	535,5	553	06/30,5	02/18	03/41	02/47
16	600	157	163	156	68	68	68	535,5	553	06/30,5	02/26	03/57	02/55
17	640	160	164	160	72	73	74	535,5	553	06/30,4	02/39	03/70	02/75
18	680	163	172	166	78	78	79	535,5	553	06/30,4	02/46	03/87	02/90
19	720	164	174	167	83	83	84	535,5	553	06/30,2	02/57	04/00	03/01
20	760	169	178	169	87	87	89	535,5	553	06/30,2	02/64	04/14	03/15

Результаты.

Описанные вышеприведенные условия допускают на разделах сред разные формулировки зависящих от величин физических параметров. Когда контакты между двумя твердыми материалами не будет идеальными, то первое условие (5) может привести к скачку температуры. Если на границе разделов источников теплоты (химическая реакция, фазовый переход), то в условие (5) присоединяют тепловой поток, который образуется при возникновении поверхностного источника.

На определенном участке при распространении в теле внутреннего источника теплоты, плотность теплового потока Q будут определять с помощью функций Дирака δ или Хэвисайда H_1.

При решении одномерной задачи источник теплоты будет определяться с помощью значения δ функции Дирака, где y_0 - значение координат источника.

Обсуждение.

Разработанные многомерные функции показаны в виде произведения одномерных функций в количествах, равных размерностям пространства.

Для источников теплоты имеющие координаты x_0, y_0, при решениях двухмерных задач в уравнении теплопроводности, имеем выражение: $Q\delta(x-x_0)\delta(y-y_0)$.

Также для трехмерной задачи получили: $Q\delta(x-x_0)\delta(y-y_0)\delta(z-z_0)$.

А уравнение (5) будет составлять вид:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a(\frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}) + \frac{1}{c\gamma} Q\delta(x - x_0)\delta(y - y_0)\delta(z - z_0). \quad (6)$$

Начальными одномерными δ функциями будут являться функции Хэвисайда:

$$H_1(x) = 0, x < 0; H_1(x) = 1, x \geq 0.$$

Если значение аргумента будет равно нулю, то это указывают в записи функции, представляющее выражение

$$H_1(x) = 1/2, x = 0.$$

При использовании программы Mathcad функция Хэвисайда будет возвращаться к единице при x≥0. Ступенчатую функцию Хэвисайда используют для генерации величин импульса с шириной a, $H_1(x) - H_1(x - a)$, воздействия которых будет продолжаться.

Плотность потока при нагревании стержней на участке [a, b], нужно учитывать с использованием функции Хэвисайда:

$$Q \cdot [H_1(x - a) - H_1(x - b)].$$

В этом случае уравнение теплопроводности будет иметь вид:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a(\frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}) + \frac{1}{c\gamma} Q[H_1(x - a) - H_1(x - b)]. \quad (7)$$

Заключение.

Для обычных строительных конструкций, когда они теряют стабильность во время воздействия на упругость, критическая нагрузка часто слишком близка к разрушительной и опасной. Кроме того, отклонения от рассчитанной схемы, которые всегда присутствуют, отрицательно влияют на стабильность элемента или всю структуру. Поэтому в бюджетных моделях необходимо максимально учитывать геометрические параметры конструкции и режимы нагрузок конструкции в имеющихся условиях эксплуатации.

При изучении стабильности каркаса стойки необходимо учитывать его собственный вес, внешние нагрузки и нерегулярность температурного поля, которые могут быть вызваны различными причинами (чрезвычайные ситуации, климатические условия и т. д.). Такие расчеты имеют отношение к внедрению новых строительных материалов. Здесь важно определить зависимости критических нагрузок от температурных градиентов на пересечении и времён возникновений критических состояний для структур. При определении критических нагрузок и форм деформируемого элемента, надо изучить нелинейную термоупругую геометрическую задачу. Аналитическое решение этой нелинейной задачи будет сложным и неэффективным, из-за проблем теплопроводности и механики стержней. Эта задача, возможно, эффективно будет решена численными методами, позволяющие автоматизацию сложных инженерных вычислений. Определенную таким образом

функцию температуры рассматривают как произведение трех различных функций. Таким образом каждую из функций можно выявить путем решения задач с неограниченной стенкой. Здесь необходимо учитывать, что параллепипед является фигурой с тремя пересекающимися стенками.

Также коэффициенты характеристического уравнения и корни возможно находить по графикам. Эти действия вызывают некоторые неудобства при проведении практических расчетов, и соответственно, имеют ограничения по применению компьютеров. Соответственно, при решении этих задач надо использовать численные методы.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Попов Е.П. Теория и расчет гибких упругих стержней. -М.: Наука, гл.ред. физ.-мат. литературы, 2013. -296 с.

[2] Светлицкий В.А. Механика стержней. В 2-х ч.-М.: Высшая школа, 1987. Ч.1-320 с, ч.2-304 с.

[3] Коновалов А.А. Дифференциальные уравнения для больших перемещений пространственного стержня//Ижевск. 1974.

[4] Вержбицкий В.М. Основы численных методов. – М.: Высшая школа, 2012. – 840 с.

[5] Самарский А.А. Теория разностных схем. – М.: Наука, 2013. – 656 с.

[6] Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений. – М.: Наука, 2015. – Т. 1. – 464 с.

[7] Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений. – М.: Наука, 2015. – Т. 2. – 639 с.

[8] Киквидзе О.Г., Киквидзе Л.Г. Большие перемещения термоупругих стержней при плоском изгибе//Проблемы прикладной механики. Изд-во «Комитет ИФToММ-а Грузии». -№4(5). -2001.-С.73-77.

[9] Киквидзе О.Г., Киквидзе Л.Г. Геометрически нелинейная задача изгиба термоупругих стержней. - Тбилиси. Груинский технический университет, сб. трудов межд.симпозиума «Проблемы тонкостенных пространственных конструкции», 4-5.07.01 – С.28-31.

[10] Киквидзе О.Г. Большие перемещения термоупругих стержней при изгибе// Проблемы машиностроения и надежности машин, РАН. -№1.-2003.-С.49-53

[11] Киквидзе О.Г., Махутов Н.А. Уравнение состояния сплавов с эффектом памяти формы//Проблемы машиностроения и надежности машин, 1996.-№2.-С.51-56.

[12] Киквидзе О.Г., Байсарова Г.Г. Обобщенные геометрические характеристики для расчета лопаток турбин//III International Scientific Conference ENERGY: REGIONAL PROBLEMS AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES 24-25.10.2015 Kutaisi, Georgia

[13] Коновалов А.А. Дифференциальные уравнения для больших перемещений пространственного стержня//Ижевск. Динамика, прочность и долговечность деталей машин. 1974, вып.3. С.3-12.

[14] Лурье А.И. О малых деформациях криволинейных стержней. – Тр. Ленингр. политехн. института, 1941.-№3.- С.47-54.

[15] Ляв А. Математическая теория упругости. - М.-Л., Гостехиздат, 1935.- 674 с.

[16] Макаров Е.Г. Сопротивление материалов на базе Mathcad.- СПб.: БХВ – Петербург, 2004.-512 с.

[17] Макушин Н.Н. Теория упругой линии при продольно – поперечном изгибе/Тр. Моск.мех.-маш.стр.ин-та им. Н.Э.Баумана, вып.56/3, машгиз,1939.

[18] Масленков С.Б., Масленкова Е.А. Стали и сплавы для высоких температур. Справочник в двух книгах. - М.: Металлургия, книга1/ 1991. - 383с. Книга 2.1991. – 832с.

Жиенбек Сугиров, т.ғ.д., профессор, Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау, Қазақстан, sugirov-56@mail.ru

Гульбану Байсарова, PhD, аға оқытушы, Ш.Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау, Қазақстан, gulbanu.baisarova@yu.edu.kz

Маржан Суйменова, магистр, аға оқытушы, Ш.Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау, Қазақстан, marzan.suimtnova@yu.edu.kz

Айжан Избасар, магистр, аға оқытушы, Ш.Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау, Қазақстан, aizan.izbasar@yu.edu.kz

Балжан Акмурзаева, магистр, оқытушы, Ш.Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау, Қазақстан, balzhan.akmurzayeva@yu.edu.kz

ЖЫЛУ ӨТКІЗГІШТІКТІҢ НЕГІЗГІ ТЕҢДЕУЛЕРІН ҚҰРУ ҮШІН САНДЫҚ ӘДІСТЕРДІ ҚОЛДАНУ

Аңдатпа. Бірқатар жағдайларда график бойынша анықталатын сипаттамалық теңдеулердің түбірлері мен коэффициенттерін анықтау практикалық есептеулерде қолдануға ыңғайлы емес, осылайша есептеу кезінде компьютерді пайдалану мүмкіндігін шектейді. Бұл жағдайда пайда болатын практикалық мәселелерді шешу үшін сандық әдістерді қолдануға болады. Стационарлық емес жылу режимдері мерзімді немесе уақытша болуы мүмкін. Мерзімді процестерде температураның белгілі бір таралуы біраз уақыттан кейін бірнеше рет қайталанады. Ауысулар бір стационарлық режимнен екіншісіне ауысумен сипатталады. Бұл жағдайда жылу өткізгіштіктің математикалық теориясы негізделген жылу алмасуға қатысатын жылу өткізгіштік мәндерінің арасындағы байланыс. Бұл теңдеудің тұжырымы Фурье Заңына сәйкес келетін энергияның сақталу заңына негізделген. Төрт ұрпақ үшін шекаралық жағдайлар анықталды. Сонымен қатар, барлық төрт жағдайда әртүрлі модификациялар бар. Модификациялар қоршаған ортаның қол жетімді бөлімдерінің ұштарындағы физикалық жағдайлардың мәндеріне байланысты. Температураның белгілі бір функциясы үш функцияның көбейтіндісі ретінде көрсетілді. Осы үшеуінің әрқайсысы ұзындығы шектеусіз қабырғаға арналған қосымшалар ретінде ұсынылған.

Түйінді сөздер. Жылу өткізгіштік, сандық әдістер, Дифференциалдық теңдеу, коэффициент, шекаралық шарттар.

Dzhienbek Sugirov, doctor of technical sciences, professor, Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yesenov, Aktau, Kazakhstan, sugirov - 56@mail.ru

Gulbanu Baysarova, PhD, senior lecturer, Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yesenov, Aktau, Kazakhstan, gulbanu.baisarova@yu.edu.kz

Marzhan Suimenova, master's degree, senior lecturer, Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yesenov, Aktau, Kazakhstan, marzan.suimtnova@yu.edu.kz

Aizan Izbasar, master's degree, senior lecturer, Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yesenov, Aktau, Kazakhstan, aizan.izbasar@yu.edu.kz

Balzhan Akmurzayeva, master's degree, teacher, Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yesenov, Aktau, Kazakhstan, balzhan.akmurzayeva@yu.edu.kz

THE USE OF NUMERICAL METHODS FOR THE COMPILATION OF THE BASIC EQUATIONS OF THERMAL CONDUCTIVITY

Abstract. The determination of the roots and coefficients of characteristic equations, which are determined in some cases according to the schedule, are not convenient for use in practical calculations, thereby limiting the possibility of using a computer for calculations. In this case, numerical methods can be used to solve emerging practical problems. Non-stationary thermal modes can be periodic or temporary. In periodic processes, a certain temperature distribution is repeated several times after a while. Transitions are characterized by a transition from one stationary mode to another. In this case, the relationship between the values of thermal conductivity involved in heat exchange, on which the mathematical theory of thermal conductivity is based. The formulation of this equation is based on the law of conservation of energy, which corresponds to the Fourier law. Boundary conditions were revealed for four genera. At the same time, all four conditions contain various modifications. Modifications depend on the values of the physical conditions at the ends of the available media sections. A certain temperature function was shown as a multiplication of three functions. Each of these three was presented as an application for an unlimited length of the wall.

Keywords. Thermal conductivity, numerical methods, differential equation, coefficient, boundary conditions.

****

ӘОЖ 658.5/658.6 DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-397-406

Н. Аманбек✉, Л.А. Мамаева, Ж.А. Искакова, С.Л. Исматуллаев
Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: amanbek.n@mail.ru

МЕМЛЕКЕТТІК ҚЫЗМЕТ САПАСЫН БАҒАЛАУДА SWOT-ТАЛДАУ ӘДІСІН ҚОЛДАНУ

Андатпа. Интернеттің тұрақты құрылуы мен дамуы ақпараттық технологиялар саласындағы ең маңызды жаңалықтардың бірі болды. Оның артықшылығы: байланыс икемділігін арттырды, шығындарды азайтты және географиялық қашықтыққа қарамастан үлкен көлемде ақпарат алмасуға мүмкіндік берді. Осы артықшылықтардың арқасында үкімет интернетті азаматтармен қарым-қатынас жасау және транзакциялар жасау үшін электрондық үкімет ұдайы қолдана бастады. Осы зерттеудің мақсаты Алматы қаласының мамандандырылған халыққа қызмет көрсету орталығының Үкіметтік электрондық сайттарында көрсетілетін қызметтерге SWOT-талдау жүргізу болды. Мамандандырылған халыққа қызмет көрсету ұйымның сапа жүйесіне стратегиялық талдау жүргізу үшін даму стратегиясына негізделуі керек, оның негізінде директорлар қауымдастығындағы жағдай және оның сыртқы ортасы туралы барлық ақпаратты жүйелеу үшін SWOT талдауын қолдануға болады, нәтижесінде кәсіпорынның дамуына қатысты бағыттар мен бастамаларды анықтауға болады.

Көлік құралдарын тіркеу және жүргізуші куәлігін беру қызметін көрсетуді SWOT талдау нәтижелері бойынша ең маңызды күшті жақтар ұйымды басқару стратегиясының негізі болады. Екінші жағынан, жақсы стратегия ұйымды басқарудың тиімді жүйесінің әлсіз жақтарының теріс әсерін азайтты. Ұйымның күшті және әлсіз жақтарын талдау аналитикалық тұрғыдан күрделі процесс, күшті және әлсіз жақтар міндетті түрде басқа ұйымдардың ұқсас параметрлерімен салыстырылады. Мүмкіндіктер мен қауіптер компанияның қазіргі стратегиясындағы өзгерістердің қажеттілігін көрсетеді. SWOT талдаудың қортындысы бойынша оң нәтижелер ол ұйымның іске асыра алатын мүмкіндіктері, теріс сандар бұл жұмысқа кері әсер ететін факторлар. Атап айтқанда оң нәтижелер 295.16 баллға тең болды, ол ұйымның іске асыра алатын мүмкіндіктері, теріс сандар: -13,77, -17,02,-71,63 - бұл жұмысқа кері әсер ететін факторлар. Осы теріс факторлардың ішінде ең төменгісіне ерекше көңіл бөлуді қажет етеді. Қорытынды матрицасы көрсетілген кестеде электронды үкімет жұмысына әсер ететін күшті және әлсіз жақтарын баллдық жүйе бойынша көруге болады, сол арқылы корпорация өзінің даму стратегиясында белгілі бір аса қауіпті жақтардың алдын алу шараларын немесе мүмкіндігі жоғары жақтарға басымдық беруіне болады. Көлік құралдарын тіркеу және жүргізуші куәлігін беру қызметін электрондық үкімет арқылы көрсету арқылы тұтынушылардың қанағаттануының жоғарылайындығы, сонымен бірге кері байланыс орнату мүмкіндігінің жақсаратындығы анықталды.

Түйінді сөздер. SWOT талдау, қызмет сапасы, электрондық үкімет, статистикалық талдау, бағалау матрицасы, ішкі фактор, сыртқы фактор.

Кіріспе.

Интернеттің тұрақты құрылуы мен дамуы ақпараттық технологиялар саласындағы ең маңызды жаңалықтардың бірі болды. Оның артықшылығы: байланыс икемділігін арттырды, шығындарды азайтты және географиялық қашықтыққа қарамастан үлкен көлемде ақпарат алмасуға мүмкіндік берді. Осы артықшылықтардың

арқасында үкімет интернетті азаматтармен қарым-қатынас жасау және транзакциялар жасау үшін ұдайы қолдана бастады, бұл процесті электрондық үкімет деп Макнил өз мақаласында анықтама берді [1]. Халыққа қызмет көрсетуде интернеттің қосар үлесін Велч В.Е, Хиннан С.С. мен Мун М.Дж. [2] және басқалары өз жұмыстарында зерттеген. Уэст Д.М. [3] азаматтардың мемлекеттік сайттар ұсынатын құпиялылық пен қауіпсіздікке қатысты алаңдаушылығы сияқты бірқатар қиындықтарды анықтады, одан бөлек: мүмкіндігі шектеулі азаматтар немесе әлеуметтік қорғалмаған халықтың арнайы топтарының қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін ресурстардың жетіспеушілігі; компьютерлердің немесе Интернетке қол жетімділіктің болмауы; азаматтарға қатысты білім беру қажеттілігі, онлайн қызметтердің және олар туралы ақпараттардың қолжетімділігі. Бұл мәселелер электрондық үкімет көрсететін қызметтердің сапасын бағалау өзектілігін туындатады. Осы орайда Шиан А. [4] өз зерттеуінде электрондық үкімет функцияларының интерактивтілік деңгейін бағалауды ұсынды. Дамиан И. қызмет көрсету сапасын бағалауда SWOT-талдау матрицасын пайдалануды ұсынды [5]. SWOT талдауы стратегиялық жоспарлауда ұйымның дамуының ішкі және сыртқы факторларын, олардың күшті және әлсіз жақтарын бағалау үшін қолданылады. Мұндай талдаудың жалпы схемасы төменде келтірілген.

Авторлардың пікірінше [6-10], SWOT талдауын қолдану стратегиялық талдаудың маңызды кезеңі болып табылады, бұл басқарудың ең тиімді әдісін анықтауға көмектеседі.

Талдауды жүргізу үшін «Азаматтарға арналған үкімет» корпорациясының бір терезе қағидатымен жұмыс жасауда үлкен роль аткаратын «Электронды үкімет» порталы қарастырылды.

SWOT-талдау жүргізу әдіснамасын әзірлеу Д. В. Арутюнова, О.Г. Афанасьева [7,8], М. И. Дудин, Н. В. Лясников н. в. [9] және басқа да бірқатар жұмыстарда анықталды. Н. А. Сучкова мен Е. Г. Шалневаның «коммерциялық емес ұйымның ішкі және сыртқы ортасының стратегиялық факторларын кешенді талдау» жұмысында SWOT-талдау жүргізу бойынша келесі жобаны бөліп көрсетуге болады: коммерциялық емес ұйымды басқару тек төменгі деңгейдегі бәсекелестік артықшылықтарға негізделген, мәселен: дәстүрлі технологиялар немесе көрсетілетін қызметтерге үлкен сұраныстың болуы) [10,11].

«SWOT әдісі бойынша коммерциялық емес ұйымның қызметін талдау» мақаласында Целищева Е. Ф. және Бирюкова Е. А. ішкі және сыртқы орта факторларына жүйелі талдау жүргізу моделі көрсетілген, сондай-ақ коммерциялық емес ұйым мысалында күшті жақтар мен мүмкіндіктердің, әлсіз жақтар мен мүмкіндіктердің, күшті жақтар мен қауіптердің, әлсіз жақтар мен қауіптердің үйлесімі [11].

SWOT талдау нәтижелері бойынша ең маңызды күшті жақтар ұйымды басқару стратегиясының негізі болуы керек деп айта аламыз. Екінші жағынан, жақсы стратегия ұйымды басқарудың тиімді жүйесінің әлсіз жақтарының теріс әсерін азайтуы керек. Ұйымның ішінде күшті және әлсіз жақтар бар, сондықтан бір қарағанда бұл зерттеу оңай болып көрінуі мүмкін. Шындығында, ұйымның күшті және әлсіз жақтарын талдау аналитикалық тұрғыдан күрделі процесс. Себебі күшті және әлсіз жақтар міндетті түрде басқа ұйымдардың ұқсас параметрлерімен салыстырылады [11,12,13]. Мүмкіндіктер мен қауіптер компанияның қазіргі стратегиясындағы өзгерістердің қажеттілігін көрсетеді. SWOT талдауының осы екі компоненті ұйымға сыртқы факторлармен байланысты және оларды талдау әдетте әлдеқайда қиын.

Материалдар мен тәсілдер.

Стратегиялық талдау жүргізу үшін Даму стратегиясына негізделуі керек, оның негізінде директорлар қауымдастығындағы жағдай және оның сыртқы ортасы туралы

барлық ақпаратты жүйелеу үшін SWOT талдауын қолдануға болады, нәтижесінде кәсіпорынның дамуына қатысты бағыттар мен бастамаларды анықтауға болады.

Электрондық үкімет жеке ұйым болып табылмайтындықтан, ол биліктің әртүрлі деңгейлері ұсынатын электрондық қызметтердің (ақпараттық, тіркеу, коммерциялық) конгломераты болып табылады, тіпті жекелеген мемлекеттік органдар үйлестіретін болса да, олардың жұмысын кешенді түрде талдау ұсынылады [10, 14].

Электрондық үкіметті тұтынушылар Қазақстанның барлық тұрғындары, электрондық қызметтерді ұсынатын мемлекеттік органдар болып табылады, бәсекелестер жоқ, сондықтан негізгі сыртқы мүмкіндіктер мен қауіптер бәсекелестік ортаға емес, тұтынушы мен инфрақұрылымның ерекшеліктеріне байланысты.

Себебі инфрақұрылымды жақсарту, халықтың интернетке қолжетімділігін арттыру, халықты оқыту, мемлекеттік органдардың Интернет арқылы қызмет көрсетуге дайындығын арттыру мәселелері, оның ішінде техникалық, біліктілік және басқару басқа бағдарламаларда көрсетілген (мысалы, Үкіметтің 2007-2009 жылдарға арналған бағдарламасы, «ақпараттық теңсіздікті төмендету», «білім беру» және т. б. бағдарламалары), бұл стратегия халықтың электрондық үкімет туралы хабардарлығын ілгерілетуге және жасауға қатысты проблемаларға шоғырланатын болады [11,15].

Электрондық үкіметтің күшті/әлсіз және мүмкіндіктері мен қауіптерін анықтау үшін эксперттік әдіс пайдаланылды (1-кесте).

1 кесте - Қазақстандағы электрондық үкіметтің SWOT-талдауы

Күшті жақтары	Әлсіз жақтары
Электрондық үкіметтің өзі ♦ Саяси ерік ♦ Мемлекеттік органдар басшылығының ЭҮ енгізуге бейімділігі ♦ Мемлекеттік қызметшілердің бір бөлігінің уәжделуі ♦ Мемлекеттік қызметшілердің жылдам оқуы ***Бренд*** ♦ Интернетті пайдаланушылар мен мемлекеттік қызметкерлер, лауазымды тұлғалар арасында бағдарлама мен брендті айтарлықтай насихаттау ♦ Белгілі басымдық және бедел	***Электрондық үкіметтің өзі*** ° Мемлекеттік органдардың дайын болмауы: әлсіз және ақпараттық технологиялар база, қызметтердің электрондық форматқа қабілетсіздігі, бірыңғай архитектураның болмауы, дерекқорлардың бытыраңқылығы. ♦ Қызметкерлердің бір бөлігінің әлсіздігі: компьютерлік сауаттылықтың төмендігі, қабілетсіздік, немқұрайлылық, электрондық қызметтерді пайдалануға қарсы тұру. ♦ Мемлекеттік органдардың сайттары тұтынушылардың қажеттіліктеріне сәйкес келмейді ♦ Электрондық қызметтерді алу мүмкіндіктері туралы әлсіз ақпарат ***Бренд*** ♦ Бағдарламаның тиімділігін талқылауға халықтың әлсіз тартылуы (бірлескен шешімдерді іздеу) ♦ Интернетті пайдаланушылар үшін ұзақ созылатын атаулар
Мүмкіндіктер	Қауіптер
Электрондық үкіметтің өзі ♦ Бәсекелестердің болмауы ♦ Провайдерлер санын көбейту арқылы Интернетке қол жетімділікті арттыру ♦ Интернет қолданушыларының өсуі ♦ Халық арасында электрондық қызметтерге қызығушылықтың өсуі	***Электрондық үкіметтің өзі*** ♦ Халықтың компьютерлік сауаттылығының төмендігі ♦ Әсіресе ауылдағы инфрақұрылымның әлсіздігі (телефондар, компьютерлер) ♦ Білікті қызметкерлердің болмауы, әсіресе ауылда ♦ Билікке теріс көзқарасты электрондық үкіметке ауыстыру

Бренд ♦ Ұқсас бағдарламаларды, брендтерді жылжытудағы басқа елдердің тәжірибесі ♦ Әкімшілік ресурс	***Бренд*** ♦ Электрондық Қызметтерді ұсынуда, сайтты қолдауда, бағдарламаларды іске асыруда сәтсіздік, кешігу имиджді бұзуы мүмкін ♦ Әлсіз орындаушылар

Ішкі және сыртқы факторлар бағаланады. Күшті және әлсіз жақтарға 0-ден 5-ке дейінгі шкала бойынша Аі бағасы беріледі (фактордың маңызды көрінісі максималды балға сәйкес келеді). Сыртқы факторларды бағалау үшін екі параметр қолданылады:

- 0-ден 1-ге дейінгі шкала бойынша Рj оқиғасына жету ықтималдығы, мұнда бірлік оқиғаның пайда болуының максималды ықтималдығына сәйкес келеді;
- 0-ден 5-ке дейінгі шкала бойынша компания қызметіне фактордың әсер ету дәрежесін сипаттайтын Кj факторының маңыздылығы, мұнда ең жоғары балл жоғары әсер ету дәрежесіне сәйкес келеді [8,11].

Нәтижелер.

Ең алдымен ұйымның ішкі орта факторларының сандық бағасы анықталды. Одан әрі қарай сыртқы орта факторлары сандық тұрғыдан бағаланды және олардың пайда болу ықтималдығы есептелді. Нәтижесінде қызмет көрсету сапасын бағалау үшін SWOT-талдауды бағалау матрицасы әзірленді.

2-кестеде біз ұйымның ішкі орта факторларының сандық бағасын ұсынамыз.

2 кесте - Ішкі орта факторларын бағалау

Күшті жақтары	Саяси ерік	5
	Мемлекеттік органдар басшылығының ЭҮ енгізуге бейімділігі	5
	Мемлекеттік қызметшілердің бір бөлігінің уәжделуі	4
	Мемлекеттік қызметшілердің жылдам оқуы	4
	Интернетті пайдаланушылар мен мемлекеттік қызметкерлер, лауазымды тұлғалар арасында бағдарлама мен брендті айтарлықтай насихаттау	4
	Белгілі басымдық және бедел	5
Әлсіз жақтары	Мемлекеттік органдардың дайын болмауы: әлсіз және ақпараттық технологиялар база, қызметтердің электрондық форматқа қабілетсіздігі, бірыңғай архитектураның болмауы, дерекқорлардың бытыраңқылығы.	3
	Қызметкерлердің бір бөлігінің әлсіздігі: компьютерлік сауаттылықтың төмендігі, қабілетсіздік, немқұрайлылық, электрондық қызметтерді пайдалануға қарсы тұру.	4
	Мемлекеттік органдардың сайттары тұтынушылардың қажеттіліктеріне сәйкес келмейді	4
	Электрондық қызметтерді алу мүмкіндіктері туралы әлсіз ақпарат	2
	Бағдарламаның тиімділігін талқылауға халықтың әлсіз тартылуы (бірлескен шешімдерді іздеу)	3
	Интернетті пайдаланушылар үшін ұзақ созылатын атаулар	3

3-кестеде сыртқы орта факторлары сандық тұрғыдан бағаланады және пайда болу ықтималдығы анықталады.

3 кесте - Сыртқы орта факторларын бағалау

Факторлар		Кj	Рj
Мүмкін діктер	Бәсекелестердің болмауы	5	0.9
	Провайдерлер санын көбейту арқылы Интернетке қол жетімділікті арттыру	4	0.6
	Интернет қолданушыларының өсуі	4	0.8
	Халық арасында электрондық қызметтерге қызығушылықтың өсуі	4	0.8
	Ұқсас бағдарламаларды, брендтерді жылжытудағы басқа елдердің тәжірибесі	3	0.5
	Әкімшілік ресурс	4	0.7
Қауіптер	Халықтың компьютерлік сауаттылығының төмендігі	4	0.8
	Әсіресе ауылдағы инфрақұрылымның әлсіздігі (телефондар, компьютерлер)	3	0.4
	Білікті қызметкерлердің болмауы, әсіресе ауылдық елді мекендерде	3	0.5
	Билікке теріс көзқарасты электрондық үкіметке ауыстыру	3	0.2
	Электрондық Қызметтерді ұсынуда, сайтты қолдауда, бағдарламаларды іске асыруда сәтсіздік, кешігу имиджді бұзуы мүмкін	2	0.7
	Әлсіз орындаушылар	3	0.8

Әрі қарай 4-кестеде келтірілген бағалау матрицасы жасалады ұяшықтардың элементтері = Аi* Рj* Кj.

4 кесте - SWOT-талдауды бағалау матрицасы

Күшті/әлсіз жақтары Мүмкіндіктер/ қауіптер			O						T					
Көрсеткіш нөмірі			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Сандық бағалау			5	4	4	4	3	4	4	3	3	3	2	3
Ықтималдығы			0.9	0.6	0.8	0.8	0.5	0.7	0.8	0.4	0.5	0.2	0.7	0.8
S	1	5	22.5	12	16	16	7.5	14	16	6	7.5	3	7	12
	2	5	22.5	12	16	16	7.5	14	16	6	7.5	3	7	12
	3	4	18	9.6	12.8	12.8	6	11.2	12.8	4.8	6	2.4	5.6	9.6
	4	4	18	9.6	12.8	12.8	6	11.2	12.8	4.8	6	2.4	5.6	9.6
	5	4	18	9.6	12.8	12.8	6	11.2	12.8	4.8	6	2.4	5.6	9.6
	6	5	22.5	12	16	16	7.5	14	16	6	7.5	3	7	12
W	1	3	13.5	7.2	9.6	9.6	4.5	8.4	9.6	3.6	4.5	1.8	4.2	7.2
	2	4	18	9.6	12.8	12.8	6	11.2	12.8	4.8	6	2.4	5.6	9.6
	3	4	18	9.6	12.8	12.8	6	11.2	12.8	4.8	6	2.4	5.6	9.6
	4	2	9	4.8	6.4	6.4	3	5.6	6.4	2.4	3	1.2	2.8	4.8
	5	3	13.5	7.2	9.6	9.6	4.5	8.4	9.6	3.6	4.5	1.8	4.2	7.2
	6	3	13.5	7.2	9.6	9.6	4.5	8.4	9.6	3.6	4.5	1.8	4.2	7.2

5-кестеде өзара әрекеттесетін факторларды бағалау матрицасы берілген.

Факторлардың әр жұбы үшін олардың Aij өзара әрекеттесуінің балдық бағасы енгізіледі (-1-ден 1-ге дейін): тікелей (кері) тәуелділікпен бағалау оң (теріс) және тәуелділік неғұрлым күшті болса, модуль соғұрлым жоғары болады.

Бұл жерде эксперттік әдіс негізінде ішкі және сыртқы факторлардың әрекеттесуі арқылы кәсіпорын жұмысына тиігізетін әсерін анықтап әр жағдай бойынша балл берілді. Егер екі жақтың факторлары бір біріне ешқандай әсері болмаса оларға 0 балл қойылды.

5 кесте -SWOT-талдау факторларының өзара іс-қимылын бағалау матрицасы

Күшті/әлсіз жақтары Мүмкіндіктер/ қауіптер			O						T					
Көрсеткіш нөмірі			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Сандық бағалау			5	4	4	4	3	4	4	3	3	3	2	3
Ықтималдығы			0.9	0.6	0.8	0.8	0.5	0.7	0.8	0.4	0.5	0.2	0.7	0.8
S	1	5	1	0.9	0.6	1	0.7	1	0.9	0.4	0.2	-0.2	-0.8	-0.5
	2	5	0.9	0	0.7	0.9	0.8	0.7	-0.5	0.2	-0.8	-0.5	-0.5	-0.5
	3	4	0	0.5	0.5	0.8	0.7	0.7	-0.6	0	0.5	0	0	0
	4	4	0	0	0.5	0.6	0.8	0.2	0	-0.5	0.5	0	0	0.6
	5	4	0.8	0.6	0.5	0.8	0	0.8	0.6	0.3	-0.8	0	0.8	0
	6	5	0.8	0.2	0	1	0.8	0.9	0	-0.8	-0.7	0	0.5	0
W	1	3	0.2	0	0	-0.9	-0.2	-1	-1	-0.7	-0.5	-0.5	-0.2	-0.2
	2	4	0.2	0.1	0	-0.8	-0.5	-1	-0.6	-0.5	-0.5	-1	-0.3	-0.6
	3	4	-0.5	-0.5	-0.5	-0.8	0.6	0.5	-0.5	-0.2	0	-0.8	-0.6	0
	4	2	0	-0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	-0.2	0.5	0.2	0	-0.2	-0.5
	5	3	0.1	0.8	0.8	0.5	0.6	0	-0.5	0.2	0	0.8	0.2	-0.6
	6	3	0.5	0	0	0.2	0	0	-0.8	0.2	0	-0.5	-0.5	0

Жоғарыда көрсетілген матрицалар күшті және әлсіз жақтар, ұйымның мүмкіндіктері мен қауіптері туралы зерттелген ақпарат, факторларды жеке сараптамалық сандық бағалау нәтижелері, әрбір осындай көрсеткіш үшін белгіленген ықтималдық негізінде жасалады. Содан кейін 4 және 5 кестелердің әр ұяшығы үшін факторлар жұптарының стратегияға әсерін сандық бағалау және жұптағы факторлардың өзара әрекеттесу дәрежесін бағалау жүргізіледі.

Бағалау Aij кешенді параметрлерін қалыптастырады: Aij= Ai* Pj* Kj* aij [1].

Стратегияны қалыптастыруға арналған бағалаудың қорытынды матрицасын 6-кестеден көруге болады.

6 кесте - Стратегияны қалыптастыруға арналған бағалаудың қорытынды матрицасы

Күшті/әлсіз жақтары Мүмкіндіктер/ қауіптер			O						T					
Көрсеткіш нөмірі			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Сандық бағалау			5	4	4	4	3	4	4	3	3	3	2	3
Ықтималдығы			0.9	0.6	0.8	0.8	0.5	0.7	0.8	0.4	0.5	0.2	0.7	0.8
	1	5	22,5	10,8	9,6	16	5,25	14	14,4	2,4	1,5	-0,6	-5,6	-6
	2	5	20,25	0	11,2	14,4	6	9,8	-8	1,2	-6	-1,5	-3,5	-6
	3	4	0	4,8	6,4	10,24	4,2	7,84	-7,68	0	3	0	0	0
	4	4	0	0	6,4	7,68	4,8	2,24	0	-2,4	3	0	0	5,76
	5	4	14,4	5,76	6,4	10,24	0	8,96	7,68	1,44	-4,8	0	4,48	0
	6	5	18	2,4	0	16	6	12,6	0	-4,8	-5,25	0	3,5	0
Барлығы:			75.15	23.76	40	74.56	26.25	55.44	6.4	-2.16	-8,55	-2,1	-1,12	-6,24
	1	3	2,7	0	0	-8,64	-0,9	-8,4	-9,6	-2,52	-2,25	-0,9	-0,84	-1,44
	2	4	3,6	0,96	0	-10,24	-3	-11,2	-7,68	-2,4	-3	-2,4	-1,68	-5,76
	3	4	-9	-4,8	-6,4	-10,24	3,6	5,6	-6,4	-0,96	0	-1,92	-3,36	0
	4	2	0	-2,88	3,2	3,2	1,5	3,36	-1,28	1,2	0,6	0	-0,56	-2,4
	5	3	1,35	5,76	7,68	4,8	2,7	0	-4,8	0,72	0	1,44	0,84	-4,32
	6	3	6,75	0	0	1,92	0	0	-7,68	0,72	0	-0,9	-2,1	0
Барлығы:			5.4	-0.96	4.48	-19.2	3.9	-10.64	-37.44	-3.24	-4,65	-4,68	-7,7	-13,92

Күшті және әлсіз жақтардың мүмкіндіктер мен кедергілерге сәйкес стратегияны қалыптастыруға арналған бағалаудың жиынтық баллдары есептелді (7-кесте).

7 кесте - Стратегияны қалыптастыруға арналған бағалаудың жиынтық баллдары (балл)

	O	T
S	295.16	-13.77
W	-17.02	-71.63

Талқылау.

Электрондық үкіметтің дамуына әсер ететін ішкі орта факторларын бағалау үшін әлсіз жақтар мен күшті жақтарға, ал сыртқы факторларды бағалау үшін мүмкіндіктер мен қауіптерді талдау жүргізілді.

SWOT талдаудың қортындысы бойынша көріп отырғанымыздай оң нәтижелер 295.16 баллға тең болды, ол ұйымның іске асыра алатын мүмкіндіктері, теріс сандар: -13,77, -17,02,-71,63 - бұл жұмысқа кері әсер ететін факторлар. Осы теріс факторлардың ішінде ең төменгісіне ерекше көңіл бөлуді қажет етеді.

Көптеген күшті жақтар мен мүмкіндіктер Қазақстандағы халыққа арнайы қызмет көрсету қызметін электрондық үкімет арқылы берілуін ынталандырады, сонымен бірге жаңа қауіптер мен сын-қатерлер туындатады. Тұтастай алғанда, Қазақстан Электрондық үкімет қызметтерін ұсыну үшін берік іргетасын қалаған. Барабар ресурстарды құру және

онлайн режимінде Мемлекеттік қызметтерді ұсынуды жақсарту үшін инвестициялар жасалды. Ойластырылған саясат, нақты мақсаттар мен стратегиялық жоспарлау электрондық үкіметтің табысқа жетуіне ықпал ететін факторлар болып табылады. Қазақстанда электрондық үкімет қызметтерін енгізу қазіргі уақытта табысты ілгерілеуде, бірақ цифрлық интеграция саясаты «цифрлық алшақтықты» жоюға ықпал ету үшін осы дамуда маңызды рөл атқарып келеді. Қазіргі саясатта ерекше кемшіліктер бар, мысалы, АКТ-ны оқытудың нақты бағдарламаларының болмауы және әлеуметтік жағдайы төмен азаматтар үшін интернетке ақысыз қол жетімділікті қамтамасыз ететін орталықтар құру. Цифрлық технологияларды енгізу жөніндегі нақты стратегия осы мақсатта заңнамалық бағдарламалар қабылдауды, сондай-ақ оны әмбебап қызметке қосу арқылы Интернетке қол жеткізуді жеңілдетуді қамтуға тиіс.

Қорытынды.

Қорытынды матрицасы көрсетілген кестеде электронды үкімет жұмысына әсер ететін күшті және әлсіз жақтарын баллдық жүйе бойынша көруге болады, сол арқылы корпорация өзінің даму стратегиясында белгілі бір аса қауіпті жақтардың алдын алу шараларын немесе мүмкіндігі жоғары жақтарға басымдық беруіне болады.

Кәсіпорын стратегияларын іске асырудың тиімділігі көбінесе ұйымды басқару жүйесінің жалпы тиімділігіне байланысты. Бұл талдау зерттелген сайттардың электрондық үкімет сайттары ұсынатын қызметтерді ұдайы жақсартуға ықпал ететін SWOT матрицасын жасауға мүмкіндік берді.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] McNEAL, R. S., TOLBERT, C. J., MOSSBERGER, K., DOTTERWEICH, L. J., Innovating in Digital Government in the American States, Social Science Quarterly, v. 84, n. 1, p. 52-70, 2003

[2] WELCH, W. E., HINNANT, C. C., MOON, M. J. Linking Citizen Satisfaction with E-Government and Trust in Government, Journal of Public Administration Research and Theory, v. 15, n. 3, p. 371-391, 2005.

[3] WEST, D. M., E-Government and the Transformation of Service Delivery and Citizen Attitudes, Public Administration Review, v. 64, n. 1, p. 15-27, 2004.

[4] PhD, I-Shian. (2006). Assessment of the Level of Interactivity of E-Government Functions. Journal of E-Government. 3. 29-51. 10.1300/J399v03n01_03.

[5] Damian, Ieda & Silva, Marcia. (2017). Serviço de referência virtual: uma análise estratégica por meio da aplicação da matriz SWOT. Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação e Biblioteconomia. 12. 10.22478/ufpb.1981-0695.2017v12n1.34118.

[6] The process approach to service quality management Kamila Kowalik, Dorota Klimecka-Tatar PRODUCTION ENGINEERING ARCHIVES 18 (2017) 31-34.

[7] Арутюнова, Д. В. Стратегический менеджмент/Д. В. Арутюнова. — Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, — 2012. — 122 с.

[8] Афанасьева, О. Г. Повышение конкурентоспособности/О. Г. Афанасьева. — М.: НИЦ ИНФРА-М, — 2014. — 118 с.

[9] Дудин, М. И. Стратегический менеджмент: учеб. пособ. 2-е изд., стер./М. И. Дудин, Н. В. Лясников, С. А. Широковских. — М.: КНОРУС. — 2014. — 256 с.

[10] Сучкова, Н. А. Комплексный анализ стратегических факторов внутренней и внешней среды некоммерческой организации/Н. А. Сучкова, Е. Г. Шальнева. — Северный Кавказ: Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Экономика», — 2015. — №2. — С. 215–220, с. 215

[11] Целищева Е.Ф. Анализ деятельности некоммерческой организации по методу SWOT/Е. Ф. Целищева, Е.А. Бирюкова. — Пермь: Города и местные сообщества. — 2015. — С. 137–150.

[12] Donnelly M., Wisniewski M., Dalrymple J.F. and Curry A.C. (1995), «Measuring service quality in local government: the SERVQUAL approach», International Journal of Public Sector Management, Vol. 8 No. 7, pp. 15-20. https://doi.org/10.1108/09513559510103157

[13] Haemoon Oh, Service quality, customer satisfaction, and customer value: A holistic perspective, International Journal of Hospitality Management, Volume 18, Issue 1, 1999, Pages 67-82

[14] Alanezi, Mohammed & Mahmood, Ahmad Kamil & Basri, Shuib. (2012). E-Government Service Quality: A Qualitative Evaluation in the Case of Saudi Arabia. Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries. 54. 1-20. 10.1002/j.1681-4835.2012.tb00382.x.

[15] Al-nidawi, Wael & al-wassiti, Saba & Maan, Mahdi & Othman, Marini. (2018). A Review in E-Government Service Quality Measurement. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. 10. 1257-1265. 10.11591/ijeecs.v10.i3.pp1257-1265.

[16] Буре В.М., Елфимов А.Н., Карелин В.В. Стационарные циклы в детерминированной системе обслуживания/Вестник СПбГУ. Прикладная математика... 2018. Т. 14. Вып. https://doi.org/10.21638/11701/spbu10.2018.105.

Nurlan Amanbek, master's degree, Kazakh National Agrarian Researhc University, Almaty, Kazakhstan, amanbek.n@mail.ru

Laura Mamaeva, candidate of biological sciences, Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan, laura.mamayeva@kaznaru.edu.kz

Zhannat Iskakova, candidate of agricultural sciences, associate professor, Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan, zhanat.iskakova@kaznaru.e

Sattar Ismatullayev, master's degree, senior lecturer, Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan, sattar.ismatullaev@yandex.ru

APPLICATION OF THE SWOT ANALYSIS METHOD IN ASSESSING THE QUALITY OF PUBLIC SERVICES

Abstract. In order to conduct a strategic analysis of the quality system of an organization providing special services to the population, a development strategy should be based on which SWOT analysis can be used to systematize all information about the situation in the Association of directors and its external environment, as a result of which it is possible to identify areas and initiatives related to the development of the enterprise. According to the results of SWOT analysis of vehicle registration and driver's license services, the most important strengths should be the basis of the organization's management strategy. On the other hand, a good strategy should minimize the negative impact of the weaknesses of an effective management system in an organization. There are strengths and weaknesses within the organization, so this study may seem easy at first glance. But this idea is wrong. In fact, it should be remembered that analyzing the strengths and weaknesses of an organization is an analytically complex process, and the strengths and weaknesses are necessarily compared with similar parameters of other organizations. Opportunities and threats reflect the need for changes in the company's current strategy. According to the results of the SWOT analysis, positive results are the opportunities that the organization can implement, and negative numbers are factors that negatively affect this work. In particular, positive results were equal to 295.16 points, which are the opportunities that the organization can implement, negative numbers: -13.77,-17.02, -71.63 - these are factors that negatively affect the work. Among these negative factors, special attention should be paid to the lowest. In the table with the final Matrix, it can be seen the strengths and weaknesses that affect the work of E-government using the point system, so that the corporation in its development strategy gives priority to measures to prevent certain particularly dangerous aspects or those that are more likely.

Keywords. SWOT analysis, quality of service, e-government, statistical analysis, assessing matrix, internal factor, external factor.

Нурлан Аманбек, магистр, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан, amanbek.n@mail.ru

Лаура Мамаева, к.б.н., Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан, laura.mamayeva@kaznaru.edu.kz

Жаннат Искакова, к.с-х.н., ассоциированный профессор, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан, zhanat.iskakova@kaznaru.e

Саттар Исматуллаев, магистр, старший преподаватель, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан, sattar.ismatullaev@yandex.ru

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА SWOT-АНАЛИЗА ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ГОСУДАРСТВЕННЫХ УСЛУГ

Аннотация. Для проведения стратегического анализа системы качества организации, предоставляющей специальные услуги населению, следует исходить из стратегии развития, на основе которой можно использовать SWOT-анализ для систематизации всей информации о ситуации в сообществе директоров и его внешней среде, в результате чего можно определить направления и инициативы, связанные с развитием предприятия.

По результатам SWOT-анализа оказания услуг по регистрации транспортных средств и выдаче водительских прав, наиболее важными сильными сторонами должны стать основы стратегии управления организацией. С другой стороны, хорошая стратегия должна минимизировать негативное влияние слабых сторон эффективной системы управления организацией. Внутри организации есть сильные и слабые стороны, поэтому на первый взгляд это исследование может показаться легким. Но эта идея ошибочна. На самом деле, важно помнить, что анализ сильных и слабых сторон организации является аналитически сложным процессом, сильные и слабые стороны обязательно сравниваются с аналогичными параметрами других организаций. Возможности и риски отражают необходимость изменений в текущей стратегии компании. Положительные результаты по итогам SWOT анализа это возможности, которые может реализовать организация, отрицательные числа факторы, отрицательно влияющие на эту работу. В частности, положительные результаты были равны 295.16 баллам, которые может реализовать организация, отрицательные числа: -13,77, -17,02, -71,63 - это факторы, отрицательно влияющие на работу. Из этих негативных факторов наименьшее требует особого внимания.

В таблице, где представлена матрица выводов, можно по балльной системе увидеть сильные и слабые стороны, влияющие на работу электронного правительства, тем самым корпорация в своей стратегии развития может принимать меры по предотвращению определенных особо опасных сторон или отдавать приоритет тем, у кого больше шансов.

Ключевые слова. SWOT-анализ, качество услуг, электронное правительство, статистический анализ, матрица оценки, внутренний фактор, внешний фактор.

****

UDC 662.767.2(045) **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-407-415**

Balzhan B.T. ✉, Beisenbaev M., Tursunbayeva G
Kazakh Agrotechnical University named after S.Seifullin, Astana, Kazakhstan
E-mail: bahtyar.baljan@mail.ru

BIOGAS DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

Annotation. The article discusses the possibility of producing bioenergy from agricultural waste. A review of the literature showed that scientists are studying various aspects of the introduction of bioenergy in agriculture: price and efficiency indicators; payback periods of projects; economic, environmental and social factors; availability of biomass. Based on the results of the analysis of the current state of the introduction of bioenergy in rural areas, the following issues were identified: high investment costs for technological installations; limited awareness of rural citizens about environmental protection; the absence of domestic scientific projects on the disposal of agricultural waste; the level of accumulated income does not cover capital costs; the lack of clear mechanisms for preferential lending and tax benefits; risks of the spread of agricultural waste energy production technology. The authors of the article have identified ways of further development of bioenergy in rural areas: technologies for the production of bioenergy in farms should be aimed at obtaining environmentally friendly products; stimulating the development of bioenergy by providing tax incentives; consideration of the possibility of introducing preferential lending mechanisms; implementation of targeted training of personnel from rural youth; financing of scientific projects related to the introduction of new technologies for the development of bioenergy.

Keywords. Rural areas, economic factors, social factors, bioenergy, technology, agriculture, waste, financing, incentives, benefits.

Introduction.

For the implementation of energy security in the Republic of Kazakhstan, the main attention is paid to renewable energy sources (RES).

Currently, Kazakhstan has turned to the development of renewable and alternative energy sources. On behalf of the President of the Republic of Kazakhstan, the share of RES in the total electricity production in the country by 2030 should be at least 15%. To this end, the Government of the Republic of Kazakhstan has developed an energy balance until 2035, and is also developing a Strategy for Kazakhstan to achieve carbon neutrality by 2060 [1].

Bioenergy can be attributed to the most developed form of energy at the lowest level in RES.

The costs of producing energy sources using biomass are very high, so important measures should be considered related to the need to support new investments that stimulate technological innovation in this sector and allow for increased efficiency. After all, energy derived from biomass is an attractive alternative to transportation fuel, and also produces electricity and heat. Bioenergy derived from agricultural biomass, food crops, forest waste and household waste should ensure sustainable waste management. However, many bioenergy conversion plants are still at the stage of research or pilot projects and have many technological and economic limitations. The production of bioenergy using agricultural waste located in rural areas requires consideration of social and economic factors.

Purpose of the article- determination of rational ways to introduce bioenergy in rural areas, taking into account social and economic factors.

To achieve this goal, it is necessary to solve the following tasks:

- review of scientific works of scientists who studied the introduction of bioenergy;
- analysis of the volume of electricity generated by power plants;
- to reveal the composition of social and economic factors affecting the production of bioenergy; - to propose effective directions for the development of bioenergy in rural areas.

The importance of the developed article is directly related to the targeted definition of stimulating ways of introducing bioenergy into circulation in rural areas.

Materials and methods.

Theoretical, expert and comparative methods were used to study the possibility, sustainability and development of bioenergy production.

A number of scientific studies are devoted to the study of world-class bioenergy problems, since the introduction of bioenergy has become a much broader and more comprehensive concept, including not only the provision of physical resources, but also other economic, political, social, environmental factors and the relationship between them. Therefore, let's try to review the works of scientists related to bioenergy.

According to T. V. Rednikova, the main issue of the introduction of bioenergy facilities in agriculture is related to the attraction of primary investments. The payback period of projects for the disposal of organic waste reaches from 3 to 8 years, depending on their design capacity [2].

As you can see, the installation of bioenergy facilities in agriculture requires state support at the initial stage.

Many scientists (Aberilla J. M. et al.) have noted that agricultural waste is readily available in farms and can be used for autonomous electrification as an alternative to diesel generators. They also prove that rice and coconut waste is intended for direct combustion and gasification, and cattle manure for anaerobic fermentation [3]. [4] believes that the introduction of waste-to-energy technology is one of the best ways to achieve sustainable development of bioenergy. The most popular approach is the conversion of organic compounds into clean and renewable products by anaerobic fermentation. Biogas can be produced from agricultural waste and environmentally friendly biomass, especially from local materials. Moraga J. and, according to others, biogas has been developing rapidly in the European Union in recent years, despite the fact that the cost of biomethane is generally higher than the cost of natural gas [5]. Biomethane is useful for the power grid, such as natural gas, but has no CO2 emissions and reduces methane emissions. To realize these values, it is necessary to increase the competitiveness of biomethane along with technological improvements and support policies [6]. Krug M. and others emphasize the sustainable use of solid and gaseous biomass for electricity generation, heating and cooling. They also investigate environmental and social threats associated with bioenergy [7]. Volysov T. and others [8] consider the use of biogas as a component of renewable energy sources that have a positive economic and environmental impact in agriculture: reducing emissions of steam gases; waste disposal; creating jobs; improving energy security. As you can see, scientists have studied the price and efficiency indicators of the introduction of bioenergy in agriculture, the payback period of projects, economic, environmental and social factors, aspects of the availability of biomass. However, the analyzed scientific papers did not consider the directions of an effective policy for the introduction of bioenergy in rural areas, incentive mechanisms, and the composition of social and economic factors affecting it. According to the data presented in the table, the electricity generated by bioelectric power plants is 0.2%. Over the past five years, 14.9 million kWh were produced in 2019 alone, the share of renewable energy in them reached 0.621%. However, it is unclear whether agricultural waste was used as part of the electricity produced from biomass. There are no statistics on this.

The area of agricultural land in the structure of the land fund of Kazakhstan is more than 70%, that is, it falls on rural territories. In 2020, 2,168.7 million tons of waste were accumulated in rural areas (Table 2). The share of accumulated waste in rural areas is 0.47% of the existing waste in Kazakhstan. On any peasant farm, manure, plant tops, and various waste are collected all year round. Usually, after decomposition, they are used as an organic fertilizer.

The introduction of bioenergy should ensure the fulfillment of the set goals for the implementation of reliable and affordable energy supply to the predominantly rural population. This, in turn, is determined by the totality of the complex interaction of social and economic factors. The analysis of economic factors can be characterized by various risks in the implementation of bioenergy. Among the economic factors, in our opinion, are the issues of financing for the introduction of bioenergy, lending mechanisms, the possibility of providing tax benefits, issues of attracting foreign investment, the state of the domestic economy, the ratio of supply and demand for bioenergy, capital expenditures on the level of accumulated income and much more. Currently, the authors of the article are conducting a survey among farmers and rural residents with autonomous biogas plants to determine the future potential of bioenergy. According to the results of the survey, the factors influencing the development of bioenergy in rural areas will be systematized. Thus, based on the results of the analysis of the current state of the introduction of bioenergy in rural areas, the following issues can be identified:

- high investment costs for technological installations;
- limited awareness of rural citizens about environmental protection;
- the absence of domestic scientific projects on the disposal of agricultural waste; - the level of accumulated income does not cover capital costs;
- lack of clear mechanisms for preferential lending and provision of tax benefits;
- the presence of high risks for the spread of energy production technology.

The solution of the above issues requires the allocation of special financial resources by the State. The only way to reduce the amount of agricultural waste accumulated in rural areas is to prepare a state program for the development of bioenergy in agriculture. This program should specify investments, tax incentives aimed at the use of biogas technologies, incentive mechanisms for farmers producing clean energy from agricultural waste. Second generation biofuels

Instead of using only slightly extracted sugar, starches or oil, as in the previous generation, the second-generation biofuels do not use food products as raw materials.

They focus on studying a wider range of different types of raw materials and their parts. One example is bioethanol obtained from lignocellulose biomass from various non-food products using all parts of the biomass. Agricultural waste such as straw, forestry waste, or agricultural crops such as hay (e.g. millet) and wood from forestry with a short logging cycle can be raw materials. All these raw materials can be converted into biofuels by biochemical reactions using enzymes or microorganisms, including genetically modified microorganisms specially developed for this purpose [19]. Since different bioconversion methods are used for second-generation biofuels, they can avoid the "fuel versus food" dilemma. However, they can compete by using agricultural land to grow food crops [20]. The main processes of production of biofuels of the second generation are shown in Figure 2.5. The transformation of biomass takes place using two general approaches: thermochemical decomposition, including the processes of gasification, biocarbonization, dilution and thermal decomposition (pyrolysis); biological decomposition associated with microbial digestion and fermentation. Biological treatment is usually very selective and yields a small number of discrete products with high yield using biological catalysts, thermal conversion often yields many and complex products during a very short reaction, and inorganic catalysts are often used to improve the quality or

spectrum of the product [21]. The term "second generation biofuels" is defined mainly on the basis of raw materials and conversion technologies.

Results and discussion.

Second generation biofuels

Instead of using only slightly extracted sugar, starches or oil, as in the previous generation, the second generation biofuels do not use food products as raw materials.

They focus on studying a wider range of different types of raw materials and their parts. One example is bioethanol obtained from lignocellulose biomass from various non-food products using all parts of the biomass. Agricultural waste such as straw, forestry waste, or agricultural crops such as hay (e.g. millet) and wood from forestry with a short logging cycle can be raw materials. All these raw materials can be converted into biofuels by biochemical reactions using enzymes or microorganisms, including genetically modified microorganisms specially developed for this purpose [19]. Since different bioconversion methods are used for second-generation biofuels, they can avoid the "fuel versus food" dilemma. However, they can compete by using agricultural land to grow food crops [20]. The main processes of production of biofuels of the second generation are shown in Figure 2.5. The transformation of biomass takes place using two general approaches: thermochemical decomposition, including the processes of gasification, biocarbonization, dilution and thermal decomposition (pyrolysis); biological decomposition associated with microbial digestion and fermentation. Biological treatment is usually very selective and yields a small number of discrete products with high yield using biological catalysts, thermal conversion often yields many and complex products during a very short reaction, and inorganic catalysts are often used to improve the quality or spectrum of the product[21]. The term "second generation biofuels" is defined mainly on the basis of raw materials and conversion technologies.

The main types of second-generation biofuels studied in recent years:

Hydrotazed vegetable oil (GRM): of the second generation, they are not rigid, since the raw materials are (currently) of the first generation; Of hydrotazed esters and fatty acids (HPLC), the enclosed fuel, bioaviotyn is called: as well as the GRM in respect of which they are applied, and now they are first developed for use in aviation various types of biofuels;

Lignocellulose biomass is considered a non-food alternative necessary for the production of cellulose ethanol. It's also Cheap, plentiful, and growing fast. Lignocellulose biomass consists of a combination of lignin, cellulose and hemicellulose. The lignocellulose complex provides the structural structure that makes up most of the plant matter. A variety of fuels can be obtained from lignocellulose material by biological or chemical synthesis of products of biological or chemical decomposition of cellulose, hemicellulose and lignin. Special attention is paid to the production of ethanol for the production of second-generation bioethanol by these methods. There is also an interest in the production of other chemicals and fuel components. Fermentation of simple sugars to produce ethanol from sugar crops and hydrolysis of starchy crops is a commercially and widely used process for the production of first-generation biofuels. Methods for producing ethanol from lignocellulose materials are much more complicated than from sugar and starch, since lignocellulose materials contain complex sugar polymers, such as cellulose and hemicellulose, which are difficult to break down [4]. In this regard, additional processing steps are required for the production of second-generation bioethanol from biomass (Figure 2.6). Cellulose (a source of hexose, such as glucose), as well as hemicellulose (mainly a source of pentose, such as xylose) are not available for traditional ethanol-producing microorganisms. Therefore, these fractions must be hydrolyzed before fermentation. The main purpose of hydrolysis is the splitting of a polymer structure containing cellulose material that does not contain lignin into fermentable sugar monomers [3]. To obtain a cellulose material that does not contain lignin, pretreatment is

necessary.the purpose of pretreatment is the separation of biomass into fractions of cellulose, hemicellulose and lignin by physico-chemical or biochemical methods. During this process, hemicellulose can sometimes be hydrolyzed to monosaccharides. The cellulose is then hydrolyzed to form fermentable sugar. The sugars from hemicellulose and cellulose are then fermented into ethanol using yeast [5]. The destruction of the lignocellulose complex usually occurs due to high-energy biochemical changes in the cellulose and hemicellulose components of the biomass reaching the fermentable sugar. The cellulose hydrolysis stage can be carried out by biological methods using acidic or basic catalysts or using enzymatic catalysts.

Acid hydrolysis is the most popular process, but acid and alkaline hydrolysis are relatively fast methods that produce high concentrations of glucose, which have a number of disadvantages, such as the need to neutralize the reaction medium after the process, high corrosion of equipment and the formation of solid waste. Due to environmental problems associated with acid and alkaline hydrolysis, the enzymatic process is currently widely used [6]. The main advantage of enzymatic hydrolysis is the absence of the formation of inhibitors of microorganisms that cause fermentation. On the other hand, it is a very slow process, which makes it expensive, and the enzymes are difficult to extract and reuse, in addition, the enzymes cannot cleave the lignocellulose complex, so enzymatic hydrolysis requires pretreatment, which allows the enzymes to reach cellulose and hemicellulose [9]. Important research focuses on pretreatment to improve enzymatic hydrolysis. Various approaches are being tested: acid, alkali, sulfate, liquid hot water, steam treatment, carbon dioxide treatment, percolation using recirculating ammonia, ozonolysis, wet oxidation, ionic liquids, organorol, microwave radiation and ultrasound [4]. Ionic liquids are used as solvents and reaction media for biofuel treatment due to their hydrophobicity, low viscosity, cosmotropic anion and chaotropic cation, which usually increase the activity and stability of enzymes [2]. Another option recently studied for the hydrolysis stage of lignocellulose ethanol production is the use of sub/supercritical water as a reaction medium in the autocalatic process [8]. Although hydrolysis processes have not been fully developed, special attention has been paid to them in recent years, and significant progress has now been made in hydrolysis processes for their technical and economic implementation

Acid hydrolysis is the most popular process, but acid and alkaline hydrolysis are relatively fast methods that produce high concentrations of glucose, which have a number of disadvantages, such as the need to neutralize the reaction medium after the process, high corrosion of equipment and the formation of solid waste. Due to environmental problems associated with acid and alkaline hydrolysis, the enzymatic process is currently widely used [26]. The main advantage of enzymatic hydrolysis is the absence of the formation of inhibitors of microorganisms that cause fermentation. On the other hand, it is a very slow process, which makes it expensive, and the enzymes are difficult to extract and reuse, in addition, the enzymes cannot cleave the lignocellulose complex, so enzymatic hydrolysis requires pretreatment, which allows the enzymes to reach cellulose and hemicellulose [7]. Important research focuses on pretreatment to improve enzymatic hydrolysis. Various approaches are being tested: acid, alkali, sulfate, liquid hot water, steam treatment, carbon dioxide treatment, percolation using recirculating ammonia, ozonolysis, wet oxidation, ionic liquids, organorol, microwave radiation and ultrasound [3]. Ionic liquids are used as solvents and reaction media for biofuel treatment due to their hydrophobicity, low viscosity, cosmotropic anion and chaotropic cation, which usually increase the activity and stability of enzymes [32]. Another option recently studied for the hydrolysis stage of lignocellulose ethanol production is the use of sub/supercritical water as a reaction medium in the autocalatic process [4]. Although hydrolysis processes have not been fully developed, special attention has been paid to them in recent years, and significant progress has now been made in hydrolysis processes for their technical and economic implementation.

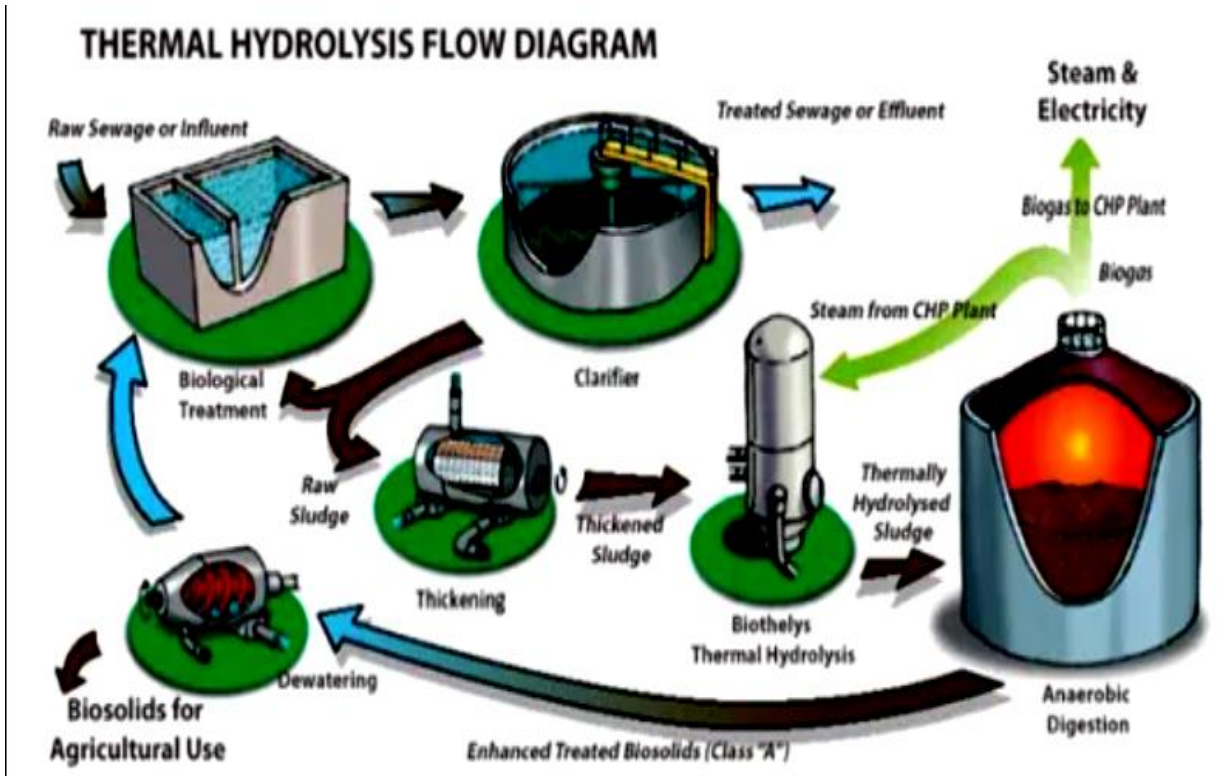


Figure1 - Drawing-Hydrolysis Proces

Conclusion.

In the course of the study, the prospects for the development of bioenergy in the Republic of Kazakhstan were identified. According to statistics for 2020, there are 2,168.7 million tons of waste concentrated in rural areas. Farmers have the opportunity to produce bioenergy through technological installations of animal husbandry and crop production waste. To do this, it is necessary to develop a state program taking into account the social and economic factors affecting the introduction of bioenergy.

Thus, the following areas should be taken into account in the state program for the development of bioenergy in rural areas:

- in farms, bioenergy production technologies should be aimed at obtaining environmentally friendly products. These technologies should effectively solve various environmental problems associated with agricultural waste. Various streams of organic-rich waste, low-value waste and sustainable biomass sources can pave the way for the success of biogas production as an alternative to fossil fuels;

- stimulating the development of bioenergy by providing tax incentives. Introduction of tax benefits to organizations specializing in the production of biogas plants, implementing biogas technologies, producing energy and fertilizers using biogas plants;

- consider the possibility of introducing preferential lending mechanisms. Activation of processes for the allocation of micro-loans by second-tier banks to farms for the organization of the production of biogas technologies and the construction of biogas complexes in livestock and poultry farms of the republic, as well as the acquisition of biogas plants;

- to carry out targeted training of personnel from rural youth. The use of biomass is more focused on the local market and, therefore, requires financing of human resource development projects, including training and implementation of strategies for the selection and retention of qualified personnel;

- financing of scientific projects related to the introduction of new bioenergy technologies. The support of scientific research in the field of bioenergy will allow the introduction of appropriate monitoring and control systems that have affordable biomass and are crucial for the efficient production of biogas with improved cost indicators.

Thus, it is important to create effective policies and incentive mechanisms to turn the direction of bioenergy production from agricultural waste accumulated in rural areas into an attractive and competitive business area.

Financing. The article was carried out with the financial support of the KN of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, within the framework of the IRN AP13068541 project "Development of an experimental energy complex based on a modernized boiler plant using biofuels" under contract No. 126-KMUZ dated May 20, 2022.

REFERENCES

[1] Polymetal budet razvivat' v Kazahstane vozobnovljaemye istochniki jenergii [Polymetal will develop renewable energy sources in Kazakhstan] // QazaqGreen, 2022. – No3 (07). – S. 12-13. – https://qazaqgreen.com/journal-qazaqgreen/industry-news/599/ [in Russian]

[2] Rednikova T.V. – Biojenergetika v ustojchivom razvitii sel'skogo hozjajstva: problemy i perspektivy razvitija otrasli [Bioenergy in the sustainable development of agriculture: problems and prospects for the development of the industry] // Sel'skoe hozjajstvo. – 2020. – No 4. – S. 21-30. – DOI: 10.7256/2453- 8809.2020.4.35335 URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=35335 [in Russian]

[3] Abarilla, Jhud Mikhail & Gallego-Schmid, Alejandro & Azapagic, Adisa, 2019. "Environmental sustainability of small-scale biomass power technologies for agricultural communities in developing countries" // Renewable Energy, Elsevier, vol. 141(C). – P. 493-506.

[4] Evans, Annette & Strezov, Vladimir & Evans, Tim J., 2010. "Sustainability considerations for electricity generation from biomass" // Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier, vol. 14(5). – P. 1419-1427

[5] Moraga JL, Mulder M, Perey P. Future markets for renewable gases & hydrogen. 2019. CERRE; 2019. https://pure.rug.nl/ws/portalfiles/portal/96630094/cerre _futuremarketsforrenewablegasesandhydrogen.pdf.

[6] Global potential of biogas. World Biogas Association (2019). – https://www.worldbiogasa ssociation.org/wp-content/uploads/2019/09/WBA-globalreport-56ppa4_digitalSept-2019.pdf

[7] Michael Krug, Grażyna Rabczuk, Adam Cenian Energy and Power Engineering Vol.7 No.5, May 20, 2015 DOI: 10.4236/epe.2015.75022. – https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/journal/ paperinformation.aspx? paperid=56448

[8] Bolysov T.K., Yessengeldin, B., Zhanybayeva Z.K., Tuleubayeva M.K. Possibilities of using biogas in agriculture // Vestnik Karagandinskogo universiteta. Serija Jekonomika. – 2019, No4. – S. 22-28. (KOKSON MON RK) https://economy-vestnik.ksu.kz/apart/2019-96-4/2.pdf

[9] Ohrana okruzhajushhej sredy v Respublike Kazahstan [Environmental protection in the Republic of Kazakhstan] (2021). Nur-Sultan: Bjuro nacional'noj statistiki Agentstva po strategicheskomu planirovaniju i reformam Respubliki Kazahstan, 145 s. – https://stat.gov.kz/edition/publication/collection [in Russian]

Балжан Бахтияр, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан, bahtyar.baljan@mail.ru

Гульжамал Турсунбаева, магистр, аға ғылыми қызметкер, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан, guljama@mail.ru

Манас Бейсенбаев, аға инженер, "Қазғзиэнергопром"институты" АҚ, Алматы, Қазақстан, beisenbaev.m.b@mail.ru

БИОГАЗДЫ ДАМЫТУ МҮМКІНДІКТЕРІ

Аңдатпа. Мақалада ауылшаруашылық қалдықтарынан биоэнергияны өндіру мүмкіндігі қарастырылған. Әдеби шолу ғалымдардың ауыл шаруашылығына биоэнергияны енгізудің әртүрлі жақтарын зерттейтінін анықтап көрсетті: баға мен тиімділік көрсеткіштері; жобалардың өтелу мерзімдері; экономикалық, экологиялық және әлеуметтік факторлар; биомассаның қолжетімділігі. Ауылдық аумақтарда биоэнергияны енгізудің ағымдағы жай-күйін талдау қорытындылары бойынша мынадай мәселелер анықталды: технологиялық қондырғыларға арналған жоғары инвестициялық шығындар; ауыл азаматтарының қоршаған ортаны қорғау туралы шектеулі хабардар болуы; ауыл шаруашылығы қалдықтарын кәдеге жарату жөніндегі отандық ғылыми жобалардың болмауы; жинақталған кірістердің деңгейі күрделі шығындарды жаппайды; жеңілдікпен несие берудің және салық жеңілдіктерін берудің нақты тетіктерінің болмауы; ауыл шаруашылығы қалдықтарын энергия өндіру технологиясын тарату бойынша тәуекелдер. Мақала авторлары ауылдық аумақтарда биоэнергияны одан әрі дамыту жолдарын айқындап берді: фермерлік шаруашылықтарда биоэнергияны өндіру жөніндегі технологиялар экологиялық таза өнім алу үшін бағытталуы тиіс; салықтық жеңілдіктер беру арқылы биоэнергияны дамытуды ынталандыру; жеңілдікті несие беру тетіктерін енгізу мүмкіндігін қарастыру; ауыл жастарынан кадрларды мақсатты даярлауды жүзеге асыру; биоэнергияны дамыту мәселелері бойынша жаңа технологияларды енгізуге байланысты ғылыми жобаларды қаржыландыру.

Қаржыландыру. Мақала AP13068541 Жетілдірілген қазандық қондырғысы негізінде биоотынды пайдалану арқылы эксперименттік энергетикалық кешен әзірлеу жобасы аясында орындалды.

Кілттік сөздер. Ауылдық аумақтар, экономикалық факторлар, әлеуметтік факторлар, биоэнергия, технология, ауыл шаруашылығы, қалдықтар, қаржыландыру, ынталандыру, жеңілдіктер.

Балжан Бахтияр, к.т.н., ассоциированный профессор, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, Астана, Казахстан, bahtyar.baljan@mail.ru

Гульжамал Турсунбаева, магистр, старший научный сотрудник, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, Астана, Казахстан, guljama@mail.ru

Манас Бейсенбаев, старший инженер, АО «Институт "КазНИПИЭнергопром», Алматы, Казахстан, beisenbaev.m.b@mail.ru

ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ БИОГАЗА

Аннотация. В статье рассматривается возможность производства биоэнергии из сельскохозяйственных отходов. Обзор литературы показал, что ученые изучают различные аспекты внедрения биоэнергии в сельское хозяйство: показатели цены и

эффективности; сроки окупаемости проектов; экономические, экологические и социальные факторы; доступность биомассы. По итогам анализа текущего состояния внедрения биоэнергии на сельских территориях выявлены следующие вопросы: высокие инвестиционные затраты на технологические установки; ограниченная осведомленность сельских граждан об охране окружающей среды; отсутствие отечественных научных проектов по утилизации сельскохозяйственных отходов; уровень накопленных доходов не покрывает капитальных затрат; отсутствие четких механизмов льготного кредитования и предоставления налоговых льгот; риски по распространению технологии производства энергии сельскохозяйственных отходов. Авторы статьи определили пути дальнейшего развития биоэнергии на сельских территориях: технологии по производству биоэнергии в фермерских хозяйствах должны быть направлены на получение экологически чистой продукции; стимулирование развития биоэнергии путем предоставления налоговых льгот; рассмотрение возможности внедрения механизмов льготного кредитования; осуществление целевой подготовки кадров из сельской молодежи; финансирование научных проектов, связанных с внедрением новых технологий по вопросам развития биоэнергии.

Финансирование. Статья выполнена в рамках проекта AP13068541 Разработка экспериментального энергетического комплекса на основе модернизированной котельной установки с использованием биотоплива.

Ключевые слова. Сельская местность, экономические факторы, социальные факторы, биоэнергетика, технологии, сельское хозяйство, отходы, финансирование, стимулы, льготы.

****

УДК 621.31:664.1 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-416-425**

Е.А. Абдрахманов[1], Е.Д.Смирнов[2]
[1]Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан
[2]ТОО Increase Food, Алматы, Казахстан
E-mail: yerkesh_a@mail.ru

КОМПЛЕКСНОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ПРЕДРИЯТИИ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. Представлены результаты исследований комплексных энергосберегающих мероприятий на предприятии пищевой промышленности ТОО «Increase Food»: исследовано и обосновано применение в инженерно-технических помещениях светодиодных светильников ASTZ ДВО 04-36-001 PRS взамен люминесцентных ASTZ T8 ЛВО09-4х18-011 RS и для освещения территории светодиодных светильников ДКУ 02– 80 вместо традиционных светильников РКУ 11–250-001; проведен анализ и принята автоматическая информационно-измерительная система технического учета электроэнергии (АИИС ТУЭ), содержащая устройство учёта электроэнергии, OPC-серверы счетчиков, универсальная SCADA/HMI DataRate, осуществляющая сбор, хранение, обработку и визуализацию информации и контроль эффективности расхода энергетических ресурсов; обследована и улучшена теплоизоляция трубопроводов холодильной системы ø115, 80, 38 мм, позволившая снизить потери холода и электроэнергии; исследованы улучшения теплосберегающих характеристик установленных стеклопакетов наклейкой на них светофильтрующей, светоотражающей и теплоотражающей пленок, позволяющие сэкономить затраты до 50% на кондиционировании и на 5-10% на отоплении.

Ключевые слова. Энергосбережение, освещение, люминесцентный светильник, светодиодный светильник, холодосбережение, автоматизированная информационно-измерительная система технического учета электроэнергии, теплосбережение.

Ведение.

На современном этапе развития энергетики в соответствии с Законом РК «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» от 13 января 2012 года № 541 (с изменениями от 29.06.2020 г.), программными и нормативными документами в области энергосбережения сокращение потребления энергии является основной приоритетной задачей государственной стратегии экономии используемых энергетических ресурсов [1-3].

Значительный опыт в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности накоплен сегодня в США, Великобритании, Германии, Франции, Финляндии, Японии, Китае и ряде других стран. Изменение климата в глобальном масштабе, истощение запасов традиционных ископаемых энергоресурсов стимулируют весь мир предпринимать меры по эффективному использования энергоресурсов и увеличению использования их возобновляемых видов [4,5].

В США реализуется комплексная программа по энергосбережению и здравоохранению. Мероприятия направлены на повышение энергоэффективности зданий, сокращение энергопотребления и расходов на его покрытие, при этом они способствуют повышению качества микроклимата и повышению комфорта [6].

Комплексная разработка мероприятий, целью которых является сбережение и повышение эффективности потребления энергии бюджетной сферы, жилищного сектора

и объектов коммунальной инфраструктуры муниципального образования по тепловой энергии с разделением на активные и пассивные мероприятия по теплосбережению позволяет их расположить в лучшей рациональной последовательности [7].

Для обеспечения эффективного использования энергии необходимо обследование систем электроснабжения, теплоснабжения и водоснабжения предприятия, сопоставление и анализ фактического потребления энергоресурсов с их нормативными значениями, выбор приемлемых способов энергосбережения. При этом не маловажными условиями являются финансирование и сопоставление технико-экономических показателей различных вариантов и направлений [8].

К основным целям при энергетическом обследовании относятся выявление потенциала энергосбережения и повышения энергоэффективности, разработка комплекса типовых, общедоступных энергосберегающих и повышающих энергоэффективность мероприятий, осуществление их стоимостной оценки. Использование энергосберегающих мероприятий позволяет достичь значительной экономии финансовых средств [9].

Энергетическое обследование позволяет разработать мероприятия нацеленные на повышение эффективности потребления энергоресурсов и представляет основу для эффективного управления потреблением энергии [10].

Материалы и методы.

Реализация задач энергосбережения и повышения энергоэффективности в каком бы не было секторе экономики требует проведения специальных исследований с использованием ряда организационных, технических и технологических мероприятий.

Для проведения ревизии потребления топливно-энергетических ресурсов и выявления проблемных вопросов в энергопотреблении на предприятии ТОО «Increase Food» был проведен энергоаудит.

Проведенный энергоаудит показал недостаточно эффективные потребление и экономию энергии на предприятии:

- в качестве источников освещения помещений допускается применение низкоэффективных ламп накаливания, а для освещения территории – энергоемких дуговых ртутных ламп (ДРЛ);
- участки трубопровода холодильной системы ø115, 80, 38 мм с эксплуатируются с изношенной и поврежденной теплоизоляцией. В обнаруженных местах замечена наледь из-за конденсатообразования, что свидетельствует об значительных потерях холода;
- решение проблем современного энергоучета на предприятии требует использования автоматизированных систем контроля и учета;
- установленные в зданиях одно- и двухкамерные стеклопакеты имеют значительные теплопотери в зимнее и холодопотери в летнее время.

Для повышения эффективности потребления электроэнергии на освещение как производственных, так и административных зданий, а также занимаемой территории предприятия, было принято решение заменить используемые энергоемкие светильники на энергосберегающие, характеризующиеся значительно низкими потреблениями электроэнергии, расходами при эксплуатации, в итоге позволяющие высвободить дополнительные мощности.

Для обоснованной замены традиционных источников освещения были проведены исследования и сравнительный анализ результатов использования люминесцентных и светодиодных светильников для внутренних помещений и ДРЛ и светодиодного светильников – для наружного освещения.

В качестве типового на предприятии рассмотрено освещение инженерно-технического помещения размерами 9х9х3 м двумя типами светильников: люминесцентных ASTZ T8 ЛВО09-4х18-011 RS мощностью 72 Вт и светодиодных ASTZ ДВО 04-36-001 PRS мощностью 36 Вт.

В расчетах освещения использовалась функциональная проектировочная универсальная программа DIALux, дающая возможность расчета освещения в любом помещении и с наружу. Программа позволяет в интерактивном режиме распределять светильники, выбирать цветовые фильтры, окрашенные материалы и визуализировать итоги в виде фотореалистичных 3D-моделей [11].

Результаты.

Кривые изолюкс и 3D-визуализация с использованием фиктивных цветов люминесцентного ASTZ T8 ЛВО09-4х18-011 RS и светодиодного светильников ASTZ ДВО 04-36-001 PRS инженерно-технического помещения, полученные при исследованиях с применением программы DIALux, приведены на рисунке 1.

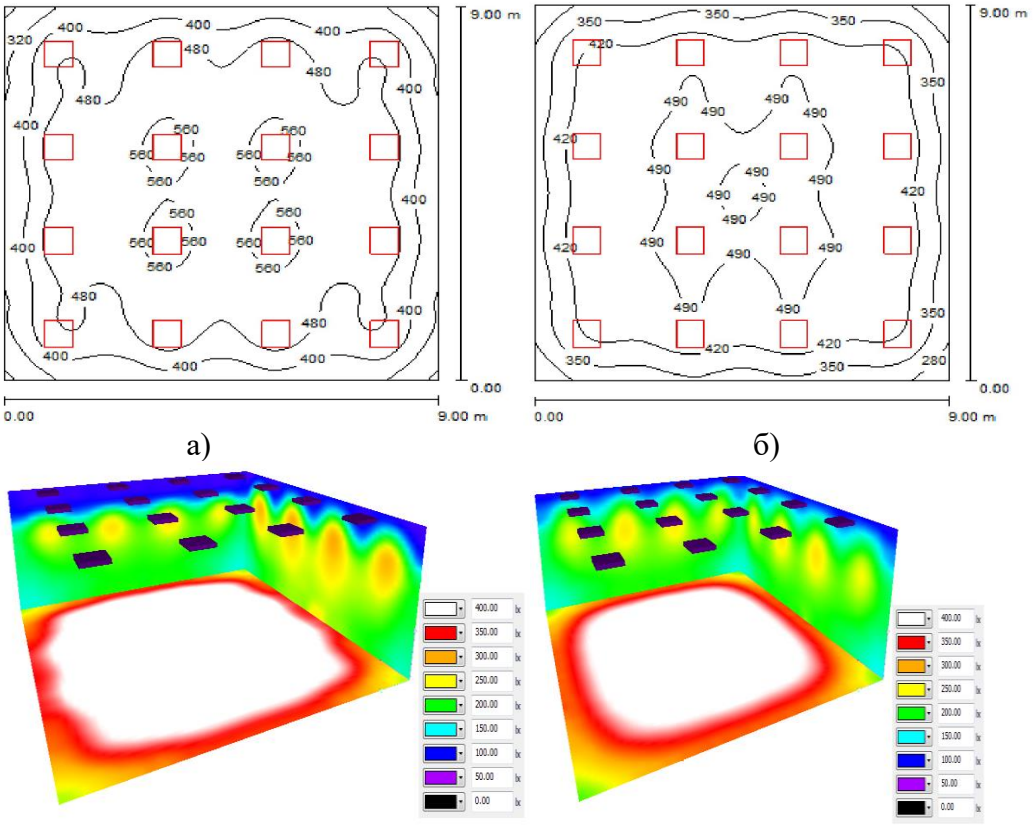


Рисунок 1 – Кривые изолюкс (а, б) и 3D-визуализация с использованием фиктивных цветов (в, г) люминесцентного ASTZ T8 ЛВО09-4х18-011 RS и светодиодного светильников ASTZ ДВО 04-36-001 PRS

Как видно из рис.1, использование визуализации освещения помещения в фиктивных цветах позволяет оценить качество освещения и точно определить зоны с недостаточным и переосвещением.

Графические изображение данных исследований освещения межцеховой территории с проезжей частью, тротуарами газонами общим размером 10х300 м

традиционными светильниками РКУ 11– 250-001, мощность и тип источника света ДРЛ– 250, а также светодиодными светильниками ДКУ 02– 80, мощность и тип источника света LED-80, представлены на рисунке 2.

Для улучшения системы технического учета электроэнергии со сбором, хранением, обработкой и визуализацией информации на основе анализа ряда известных выбрана автоматизированная информационно-измерительная система, включающая устройство учёта электрической энергии, OPC-серверы, счетчики, универсальную SCADA/HMI DataRate (рисунок 3).

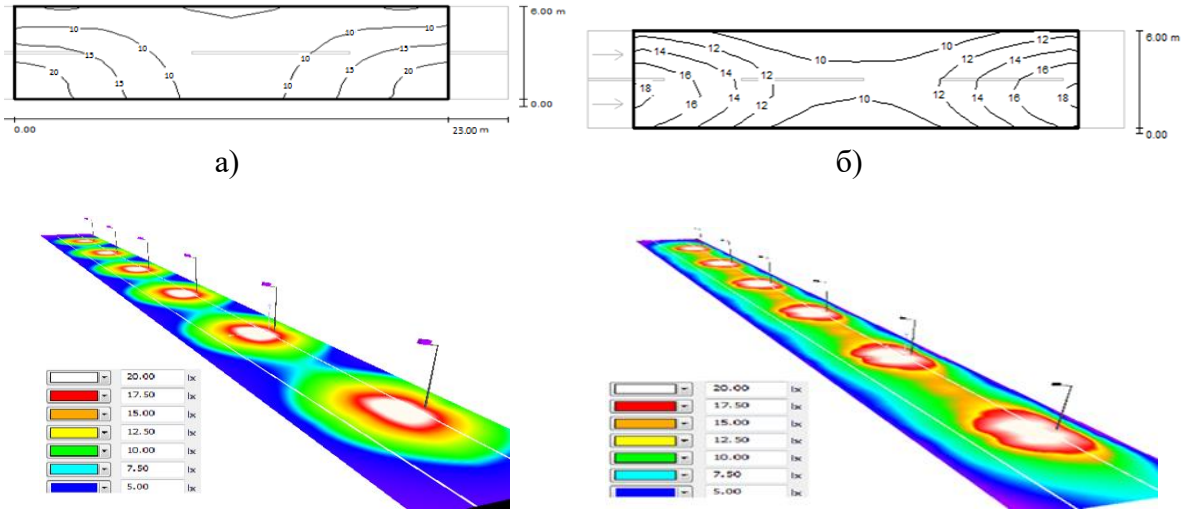


Рисунок 2 – Изолинии и фиктивные цвета – визуализация

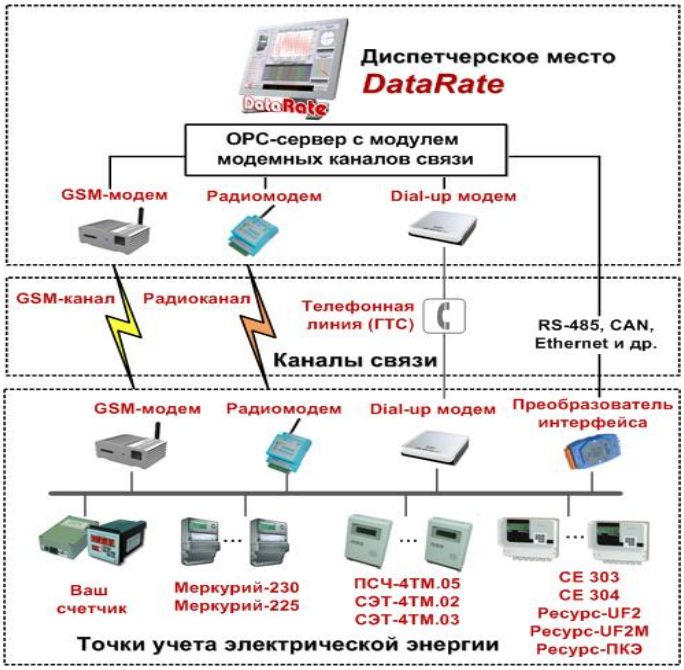


Рисунок 3 - Мониторинг общего состояния точек учёта

В каждой точке учета единичных и групповых присоединений проводится мониторинг электроэнергии за установленный промежуток времени (30 мин, 1 час и т.д.).

С начала наблюдаемого интервала измеренные данные суммируются (с начала суток, с начала месяца и т.д.), осуществляется усреднение в определенном интервале по времени. (3 мин., 30 мин., 1 час). АИИС ТУЭ также производит прогнозирование текущих данных электропотребления в рассматриваемом периоде и проверку соответствия этих значений плановым.

Исследования показали, что среднее значение расходуемой на выработку 1 кВт холода электроэнергии, в том числе расход на доставку аммиака, остужение компрессорного оборудования и аммиака в газовом состоянии, составляет 0,70 кВт. Среднее значение затрат электроэнергии на производство 1 кВт холода 0,33 кВт, суммарные потери холода с 1 м трубопровода ø115, 80, 38 составляют 0,37 кВт. Соответственно, на потерю холода с 1 м трубопровода расходуется 0,26 кВт электроэнергии, что в расчете на год составляет 2 278 кВт.

Улучшения теплосберегающих характеристик установленных в зданиях предприятия обычных одно- и двухкамерных стеклопакетов можно достигнуть использованием простого, доступного и недорогого способа снижения теплопотерь через них, как наклейка на внешнюю сторону стеклопакетов светофильтрующей и светоотражающей и на внутреннюю сторону теплоотражающей пленок. В первом случае снижается количество проникающего в помещение тепла летом и сокращается время работы кондиционеров, во втором случае в зимнее время инфракрасные лучи возвращаются во внутрь помещения.

Расчет экономии, проведенный исходя из средних данных: летняя солнечная активность во время кондиционирования и мощность солнечной радиации qср=350 Вт/м2, светопропускающая первичная характеристика обычного стеклопакета 0,675, вторичная – 0,1 (задерживается 90% лучей инфракрасного спектра после наклеивания пленки с наружной стороны) и стоимость энергии кондиционирования для центральных кондиционеров со средним коэффициентом теплопереноса К=3, времени их активной работы 4 месяца Т=1000 ч/год, дает

Qсолн. = Т·Δk· qср. = 1000·(0,525-0,100)· 350 = 48 750 Вт·ч/(м2·год) = 0,13 Гкал/(м2·год).

Обсуждение.

Исследование кривых изолюкс (рисунок 1 а, б) и 3D-визуализации с использованием фиктивных цветов (рисунок 1 в, г) люминесцентного освещения инженерно-технического помещения свидетельствует, что в средней части помещения наблюдается переосвещенность до 560 Лм, к стенам она убывает до 400 Лм и до 320 Лм в углах. В целом выбранные люминесцентные светильники в количестве 16 штук и при мощности 72 Вт каждый обеспечивают необходимые уровни освещенности помещения.

Исследования светодиодного освещения показали, что в середине помещения также наблюдается небольшая переосвещенность до 490 Лм с незначительным снижением к крайним рядам светильников до 420 Лм.

Но при этом освещенность в центральной зоне помещения, т.е. в рабочей зоне, по сравнению с освещенностью от люминесцентных светильников, равномернее (490 Лм). Таким образом, проведенные исследования позволили установить, что по качеству освещения светодиодные светильники являются более оптимальными, чем люминесцентные.

Исследования освещения межцеховой территории показывает, что освещенность проезжей части дороги при использовании светодиодных светильников также более

равномерна и лучше, составляет Е=10-20 люкс, что превышает требуемую освещенность 10 люкс по СНиП РК (рис.2 а, б). Отображение участка дороги в фиктивных цветах наглядно показывает отмеченное преимущество светодиодного освещения по качеству (рис.2 в, г).

Результаты модернизации системы освещения предприятия представлены в таблице 1

Таблица 1 – Результаты модернизации системы освещения предприятия

Заменяемые светильники	Кол-во	Расход эл. энергии до, тыс. кВтч	Расход эл. энергии после, тыс. кВтч	Экономия эл.эн., тыс. кВт.ч	Экономия средств, тыс. тенге	Затраты средств, тыс. тенге
Люминесцентные 36 Вт/СД-18	515	135,34	67,67	66,67	1 278	4 635
Люминисцентные 18 Вт/СД-9	353	46,38	23,20	23,20	444	1 765
ЛН-100/СД-20	52	37,96	7,58	30,38	582	312
ЛН-90/СД-16	60	39,60	7,20	32,40	621	210
ДРЛ-250/СД-100	33	60,39	24,09	36,30	695	1155
Итого	1013	319,67	129,74	188,95	3622	8077

Проведенные расчёты показали, что срок окупаемости модернизации системы внутреннего и внешнего освещения предприятия ТОО «Increase Food» составляют 2,3 года и 2,8 года соответственно.

Анализ практики внедрения автоматизированной информационно - измерительной системы технического учета энергетических ресурсов на различных предприятиях свидетельствует, что с ее использованием можно достичь от 3% до 5% экономии энергоресурсов, что составляет 250,8 – 417,96 тыс. кВт*ч/год. Система позволяет осуществлять контроль эффективности использования энергоресурсов, образовать единую базу текущих и хранимых параметров технологических процессов, накапливать статистическую информацию и проводить ее прогнозирование, производить дистанционную диагностику электрооборудования и каналов связи, т.е. получить фактическую и в полном объеме информацию о состоянии всего оборудования в желаемые моменты времени. Анализ опыта применения АИИС ТУЭ показывает, что при среднем значении тарифа на электроэнергию 20 тг/кВт*ч затраты на ее внедрение можно окупить в течение 5 – 7 лет [12].

Исследования показали, что годовая затрата электроэнергии из-за потерь холода составляет 43 662 тенге на 1 м трубопровода. Стоимость замены поврежденной теплоизоляции трубопроводов холода составляет - 5400 тенге. Рассчитанный с учетом этого простой срок окупаемости равен 0,12 года. На самом деле протяженность участков с негодной теплоизоляцией больше, поэтому будет больше и экономия.

Результаты исследований свидетельствуют, что при стоимости тепловой энергии Ст = 3 900 тенге/Гкал экономия денежных средств за счет наклейки светоотражательных пленок составляет: Е = Qсолн. · Ст =3 = 0,13 Гкал/(м2·год) · 3 900 тг/Гкал = 507 тг/(м2·год). При покрытии окна пленкой с двух сторон экономия будет больше. С учетом затрат на наклеивание пленки простой срок окупаемости составляет Т = К /Е = 1500 тг/м2 / 507 тг/(м2·год) = 3 года.

Данный способ позволяет снизить затраты на кондиционирование до 50 % за счет задержки теплопоступления через окна в летнее время (до 80%) и до 5-10% на отопление за счет сокращения инфракрасного излучения через окна наружу в зимнее время.

Перечень проведенных энергосберегающих мероприятий и достигнутые результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты энергосберегающих мероприятий

Энергосберегающие мероприятия	Вложения, тыс. тенге	Экономия топливно-энергетических ресурсов в год		Срок окупаемости, год
		т.у.т. (кВт ч)	тыс. тенге	
1) котельно-печное топливо				
Улучшение теплоизоляции стеклопакетов наклейкой свето- и теплоотражающих пленок	777,85	25,74	617,31	3,00
2) электроэнергия, МВт·ч				
Использование автоматизированной информационно – измерительной системы технического учета энергоресурсов (АИИС ТУЭ)	55 000,00	422,74	8 104,90	5,00-7,00
Модернизация системы освещения	8 077,00	188,95	3 622,17	2,30-2,80
Восстановление теплоизоляции на трубопроводе холодильной системы, за 1 п.м.	5,40	0,26	43,66	0,10

Заключение.

Проведенные исследования позволили установить высокую эффективность реализованных на предприятии комплексных мероприятий по энергосбережению, обеспечивающих значительное улучшение качества освещения, учета электроэнергии, снижения тепло- и холодопотерь:

- использование светодиодных светильников взамен люминесцентных во внутренних помещениях и взамен ДРЛ для наружного освещения позволяет не только значительно снизить энергопотребление, но и улучшить качество освещения: освещенность в центральной зоне внутреннего помещения, т.е. в рабочей зоне, по сравнению с освещенностью люминесцентных светильников, равномернее (490 Лм); освещенность проезжей части дороги при использовании светодиодных светильников также более лучше (10-20 Лм). Сроки окупаемости мероприятий по модернизации системы внутреннего и наружного освещения составляют 2,3 и 2,8 года, соответственно;

- применение автоматизированной информационно – измерительной системы технического учета энергетических ресурсов позволяет: достичь от 3% до 5% экономии энергоресурсов, что составляет 250,8 – 417,96 тыс. кВт*ч/год; осуществлять полный контроль эффективности использования энергоресурсов, т.е. получить фактическую и в полном объеме информацию о состоянии всего оборудования в желаемые моменты времени. При среднем значении тарифа на электроэнергию 20 тг/кВт*ч затраты на ее внедрение можно окупить в течение 5 – 7 лет;

- своевременное восстановление поврежденной теплоизоляции на отдельных участках трубопровода холода значительно снижает холодопотери, соответственно расход электроэнергии на его производство 43,66 тыс. тенге/м при незначительных вложениях 5,4 тыс. тенге/м и сроке окупаемости 0,1 года;

- улучшение теплосберегающих характеристик установленных в зданиях предприятия обычных одно- и двухкамерных стеклопакетов путем наклеивания на них свето- и теплоотражающих пленок снижает затраты на кондиционирование до 50 % за счет задержки теплопоступления через окна в летнее время и до 5-10% на отопление за счет сокращения инфракрасного излучения через окна наружу в зимнее время. С учетом затрат на наклеивание пленки простой срок окупаемости составляет 3 года.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Закон Республики Казахстан от 13 января 2012 года № 541-IV «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности».

[2] «Энергосберегающие мероприятия в электроприводе и электротехнологии». Приказ Председателя Комитета государственного энергетического надзора Министерства индустрии и новых технологий Республики Казахстан от «24» ноября 2010 года №117-П.

[3] «Об утверждении требований к форме и содержанию плана мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности, разрабатываемого субъектом ГЭР по итогам энергоаудита» от 31 марта 2015 года №391. Приказ №391 Министра по инвестициям и развитию РК 31.03.2015.

[4]Корбуш А.Д. Стимулирование за экономию энергоресурсов в России и за рубежом //Научно-образовательный потенциал молодежи в решении актуальных проблем XXI века. -Ачинск. Издательство: Ачинский филиал Красноярский государственный аграрный университет (Ачинск). № 10. -2018 – С. 172-175.

[5] Обзор передового отечественного и зарубежного опыта в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Сборник материалов / МОН РФ. ФГАОУВП “Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»”. –Москва. - 2014. -159 с.

[6] Могиленко А.В. Комплексные программы по энергосбережению и здравоохранению. Опыт США. https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6946

[7] Казанская А.Ю., Компаниец В.С. Комплексный подход к разработке мероприятий повышения тепловой энергоэффективности инфраструктуры муниципального образования. https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnyy-podhod-k-razrabotke-meropriyatiy-povysheniya-teplovoy-energoeffektivnosti-infrastruktury-munitsipalnogo-obrazovaniya

[8] Е.С. Петровский. Проблемы и задачи энергосбережения и повышения энергоэффективности ГУУ. Issues and challenges of energy conservation and efficiency of GUU. https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-zadachi-energosberezheniya-i-povysheniya-energoeffektivnosti-guu

[9] Чапаев А.Б. Способы реализации мероприятий по энергосбережению с применением энергосервисных договоров. Интернет-журнал «Науковедение» ISSN 2223-5167 Том 7, №5 (2015). http://naukovedenie.ru/

[10] А.М.Клюкин А.М., Н.М.Кузнецов Н.М., С.Н.Трибуналов С.Н. Энергетическое обследование - основа эффективного управления энергопотреблением. https://cyberleninka.ru/article/n/energeticheskoe-obsledovanie-osnova-effektivnogo-upravleniya-energopotrebleniem

[11] Программа Dialux для расчёта и проектирования освещения http://electricalschool.info/main/lighting/1703-programma-dialux-dlja-raschjota-i.html

[12] Мингалиев А.Р. Методика выбора мест установки автоматизированных систем учета электрической энергии в районных распределительных сетях 10-0,4 кВ с использованием семейства типовых кривых срока окупаемости. http://www.rusnauka.com/29_NIOXXI_2012/Tecnic/5_118749.doc.htm

Еркеш Абдрахманов, т.ғ.д., ассистент-профессор, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, yerkesh_a@mail.ru

Данил Смирнов, инженер, Increase Food ЖШС, Алматы, Қазақстан, dan.sm@list.ru

ТАҒАМ ӨНЕРКӘСІБІ КӘСІПОРНЫНДА ЭНЕРГИЯНЫ КЕШЕНДІ ҮНЕМДЕУ

Аңдатпа. «Increase Food» ЖШС тамақ өнеркәсібі кәсіпорнында кешенді энергия үнемдеу шараларын зерттеу нәтижелері келтірілген: инженерлік-техникалық бөлмеде ASTZ T8 LVO09-4x18-011 RS люминесцентті орнына ASTZ DV8 04-36-001 PRS жарықдиодты шамдарын және жер аумағын жарықтандыру үшін RKU 11-250-001 дәстүрлі шамдарының орнына DKU 02-80 жарықдиодты шамдарының қолдану зерттелген және негізделген; электр энергиясын есептеу құралдарын, OPC есептегіш серверлерін, сондай-ақ ақпаратты жинау, сақтау, өңдеу және визуалдау функцияларын орындайтын және энергияны пайдалану тиімділігін бақылауға мүмкіндік беретін әмбебап SCADA / HMI DataRate кіретін электр энергиясын есептеу үшін ақпараттық-өлшеу жүйесі таңдалған; суық және электр энергиясының ысыраптарын азайтуға мүмкіндік беретін ø115, 80, 38 мм тоңазытқыш жүйесі құбырларының жылу оқшаулаулығы жақсартылған; ауа баптаудағы шығындарды 50% дейін және жылытуға 5-10% дейін үнемдеуге мүмкіндік беретін орнатылған шыныпакеттік терезелердің жылу үнемдеу сипаттамаларын оларға жарық сүзетін, шағылысатын және жылуды шағылыстыратын пленкаларды жапсыру арқылы жақсартылған.

Түйінді сөздер. Энергияны үнемдеу, жарықтандыру, люминесцентті лампа, жарықдиодты шам, суық үнемдеу, электр энергиясын техникалық есепке алудың автоматтандырылған ақпараттық-өлшеу жүйесі, жылу үнемдеу.

Erkesh Abdrakhmanov, doctor of technical sciences, assistant professor, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, yerkesh_a@mail.ru

Danil Smirnov, engineer, Increase Food LLP, Almaty, Kazakhstan, dan.sm@list.ru

COMPREHENSIVE ENERGY SAVING ON FOOD INDUSTRY ENTERPRISES

Abstract. The results of studies of complex energy-saving measures at the food industry enterprise “Increase Food” LLP are presented: the use of LED lamps ASTZ DVO 04-36-001 PRS in engineering and technical premises instead of luminescent ASTZ T8 LVO09-4x18-011 RS and for lighting the territory of LED lamps DKU 02–80 instead of traditional luminaires RKU 11– 250-001; an information and measuring system for technical electricity metering was selected, which includes electricity metering devices, OPC servers for meters, as well as a universal SCADA / HMI DataRate, which performs the functions of collecting, storing, processing and visualizing information and allows you to control the efficiency of energy use; improved thermal insulation of pipelines of the refrigeration system ø115, 80, 38 mm, which made it possible to reduce losses of cold and electricity; the heat-saving characteristics of the installed double-glazed windows have been improved by applying light-filtering, reflective and heat-reflecting films to them, which allows saving costs up to 50% on air conditioning and 5-10% on heating.

Keywords. Energy saving, lighting, fluorescent lamp, LED lamp, cold saving, automated information and measuring system for technical accounting of electricity, heat saving.

****

УДК 535.2 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-426-434**

А.К. Зильгараева [1], Н.К. Смайлов[1], Ш.А.Мирзакулова[2], Д.А.Нурпеисова[2]
[1]Satbayev University, Алматы, Казахстан
[2]Университет Туран, Алматы, Казахстан
E-mail: alya_zk@mail.ru

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПРИ ФОТОМЕТРИИ ЭЛИПСОИДАЛЬНЫМИ РЕФЛЕКТОРАМИ

Аннотация. Целью исследования являются определения спектральных характеристик, которые зависят в основном от концентрации исследуемого вещества и определяются количеством доминирующих поглощающих компонентов. Однако наличие компонентов приводит к тому, что спектральные линии отдельных компонентов могут перекрываться. Поэтому могут возникнуть сложности при количественном определении концентрации этих компонентов. На спектральные характеристики также влияет структура биологической ткани, которая может варьироваться в зависимости от имеющейся патологии или под влиянием физических факторов. На спектрофотометрических исследованиях базируются современные методы биомедицинской диагностики: лазерная допплеровская флоуметрия, лазерная диффузионная томография, оптическая маммография, когерентная оптическая томография, лазерная флуоресцентная диагностика. Также методы, используемые для определения содержания жиров в тканях и др. Помимо прямой диагностики методы спектрофотометрии довольно часто используются для оценки эффективности низкоинтенсивного лазерного воздействия в режиме реального времени.

Ключевые слова. Спектральные свойства, фотометрия, лазер, эллипсоидальный рефлектор, биологическая ткань, алгоритм моделирования, оптика, интерфейс, метод Монте Карло, программа BT_Mod.

Введение.

Спектрофотометрические исследования базируются на регистрации отраженного или пропущенного излучения, что подверглось взаимодействию с биологической тканью или средой в широком диапазоне длин волн. Результатом исследования является набор спектров пропускания и отражения, по которым определяют коэффициенты отражения и пропускания и рассчитывают оптические параметры исследуемого образца. Для регистрации излучения используют обычно использующие оптические и волоконные системы, фотометрические головки на базе интегрирующей сферы или эллипсоидальных рефлекторов. В зависимости от выбранной оптической схемы могут использоваться те или иные математические модели. Наиболее универсальными при использовании интегрирующей сферы являются методы на основе теории Ми, добавления-помнения, инверсного Монте Карло, реализуемые и доступные для практического использования. При эллипсоидальной рефлектометрии используют инверсный метод Монте Карло с учетом конструктивных параметров эллипсоида вращения. Другие математические методы (поточные модели Кубелки-Мунка, диффузное приближение, метод сферических гармоник и др.) используются для биологических сред с суженным диапазоном оптических свойств.

Материалы и методы.

Методы спектрофотометрии используются в различных отраслях неинвазивной биомедицинской диагностики. Они обладают рядом преимуществ над другими методами (рентгеновскими, электрическими, ультразвуковыми и др.), поскольку низкоинтенсивное лазерное излучение, используемое в данном случае, не оказывает такого воздействия, что может негативно влиять на организм человека или вносить негативный фактор (погрешность) в полученные.

Методы лазерной допплеровской флоуметрии [3] измеряют частотные ритмы и скорость капиллярного тока крови в микроциркулярном русле биологической ткани. В настоящее время основной проблемой при их использовании является плохая устойчивость к отрицательным внешним факторам, поэтому в некоторых странах они находятся на этапе научных экспериментальных исследований [1].

Достаточно перспективны методы лазерной диффузионной томографии (ЛДТ), которые базируются на просвечивании лазерным излучением мягких тканей пациента и с помощью математической обработки позволяют получать изображения структуры ткани и внутренних неоднородностей [1]. Именно на этом методе базируется работа оптических маммографов [4,5]. На данном этапе этот метод также на экспериментальном этапе.

Также перспективным направлением является лазерная флюоресцентная диагностика, которая делится на два больших класса. Первый класс устройств обеспечивает определение природной светимости биологического объекта, а второй – реакцию биологического объекта на введенную дозу флюоресцентного вещества под влиянием низкоинтенсивного лазерного излучения.

Метод фотометрии эллипсоидальными рефлектометрами.

Метод фотометрии эллипсоидальными рефлекторами заключается в регистрации отраженного или пропущенного излучения биологическим объектом, а также позволяет получить пространственное распределение этого излучения. Это обеспечивается конструктивными особенностями зеркального эллипсоидального рефлектора, ортогонально усеченного по фокальным плоскостям таким образом, что нижняя фокальная плоскость находится в контакте с изучаемым образцом биологической среды, а верхняя оптически сопряжена с приемником излучения (рисунок 1.1).

На рисунке 1.1. схематически приведен вариант измерительной системы с одним зеркальным эллипсоидом вращения для исследования отраженного излучения. Другие варианты, в частности, применение двух эллипсоидов для одновременной регистрации отраженного и пропущенного излучения, приведены авторами в работе [3].

Принцип фотометрии эллипсоидальных рефлектометров (ЕР) заключается в следующем. Оптическое излучение, генерируемое лазером, вводится полость эллипсоидального зеркала 1 через входное окно 2 и, отразившись от плоского зеркала 3, направляется на поверхность изучаемой части биологического объекта 4. После взаимодействия излучения с биологическим объектом на поверхности в фокальной плоскости формируется характерное пятно рассеяния, изображение которого проецируется на противоположную фокальную плоскость F2.

Пятно рассеяния по второй фокальной плоскости передается с помощью оптической системы 5 в плоскость фоточувствительной площадки приемника излучения.

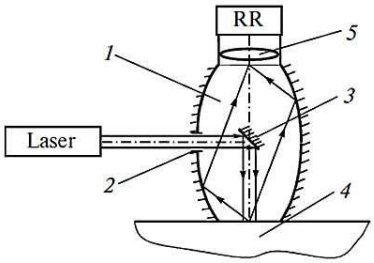


Рисунок 1.1 - Измерительная система с зеркальным эллипсоидом вращения для определения оптических свойств биологических объектов в диффузно-отраженном [8]: 1 – эллипсоидальный рефлектор, 2 – входное окно, 3 -зеркало,4 – биологический объект, 5 – оптическая система, RR -координатный приемник излучения

Техническая реализация фотометрической установки с использованием эллипсоидальных рефлекторов приведена на рисунке 1.2.

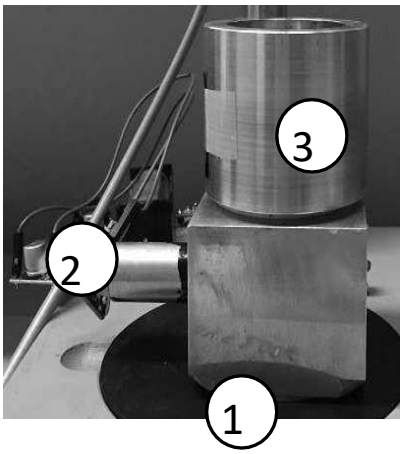


Рисунок 1.2 - Фотометрическая установка для исследования характера рассеяния излучения средами: 1,3 –эллипсоидальный рефлектор, 2 – лазер

Такой вид установки обеспечивает получение информации о рассеянном биологической средой излучении в отраженном и пропущенном направлениях.

Эллипсоидальные рефлекторы в данном случае изготовлены из алюминия Д16Т методом траекторного копирования [8-10]. Внутренняя поверхность эллипсоида имеет высокий класс чистоты, что обеспечивает ее зеркальность. В свою очередь такой материал позволяет проводить исследования в видимом и красном диапазонах излучений.

Результаты.

1. Алгоритм моделирования.

Для моделирования распространения и взаимодействия излучения с биологической средой и эллипсоидальным рефлектором используется программное обеспечение «BT_mod». Работа алгоритма (рисунок 1.3) функционирования программы BT_mod [9,10] базируется на алгоритме прямого метода Монте Карло и конструктивных особенностей эллипсоидального рефлектора (значение эксцентриситета и фокального параметра).

Практическая реализация предлагаемого алгоритма базируется на методах рейтрейсинга и состоит в следующем. Сначала находят точку пересечения луча Ri с

первой фокальной плоскостью F1 верхнего эллипсоида (если cosγ<0) или второй фокальной плоскостью F2 нижнего эллипсоида (если cosγ>0). Фотоны, не попавшие в эти фокальные плоскости, не участвуют в дальнейшем, а их вес записывается в отдельный массив, характеризующий эффективность применения с выбранным фокальным параметром для оптической биометрии исследуемого образца. Далее определяют точку пересечения луча с ЭР. Если координата точки сечения по оси Oz превышает двойное фокальное расстояние эллипсоида, то осуществляют поиск координат точки сечения луча со второй фокальной плоскостью верхнего F2 или нижнего F2 эллипсоида.

В противном случае рейтрейсинг продолжается до тех пор, пока луч не пересечет одну из фокальных плоскостей F2 или F2 пока не будут достигнуты условия параллельности перемещения луча к оси xOy.

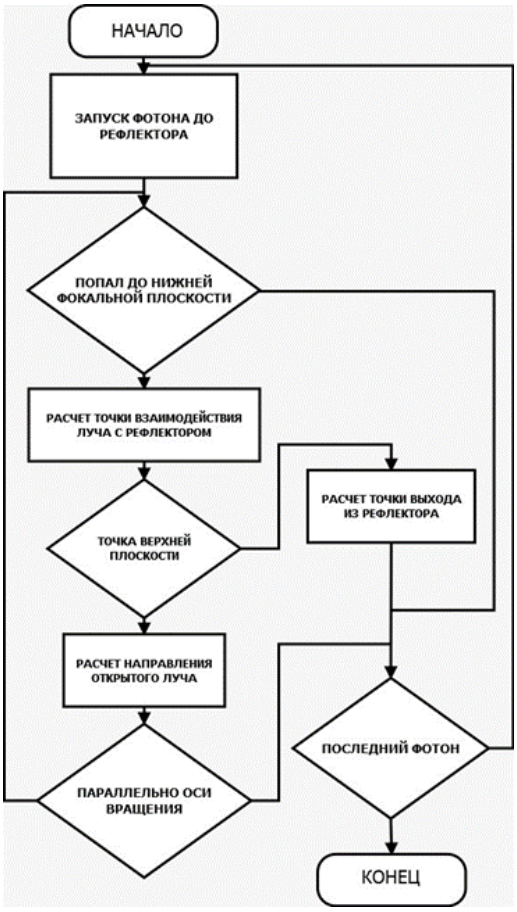


Рисунок 1.3 - Алгоритм метода Монте Карло с использованием эллипсоидального рефлектора

2. Описание работы программного обеспечения.

Для исследования спектральных характеристик биологических сред методом фотометрии с использованием эллипсоидальных рефлекторов использован программный продукт «BT_mod», работающий на основе приведенного на рисунке 1.3 алгоритма. Главное окно программы поделено на девять зон (рисунок 1.4).

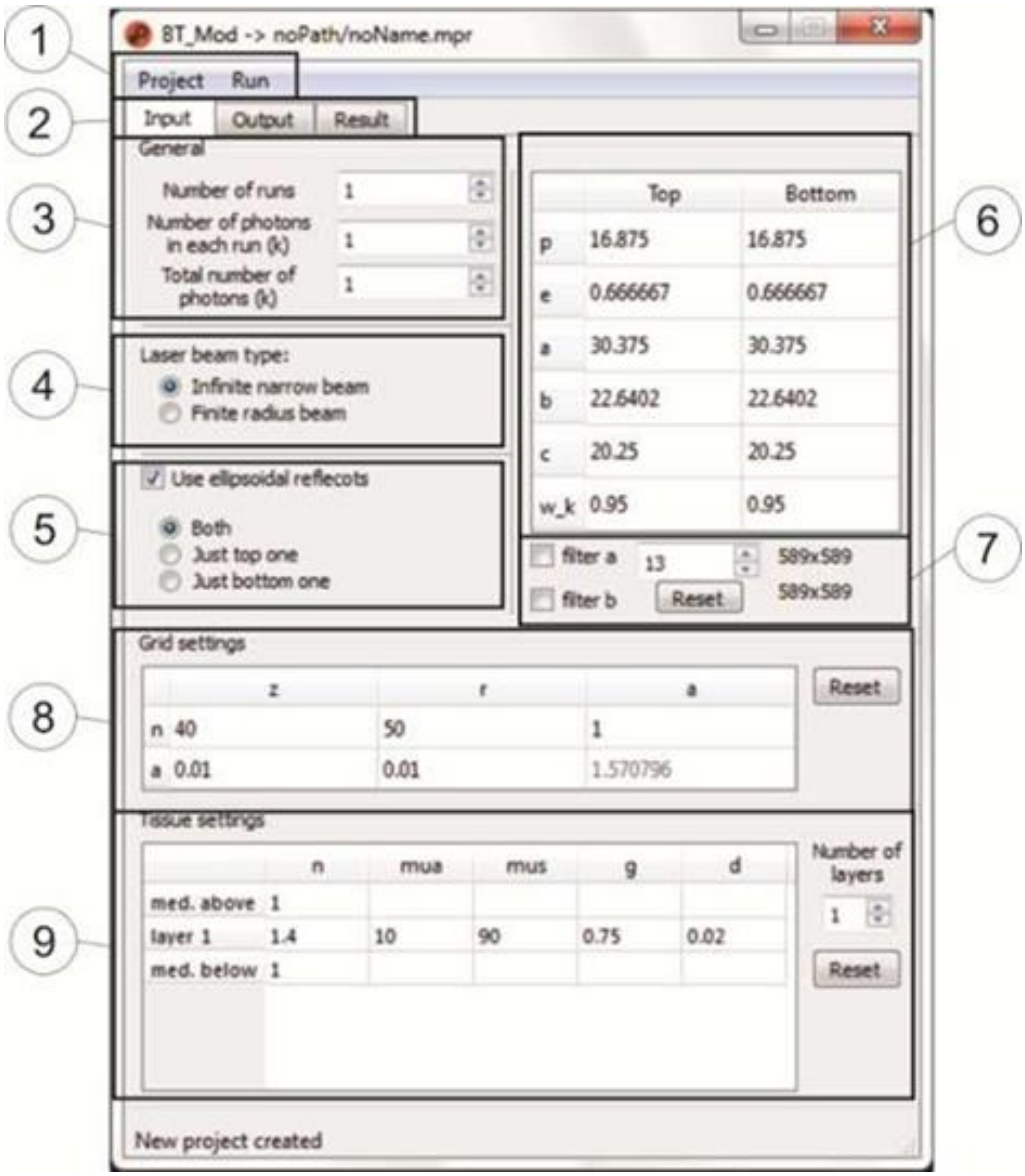


Рисунок 1.4 - Главное окно программы «BT_Mod»: 1 – главное меню, 2 – вкладки входных и исходных данных моделирования, 3 – область управления количеством запусков и количеством фотонов, 4 – область настройки параметров луча излучения, 5 – настройка использования эллипсоидальных рефлекторов, 6 – область настройки параметров использованных рефлекторов, 7 – область настроек получаемых изображений, 8 – область ввода параметров массивов сбора данных, 9 – область настройки параметров исследуемого образца

В зоне 1 выбирают новый проект Project и после ввода всех данных в зоне 2 запускают работу программы кнопкой Run. Зона 2 делится на три окна, отвечающие на ввод данных и получение результатов.

Параметры излучения, а именно его мощность задаются в зоне 3 количеством фотонов и количеством запусков. Несколько запусков выбирается для того, чтобы найти среднее значение результатов. Профиль луча задается в зоне 4 и может быть тонким или определенной формы.

Программа может работать с эллипсоидом, тогда в зоне 5 ставится галочка и без. Выбор конструктивных параметров эллипсоида осуществляется в зоне 6, а изображение – в зоне 7.

Оптические и геометрические параметры биологической среды задаются в зоне 9. При этом можно выбрать необходимое количество слоев с соответствующим набором параметров, которое будет моделировать биологическую среду.

Как результат моделирования получаем коэффициенты излучения (диффузное отражение R, поглощение A и пропуск T) и фотометрические пятна рассеяния в отраженном и пропущенном свете.

3. Метод зонного анализа.

Для анализа и оценки полученных фотометрических изображений пятна рассеяния предложено использование метода зонного анализа, заключающегося в определении освещенности каждого кольца с последующим его сравнением [10].

Для определения освещенности в работе была использована программная среда «Iris», с помощью которой можно определить интенсивность в заданной зоне и разделить ее на количество падающих фотонов для нормирования данных. На основе определенной интенсивности определяется освещенность

$$E = \frac{I_n}{S} = \frac{I_n}{\pi r^2}.$$

Рассмотрим входные данные принцип определения освещенности в каждом кольце.

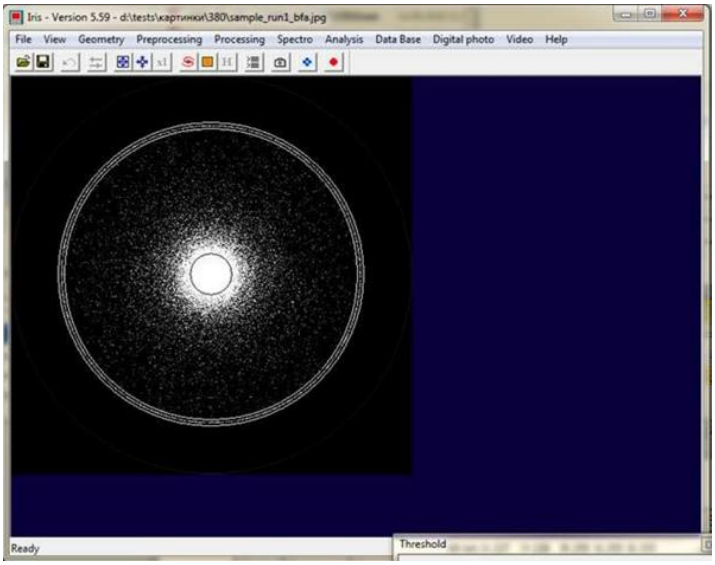


Рисунок 1.5 - Интерфейс программы «Iris» [10]

Входными данными для определения интенсивности являются фотометрические изображения, а также значение радиуса исследуемого участка. Принцип определения интенсивности в каждом кольце можно поделить на следующие этапы:

- определение общей интенсивности I_1. Для этого необходимо при анализе задать радиус наибольшего кольца r_1;
- определение интенсивности I_2 без наружного кольца. Для этого задают радиус r_2;
- определение интенсивности в наименьшем кольце I_3. Для него необходимо задать и подобрать радиус малейшего кольца r_3;

- расчет интенсивности наружного кольца $I_3 = I_1 - I_2$;
- расчет интенсивности среднего кольца $I_c = I_2 - I_1$;
- расчет интенсивности внутреннего кольца $I_в = I_3$.

Обсуждение.

Условия проведения модельного эксперимента зависят от конструктивных особенностей эллипсоидального рефлектора, а также от работы программы BT_Mod.

Для приближения модельного опыта к настоящему нужно задать следующие конструктивные характеристики ЕР: p=16,875, e=0,666. В свою очередь, материал, из которого изготовлен ЭР, позволяет проводить исследования в видимом и красном диапазонах излучений, что ограничивает спектральный диапазон исследований.

Количество падающих фотонов при одном запуске должно составлять не менее 20 млн. для получения фотометрического изображения пятна рассеяния, что будет соответствовать реальному эксперименту. Однако при определении коэффициентов диффузного отражения, пропускания и поглощения достаточно и нескольких тысяч. В этом случае необходимо производить не менее 10 запусков для усреднения значений, выполняемых программой автоматически.

Заключение.

На основе проведенного теоретического анализа спектральных свойств биологических сред и примере модельного эксперимента получены следующие выводы:

- приведены особенности экспериментальных исследований методами эллипсоидальных рефлекторов;
- описан принцип программы BT_Mod, определены входные данные для моделирования и тип результатов, которые необходимо получить;
- рассмотрены особенности работы программной среды Iris и предложены этапы проведения обработки фотометрических изображений пятна рассеяния;
- определены предпосылки и предложены экспериментальные исследования.

Таким образом, достоверность полученных результатов будет более приемлема при сравнительной оценке оптических параметров, вычисленных в рамках различных математических моделей, что является дальнейшим шагом в исследованиях с использованием эллипсоидальной рефлекторной фотометрической системы.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Неинвазивная оптическая и лазерная медицинская диагностика [Электронный ресурс]. – Режим доступу: http://www.medphyslab.org/Cr_r_ond_1.htm

[2] Рогаткин Д.А. Физические основы оптической оксиметрии / Д.А. Рогаткин // Медицинская физика. – 2012. – №2. – с. 97 – 114.

[3] Ding H. Non-invasive prediction of hemoglobin levels by principal component and back propagation artificial neural network / H. Ding, Q. Lu, H. Gao, Z. Peng // OSA. – vol.5, no.4. – 2014. – Pp.1145 – 1152.

[4] Ven S. Diffuse optical tomography of the breast: initial validation in benign cysts / S. Ven [et. el] // Mol Imaging Biol. – 2009. – №11(2). – Pp.64–70.

[5] В.П. Кожум'яко, Н.І. Заболотна, Б.П. Олійніченко, Оптичні томографи: Проблеми та перспективи застосування в мамології // Біомедичні оптико – електронні системи та прилади- 2009. - С. 153-163.

[6] Тучин В. В. «Оптическая биомедицинская диагностика» В 2 томах / В. В. Тучин. – Москва: Физмалит, 2007. – 560 с.

[7] Безуглий М.О. Особливості виготовлення еліпсоїдальних рефлекторів фотометрів / М.О. Безуглий, І.І. Синявський, Н.В. Безугла, А.Г. Козловський // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2016, №2 (52).– С.76-81.85

[8] Безуглий М.О. Контроль форми еліпсоїдальних рефлекторів біомедичних фотометрів / М.О. Безуглий, Лінючева О.В., Безугла Н.В., Бик М.В., Костюк С.А // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2017, №1 (53). – С.62-69.

[9] Prahl S. A. A Monte Carlo Model of Light Propagation in Tissue / S. A. Prahl, M. Keijzer, S. L. Jacques, A. J. Welch // Dosimetry of Laser Radiation in Medicine and Biology, SPIE Institute Series. – 1989. – vol. 5, – Pp. 102–111.

[10] Hall G. Goniometric measurements of thick tissue using Monte Carlo simulations to obtain the single scattering anisotropy coefficient / G. Hall, S. L. Jacoques. // Biomedical optics express. – 2007. – no.11.– Pp. 2707–2719.

Әлия Зілғараева, магистр, Satbayev University, Алматы, Қазақстан, alya_zk@mail.ru

Нұржігіт Смайылов, PhD, профессор, Satbayev University, Алматы, Қазақстан, nur_aly.kz@mail.ru

Шарафат Мирзакулова, PhD доцент, Тұран университеті, Алматы, Қазақстан, sh.mirsakulova@turan-edu.kz

Динара Нурпеисова, магистр, Тұран университеті, Алматы, Қазақстан, dnurpeisova@bk.ru

ЭЛИПСОИДАЛДЫ ШАҚЫРЫЛЫҚТАРМЕН ФОТОМЕТРИЯДА СПЕКТРАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРДІ АНЫҚТАУ ӘДІСТЕРІ МЕН ҚҰРАЛДАР

Аңдатпа. Зерттеудің мақсаты – негізінен зерттелетін заттың концентрациясына тәуелді және басым сіңіретін компоненттердің санымен анықталатын биологиялық орталардың спектрлік сипаттамаларын анықтау. Дегенмен, құрамдас бөліктердің болуы жеке құрамдастардың спектрлік сызықтарының қабаттасуы мүмкін екеніне әкеледі. Сондықтан бұл компоненттердің концентрациясын сандық түрде анықтау қиын болуы мүмкін. Спектрлік сипаттамаларға биологиялық құрылымы да әсер етеді, ол бар патологияға байланысты немесе физикалық факторлардың әсерінен өзгеруі мүмкін. Биомедициналық диагностиканың заманауи әдістері спектрофотометриялық зерттеулерге негізделген: лазерлік доплерфлоуметрия, лазерлік диффузиялық томография, оптикалық маммография, когерентті оптикалық томография, лазерлік флуоресцентті диагностика. Сондай-ақ, тіндердегі майлардың құрамын анықтау үшін қолданылатын әдістер және т.б. Тікелей диагностикадан басқа, нақты уақыт режимінде төмен қарқынды лазер әсерінің тиімділігін бағалау үшін спектрофотометриялық әдістер жиі қолданылады.

Түйінді сөздер. Спектрлік қасиеттері, фотометрия, лазер, эллипсоидты рефлектор, биологиялық мата, модельдеу алгоритмі, оптика, интерфейс, Монте-Карло әдісі, BT_Mod бағдарламасы.

Aliya Zilgarayeva, magister, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan alya_zk@mail.ru

Nurzhigit Smailov, PhD, professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, nur_aly.kz@mail.ru

Sharafat Mirzakulova, PhD, associate professor, Turan University, Almaty, Kazakhstan, Sh.Mirsakulova@turan-edu.kz

Dinara Nurpeisova, magister, senior lectur, Turan University, Almaty, Kazakhstan, dnurpeisova@bk.ru

METHODS AND TOOLS FOR DETERMINING SPECTRAL PROPERTIES FOR PHOTOMETRY WITH ELIPSOID REFLECTORS

Abstract. The aim of the study is to determine the spectral characteristics of biological media, which depend mainly on the concentration of the test substance and are determined by the number of dominant absorbing components. However, the presence of components leads to the fact that the spectral lines of individual components may overlap. Therefore, it may be difficult to quantify the concentration of these components. Spectral characteristics are also affected by the structure of biological tissue, which may vary depending on the existing pathology or under the influence of physical factors. Modern methods of biomedical diagnostics are based on spectrophotometric studies: laser Doppler flowmetry, laser diffusion tomography, optical mammography, coherent optical tomography, laser fluorescence diagnostics. Also, methods used to determine the content of fats in tissues, etc. In addition to direct diagnostics, spectrophotometric methods are quite often used to evaluate the effectiveness of low-intensity laser exposure in real time.

Keywords. Spectral properties, photometry, laser, ellipsoidal reflector, biological tissue, modeling algorithm, optics, interface, Monte Carlo method, BT_Mod program.

****

УДК 662.951 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-435-443**

Д.Р.Умышев[1], Ж.А. Айдымбаева[1], А.М. Достиярова[2], Б.Онгар[2,3] , Б.А. Биахметов[4]
[1]Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Алматы, Казахстан
[2]Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан
[3]Satbayev University, Алматы, Казахстан
[4]Казахский аграрно-технический университет имени Сакена Сейфуллина, Астана, Казахстан
E-mail: diararu@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация. В статье рассматривается актуальный вопрос обогащения биогаза водородом для сжигания в дизельном двигателе. Для Казахстана данная проблема пришла в последние 20 лет, так как ежегодно идет повышение стоимости дизельного топлива или его нехватки к осени во время сбора урожая. Возможности эффективного сжигания водорода в парниковых двигателях были известны еще во время блокады Ленинграда. Здесь мы обращаем внимание, что сжигание в дизельном двигателе богатого водородом биогаза и дизельного топлива повышает эффективность дизеля и снижает ее воздействие на окружающую среду. Так как имеются доступные публикаций, то и наши исследования будут полезны. Результаты дальнейших исследований будут опубликованы в данном Вестнике.

Ключевые слова. Водородосодержащий газ, углеродные нанотрубки, катализатор, дизельный двигатель.

Введение.

Две взаимосвязанные проблемы, связанные с глобальным потеплением и загрязнением воздуха, с которыми столкнулось человечество, были вызваны широким использованием ископаемого топлива [1]. Несмотря на широкое распространение дизельного двигателя внутреннего сгорания во всем мире благодаря ряду конструктивных преимуществ (высокий КПД, надежность, крутящий момент), он способствует кризису изменения климата и загрязнению окружающей среды. Стоит отметить, что основными выбросами дизельного двигателя, которые необходимо значительно снизить, являются сажа, NOx и другие вредные компоненты. Конференция COP 26, проходившая в Глазго с 1 октября по 12 ноября 2021 г., заявила, что инновационные, более чистые технологии должны стать одним из факторов сокращения парниковых и других выбросов [2,3].

Также можно выделить еще один центральный вопрос в контексте Казахстана, требующий безотлагательных действий. Сельскохозяйственная отрасль Казахстана ежегодно испытывает трудности из-за дефицита дизельного топлива во время посева и уборки урожая [4]. Обычно это приводит к удорожанию дизельного топлива и, следовательно, влияет на стоимость урожая и других конечных продуктов для потребителей. Более того, если фермеры не уберут урожай вовремя, это может привести к потерям урожая. Сельское хозяйство, как и нефтегазовая промышленность или полезные ископаемые, является одним из основных драйверов экономики Казахстана, поэтому вопрос с дефицитом дизельного топлива требует решения.

В настоящее время в РК и за рубежом исследуются большое количество технических средств и методов, снижающих токсичность и дымность ОГ дизелей. Существующие средства, направленные на снижение вредных выбросов дизелей в эксплуатации, можно условно разделить на две группы, как представлено на (рисунок 1).

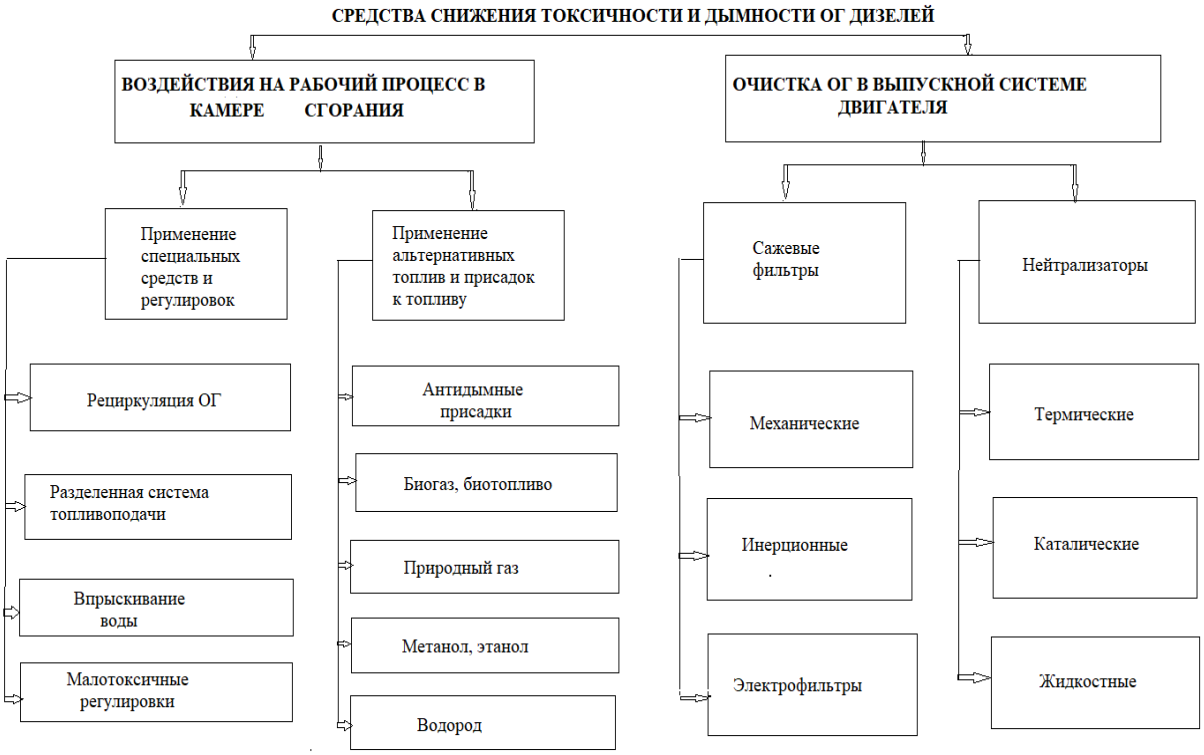


Рисунок 1- Средства снижения токсичности и дымности ОГ дизелей

Повышение экологической безопасности дизеля может быть обеспечено применением специальных средств и регулировок, в частности разделенной системы топливоподачи с добавлением дополнительно к основному дизельному топливу газового топлива: биогаза, природного газа, водорода.

Частичная замена дизельного топлива биогазом могла бы способствовать решению проблем, связанных с дефицитом дизельного топлива и загрязнением воздуха парниковыми газами [4]. Однако хорошо известно, что использование биогаза с дизельным топливом для сжигания в двигателе имеет много недостатков, таких как снижение общей эффективности процесса сгорания, сокращение срока службы двигателя и более высокие выбросы по сравнению с использованием только природный газ. Необходимо разработать новые двигатели или технологии сгорания или оптимизировать существующие технологии для решения проблем выбросов парниковых газов. В настоящее время в некоторых исследованиях изучалась модификация биогаза, чтобы сделать его более подходящим для сжигания с дизельным топливом.

Материалы и методы.

Есть несколько подходов, которые активно исследуются во всем мире, а именно удаление двуокиси углерода и корректировка состава биогаза. Обогащение биогаза водородом может решить текущие проблемы с биогазом. Обогащение биогаза водородом представляет собой процесс, при котором метан и углекислый газ превращаются в водород и монооксид углерода в присутствии катализаторов при

высоких температурах. Этот процесс также позволяет производить углеродные нанотрубки, которые являются материалами с добавленной стоимостью благодаря своим уникальным физическим и химическим характеристикам.

Полученный богатый водородом газ можно использовать с дизельным топливом для сжигания в дизельном двигателе. Несколько исследований показали, что он имеет более высокую тепловую эффективность торможения, чем сжигание смеси необработанного биогаза и дизельного топлива. Кроме того, многие выбросы газов сокращаются. Эта технология нуждается в дальнейшем изучении для оптимизации процесса сгорания в двигателе водородсодержащего газа и дизельного топлива. Более высокая эффективность и снижение выбросов могут быть достигнуты за счет регулировки параметров, связанных с системами впрыска, составом богатого водородом газа и т. д.

Результаты.

Существующие проблемы со сжиганием биогаза и дизельного топлива в дизельных двигателях.

Существуют две ведущие технологии получения биогаза из биомассы или органических отходов: анаэробное сбраживание и газификация. При анаэробном сбраживании органические вещества, например навоз крупного рогатого скота, разлагаются на CH_4 и CO_2 в анаэробном реакторе в присутствии метаногенных бактерий [5]. Состав биогаза может варьироваться в зависимости от исходного сырья, параметров процесса анаэробного сбраживания и т. д. Сравнение среднего состава биогаза, полученного в результате анаэробного сбраживания, и природного газа проиллюстрировано в таблице 1. Важнейший компонент, определяющий теплотворную способность из этих газов - метан. Биогаз имеет более низкое содержание метана и, следовательно, имеет более низкую теплотворную способность, чем природный газ. Таким образом, биогаз должен подвергаться дальнейшим процессам для увеличения его теплотворной способности, например, очистке от диоксида углерода [5]. Хорошо известно, что углекислый газ в основном ответственен за ухудшение характеристик биогаза. Углекислый газ можно вымыть из биогаза, но этот процесс промывки имеет побочный продукт, а именно кислые сточные воды. Эти сточные воды необходимо очищать перед последующей утилизацией. В настоящее время лучше использовать природный газ, а не биогаз с точки зрения характеристик горения и сокращения выбросов, но природный газ конечен и, конечно же, является ископаемым топливом. Ведущим вопросом в отношении сжигания смеси биогаза и дизельного топлива в дизельном двигателе является то, что биогаз отрицательно влияет на характеристики сгорания и выбросы, например, он влияет как на искровое зажигание, так и на воспламенение от сжатия в двигателях [6].

Таблица 1 - Состав биогаза и природного газа

Составные части	Биогаз (%) [9, 11]	Природный газ (%) [10]
CH_4	50-70	97
CO_2	30-40	-
H_2	5-10	-
N_2	1-2	-
H_2O	0.3	-
H_2S	<1%	-

Обогащение биогаза водородом для решения проблем, связанных со сжиганием дизельного топлива.

Были исследованы некоторые новые технологии модификации биогаза, позволяющие сжигать его вместе с дизельным топливом в двигателе, поскольку в настоящее время для этого существуют определенные технологические барьеры, как обсуждалось в предыдущем разделе. Для улучшения характеристик сгорания и сокращения выбросов можно применить несколько подходов, а именно увеличение доли водорода, добавление сжиженного нефтяного газа и удаление диоксида углерода из состава биогаза [5]. В данной работе оценивается обогащение биогаза водородом. Во многих исследованиях обсуждаемая в данной статье технология обогащения биогаза водородом хорошо известна как процесс сухого риформинга [7,8]. Биогаз можно использовать в качестве сырья для производства углеродных нанотрубок и газа, обогащенного водородом, путем термической обработки в присутствии катализаторов [9]. Углеродные нанотрубки считаются продуктами с добавленной стоимостью благодаря своим уникальным характеристикам (высокая прочность и термостойкость, малый вес) [16-18].

Системная граница процесса обогащения биогаза водородом представлена на рис. 1. Биогаз, полученный в результате анаэробного сбраживания, служит сырьем для получения углеродных нанотрубок и газа, обогащенного водородом. Биогаз закачивается в реактор, а затем его необходимо нагреть в присутствии катализатора. Стоит отметить, что этот процесс требует больших затрат энергии, так как является эндотермической реакцией [8]. Обычно преобразование биогаза в газ, богатый водородом, и углеродные нанотрубки происходит только при относительно высоких температурах и зависит от эффективности используемых катализаторов и качества желаемого конечного продукта. Например, в исследовании Pudukudy, Yaakob, Syahri, Jia и Shan [7] температура процесса конверсии в присутствии катализатора Fe/ZrO_2 составляла 900°C. Де Льобет, Пинилья, Молинер, Суэльвес, Арройо, Морено, Муньос, Монне, Камеан и Рамос [10] разлагали биогаз с получением углеродных нанотрубок и газа, богатого водородом, для сжигания в двигателе с искровым зажиганием при температуре 600-700°C. Что касается термодинамических расчетов, то этот диапазон температур рекомендуется, поскольку в этом диапазоне температур производится большая доля углеродных нанотрубок и газа [10].

Углеродный наноматериал осаждается на поверхности катализаторов [11], что в конечном итоге требует отделения, так как это в конечном итоге приведет к загрязнению и дезактивации катализатора [7].

Рисунок 2- Обогащение биогаза водородом

Хорошо известно, что образующийся богатый водородом газ содержит водород и монооксид углерода. Основная реакция, ответственная за производство этих компонентов из биогаза, описана ниже:

$$CH_4 + CO_2 \leftrightarrow 2H_2 + 2CO, \ \ \Delta H^{\circ} = 247\ kJ/mol$$

Стоит отметить, что состав водородосодержащего газа в основном зависит от параметров процесса конверсии, таких как каталитическая эффективность, температура, состав сырья и т. д. Например, в табл. 2 количество углеродных нанотрубок и состав водородосодержащего газа [10]. В результате разложения биогаза с соотношением CH_4:CO_2 70:30 при 700°C был получен газ, содержащий оптимальное количество водорода и более качественные углеродные нанотрубки. Можно констатировать, что более высокое содержание метана в биогазе и температура положительно влияют на качество продукта. Скорости превращения CH_4 и CO_2 в H_2 и CO могут быть выше результатов, представленных в таблице 2, путем регулирования параметров процесса, например, повышения температуры внутри реактора.

Таблица 2 - Скорости превращения CH_4 и CO_2 в H_2 и CO при различных параметрах (температура и соотношение CH_4:CO_2) в присутствии катализатора [10]

CH_4: CO_2 соотно-шения	T, °C	H_2, %	CO, %	CH_4, %	CO_2, %	χ_{CH4}, %	χ_{CO2}, %	ε_a, %	Производство углеродных нановолокон, C $g_{cat}^{-1}h^{-1}$
50:50	600	23	23	26	28	37	34	19	2.0
50:50	700	40	39	11	10	71	66	54	1.4
60:40	600	26	19	43	21	33	37	19	2.5
60:40	700	45	34	14	7	65	71	53	2.5
70:30	600	34	17	36	13	37	46	23	3.4
70:30	700	53	29	14	4	67	79	61	3.6

На (рисунок 2) после реактора виден конденсатор. Это необходимо для улавливания пара, образующегося при разложении биогаза [10]. Углеродный наноматериал осаждается на поверхности катализатора, который необходимо отделить, так как он обычно загрязняет и дезактивирует катализатор [7]. Неконденсируемые газы, определяемые как газы с высоким содержанием водорода, после конденсатора закачиваются в хранилище газа. Образующийся богатый водородом биогаз обычно содержит H_2 и CO [12, 13], и его содержание положительно влияет на снижение выбросов парниковых газов по сравнению с обычным биогазом или природным газом . Стоит отметить, что в целом эффективность сжигания водородсодержащего газа намного выше, чем сжигания бензина, биогаза, метана или угля.

Катализаторы.

Многие катализаторы можно использовать в процессе обогащения биогаза водородом. Выбор катализатора важен, так как он влияет на характеристики углеродных нанотрубок и состав образующегося газа [7]. Одной из самых сложных частей разработки процесса обогащения биогаза водородом является выбор катализатора, поскольку существует множество типов катализаторов. В этом разделе обсуждаются основные параметры, которые необходимо учитывать при выборе подходящего катализатора. Некоторые катализаторы способны преобразовывать более 90% метана и углекислого газа в углеродные нанотрубки и газ, богатый водородом [7, 13]. Однако те, которые демонстрируют высокие каталитические характеристики, обычно очень дороги. Есть несколько основных параметров, которые можно использовать в качестве ориентира при выборе подходящего катализатора:

- Кислотность катализаторов. Хорошо известно, что сильнокислотные катализаторы обладают более высокой каталитической эффективностью при разложении любого вещества на более мелкие частицы.
- Пористая структура катализаторов. Во многих исследованиях было замечено, что структура пор играет существенную роль в разрушении вещества на более мелкие и легкие частицы.

Также стоит отметить, что одним из основных недостатков использования катализаторов является их дезактивация из-за нагара на их поверхности. Было обнаружено, что кислотность и микропоры способствуют высокой каталитической эффективности, а также увеличивают скорость дезактивации катализатора [14,15]. Для снижения затрат на катализаторы при их выборе следует учитывать такие факторы, как кислотность и микропоры.

Сжигание смеси богатого водородом биогаза и дизельного топлива.

В этом разделе подробно обсуждается принципиальная схема сгорания богатого водородом газа и дизельного топлива в дизельном двигателе, которую можно использовать при проектировании или строительстве экспериментального стенда для потенциальных исследований. Кроме того, в этом разделе кратко обобщены несколько исследований по сжиганию в дизельном двигателе газа, богатого водородом, и дизельного топлива.

На рис. 3 проиллюстрирована принципиальная схема дизельного двигателя, работающего на смеси дизельного топлива и газа, богатого водородом. Систему впуска двигателя необходимо модифицировать, поскольку состав богатого водородом газа совершенно отличается от биогаза или природного газа. Газ, обогащенный водородом, и дизельное топливо вводятся в дизельный двигатель отдельно, поскольку обычно дизельное топливо смешивается с воздухом, тогда как смешивание воздуха и газа, обогащенного водородом, может вызвать преждевременное воспламенение газа, т. е. до подачи в двигатель. Таким образом, двигатель имеет две отдельные форсунки для обогащенного водородом газа и смеси воздуха и дизельного топлива. Расход этих видов топлива измеряется счетчиками. Также эффективность процесса сгорания повышается за счет системы рециркуляции выхлопных газов. Рециркулирующие выхлопные газы, дизельное топливо и воздух смешиваются в смесителе перед подачей в двигатель посредством впрыска. Анализатор выхлопных газов используется для измерения выбросов в процессе сгорания, чтобы определить его воздействие на окружающую среду. Стоит отметить, что вначале в двигатель впрыскивается небольшое количество дизельного топлива для запуска процесса сгорания [5]. Затем в двигатель впрыскивается газ, обогащенный водородом.

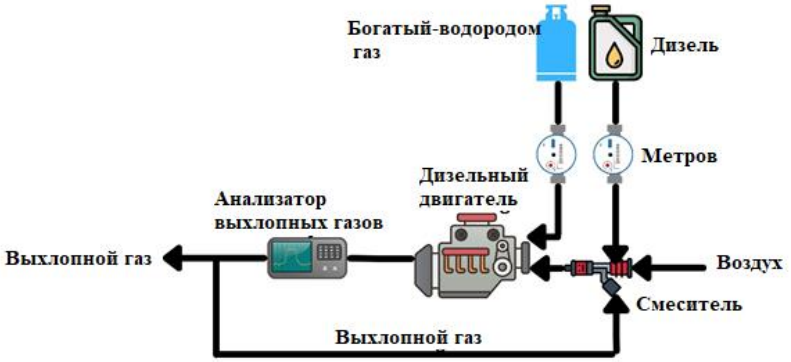


Рисунок 3- Принципиальная схема дизельного двигателя, работающего на смеси дизельного топлива и водородсодержащего газа

Обсуждение.

Было проведено несколько исследований, связанных со сгоранием богатого водородом газа и дизельного топлива в дизельных двигателях, хотя для разработки оптимального процесса сгорания требуются дополнительные и подробные исследования. Было обнаружено, что использование газа, богатого водородом, в смеси с дизельным топливом имеет более высокую тепловую эффективность торможения, чем сырой биогаз. Кроме того, выбросы CO_2, CO и HC из богатого водородом газа ниже, чем для биогаза, за исключением NOx [10]. Будущие исследования должны определить оптимальные параметры впрыска и соотношения дизельного топлива и газа, богатого водородом, для повышения эффективности процесса сгорания и дальнейшего снижения выбросов.

Заключение.

Анализ наших исследовании показывает, что использование биогаза в качестве добавочного газового топлива: улучшает экологические показатели; обеспечивает плавность работы двигателя, снижение теплонапряженности деталей камеры сжигания, но вместе с тем снижает мощность двигателя.

При термическом разложении биогаза, полученного в результате анаэробного сбраживания, в присутствии катализаторов при более высоких температурах образуются углеродные нанотрубки и газ, богатый водородом. Углеродные нанотрубки считаются материалами с добавленной стоимостью, поскольку их можно использовать в производстве аккумуляторов, пластмасс, нано-оптоэлектроники, гибких тонкопленочных устройств и т. д. Полученный богатый водородом газ может заменить биогаз при сгорании дизельным топливом при сжигании. двигатель, так как биогаз снижает общую эффективность процесса сгорания, срок службы двигателя и приводит к большему выбросу парниковых газов, чем только природный газ. В этом процессе обогащения водородом основные компоненты, такие как метан и диоксид углерода, превращаются в водород и монооксид углерода. В будущих исследованиях необходимо скорректировать процесс сгорания в двигателе с учетом химического состава богатого водородом газа и характера его воспламенения. Этот документ способствует разработке оптимизированного процесса сжигания и связанного с этим сокращения количества выделяемых парниковых газов.

ЛИТЕРАТУРА

[1] А.Смайлис В.И. Современное состояние и новые проблемы экологии дизелестроения/ Двигателестроение.-1991, №1

[2] H. Gürbüz, S. Demirtürk, Investigation of dual-fuel combustion by different port injection fuels (Neat Ethanol and E85) in a DE95 diesel/ethanol blend fueled compression ignition engine, Journal of Energy Resources Technology 142(12) (2020). https://doi.org/https://doi.org/10.1115/1.4047328.

[3] H. Mountford, D. Waskow, L. Gonzalez, C. Gajjar, N. Cogswell, M. Holt, T. Fransen, M. Bergen, R. Gerholdt, COP26: Key Outcomes From the UN Climate Talks in Glasgow, (2021).

[4] Ю. Асташов, Проблема дефицита качественных нефтепродуктов в Казахстане, Экономика в промышленности (2) (2015) 110-114.

[5] N. Ray[1], M. Mohanty, R. Mohanty, Biogas as alternate fuel in diesel engines: A literature review, (2013).

[6] A. Rimkus, S. Stravinskas, J. Matijošius, Comparative study on the energetic and ecologic parameters of dual fuels (diesel–NG and HVO–biogas) and conventional diesel fuel in

a CI engine, Applied Sciences 10(1) (2020) 359. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app10010359.

[7] M. Pudukudy, Z. Yaakob, K.M. Syahri, Q. Jia, S. Shan, Production of hydrogen-rich syngas and multiwalled carbon nanotubes by biogas decomposition over zirconia supported iron catalysts, Journal of Industrial and Engineering Chemistry 84 (2020) 150-166. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jiec.2019.12.030.

[8] P. Rosha, S.K. Mohapatra, S.K. Mahla, A. Dhir, Hydrogen enrichment of biogas via dry and autothermal-dry reforming with pure nickel (Ni) nanoparticle, Energy 172 (2019) 733-739. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.02.006.

[9] T. Kludpantanapan, P. Nantapong, R. Rattanaamonkulchai, A. Srifa, W. Koo-Amornpattana, W. Chaiwat, C. Sakdaronnarong, T. Charinpanitkul, S. Assabumrungrat, S. Wongsakulphasatch, Simultaneous production of hydrogen and carbon nanotubes from biogas: On the effect of Ce addition to CoMo/MgO catalyst, International Journal of Hydrogen Energy 46(77) (2021) 38175-38190. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.09.068.

[10] S. De Llobet, J. Pinilla, R. Moliner, I. Suelves, J. Arroyo, F. Moreno, M. Muñoz, C. Monné, I. Cameán, A. Ramos, Catalytic decomposition of biogas to produce hydrogen rich fuels for SI engines and valuable nanocarbons, International journal of hydrogen energy 38(35) (2013) 15084-15091. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2013.09.086.

[11] N.D. Charisiou, S.L. Douvartzides, G.I. Siakavelas, L. Tzounis, V. Sebastian, V. Stolojan, S.J. Hinder, M.A. Baker, K. Polychronopoulou, M.A. Goula, The relationship between reaction temperature and carbon deposition on nickel catalysts based on Al2O3, ZrO2 or SiO2 supports during the biogas dry reforming reaction, Catalysts 9(8) (2019) 676. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/catal9080676.

[12] E. Le Saché, J. Santos, T. Smith, M. Centeno, H. Arellano-Garcia, J.A. Odriozola, T. Reina, Multicomponent Ni-CeO2 nanocatalysts for syngas production from CO2/CH4 mixtures, Journal of CO2 utilization 25 (2018) 68-78. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jcou.2018.03.012.

[13] P.S. Roy, J. Song, K. Kim, J.-M. Kim, C.S. Park, A.S. Raju, Effects of CeZrO2–Al2O3 support composition of metal-foam-coated Pd–Rh catalysts for the steam-biogas reforming reaction, Journal of industrial and engineering chemistry 62 (2018) 120-129. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jiec.2017.12.050.

[14] Z. Chen, X. Zhang, F. Yang, H. Peng, X. Zhang, S. Zhu, L. Che, Deactivation of a Y-zeolite based catalyst with coke evolution during the catalytic pyrolysis of polyethylene for fuel oil, Applied Catalysis A: General 609 (2021) 117873. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apcata.2020.117873.

[15] J. Huang, Y. Jiang, V.R. Marthala, A. Bressel, J. Frey, M. Hunger, Effect of pore size and acidity on the coke formation during ethylbenzene conversion on zeolite catalysts, Journal of Catalysis 263(2) (2009) 277-283. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jcat.2009.02.019.

Диас Умышев, PhD, қауымдастырылған профессор, Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Казахстан, umishev_d@mail.ru

Жанар Айдымбаева, PhD, Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан, diararu@mail.ru

Алия Достиярова, т.ғ.к, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, adostiyarova@mail.ru

Бұлбұл Онғар, PhD, қауымдастырылған профессор, Satbayev University, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, ongar_bulbul@mail.ru

Бауыржан Биахметов, докторант, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан, bauyrzhanbiakhmetov@gmail.com

ҚОС ОТЫНДЫ ДИЗЕЛЬДІ ЖАНУ ҮШІН СУТЕКТІ БАЙЫТУ АРҚЫЛЫ БИОГАЗДЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Аңдатпа. Мақалада дизельді қозғалтқышта жану үшін биогазды сутегімен байытудың өзекті мәселесі қарастырылған. Қазақстан үшін бұл мәселе соңғы 20 жылда туындады, өйткені дизельдік отынның құны жыл сайын өседі немесе егін жинау кезінде күзге қарай тапшылық болады. Жылыжай қозғалтқыштарында сутегінің тиімді жану мүмкіндіктері Ленинградты қоршау кезінде де белгілі болды. Бұл жерде дизельдік қозғалтқышта сутегіге бай биогаз мен дизельдік отынның жануы дизельдік қозғалтқыштың ПӘК-ін арттырып, оның қоршаған ортаға тигізетін әсерін азайтатынын атап өтеміз. Қолда бар басылымдар болғандықтан, зерттеуіміз пайдалы болады. Бұдан әрі зерттеу нәтижелері осы журналда жарияланатын болады.

Түйінді сөздер. Құрамында сутегі бар газ, көміртекті нанотүтіктер, катализатор, дизельдік қозғалтқыш.

Dias Umyshev, PhD, associate professor, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, umishev_d@mail.ru

Zhanar Aidymbayeva, PhD, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, diararu@mail.ru

Aliya Dostiyarova, candidate of technical sciences, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, adostiyarova@mail.ru

Bulbul Ongar, PhD, associate professor, Satbayev University, Академия логистики и транспорта, Almaty, Kazakhstan, ongar_bulbul@mail.ru

Bauyrzhan Biakhmetov, doctoral student, S.Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, Kazakhstan, bauyrzhanbiakhmetov@gmail.com

OPTIMIZATION OF BIOGAS VIA ENRICHMENT WITH HYDROGEN FOR COMBUSTION IN DUAL-FUEL DIESEL ENGINE

Annotation. The article deals with the topical issue of biogas enrichment with hydrogen for combustion in a diesel engine. For Kazakhstan, this problem has come in the last 20 years, as the cost of diesel fuel increases every year or its shortage by the autumn at harvest time. The possibilities of efficient combustion of hydrogen in greenhouse engines were known even during the siege of Leningrad. Here we note that the combustion of hydrogen-rich biogas and diesel fuel in a diesel engine increases the efficiency of a diesel engine and reduces its environmental impact. Since there are available publications, our research will be useful. The results of further research will be published in this Bulletin.

Keywords. Hydrogen-rich gas, carbon nanotubes, catalyst, diesel engine.

****

УДК 620.19 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-444-452**

Н.М. Арипова[1] , Е.В. Приходько[1], А.Е. Карманов[1], Б. Онгар[2,3], А.Т. Егзекова[3]
[1]Toraigyrov University, Павлодар, Казахстан
[2] Satbayev University, Алматы, Казахстан
[3] Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан
E-mail: ongar_bulbul@mail.ru

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА СТОЙКОСТЬ ФУТЕРОВОК РАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ

Аннотация. В статье производится анализ эксплуатационных факторов, оказывающих влияние на продолжительность рабочей кампании футеровок разливочных ковшей ферросплавного производства. Показано, что важнейшим фактором, определяющим стойкость футеровки, являются термические напряжения, возникающие в футеровке при переменных тепловых режимах. Кроме этого, в значительной степени на стойкость оказывает влияние воздействие агрессивных шлаков. При этом разрушающее воздействие шлаков ограничивается верхними рядами футеровки. Образование настыли на внутренней поверхности футеровки оказывает двоякое воздействие на стойкость. С одной стороны, настыль является защитным слоем, предотвращающим разрушение. С другой стороны, настыль не только снижает технико-экономические показатели работы ковша, но и её удаление при промежуточных ремонтах приводит к частичному разрушению футеровки.

Ключевые слова. Стойкость футеровки, разливочные ковши, эксплуатационные факторы, термические напряжения, шамотный кирпич.

Введение.

Огнеупоры – вид промышленной функциональной продукции, способной противостоять воздействию высоких температур и выдерживать механические, термические, химические, статистические, динамические и другие нагружения. Огнеупоры обладают физическим ресурсом, который определяется физико-химическим решением – правильным выбором химического и фазового состава, пространственным распределением их в объеме материала, что реализуется через научно-обоснованные параметры технологических операций. Физический ресурс футеровки зависит от физико-технических свойств огнеупоров, дифференцированного подбора огнеупоров по элементам кладки футеровки с учетом физико-химических, температурных, термомеханических и др. воздействия. Технический результат стойкости огнеупорной конструкции основывается на опыте промышленной безаварийной эксплуатации футеровки, соблюдение металлургических, регламентное выполнение организационно-технических мероприятий, позволяют добиться более высокого результата, за счет эксплуатации огнеупорных изделий в кладке до остаточного размера 40-50 % или менее от начального, при нормативном соблюдении механической устойчивости [1].

Металлургия занимает особую роль в промышленности Казахстана. В частности, её представляют ферросплавные заводы в Аксу и Актюбинске. Они работают на хромитах Хромтау, выпуская феррохром и привозных с Урала кварцитах, выпуская ферросилиций. Заводы построены в городах с наличием крупных тепловых электростанций ведь для производства ферросплавов необходимо много энергии.

Согласно статистическим данным за последние три года вышеуказанными предприятиями черной металлургии страны выплавлено 9320000 млн. тонн ферросплавов рисунок 1 [2].

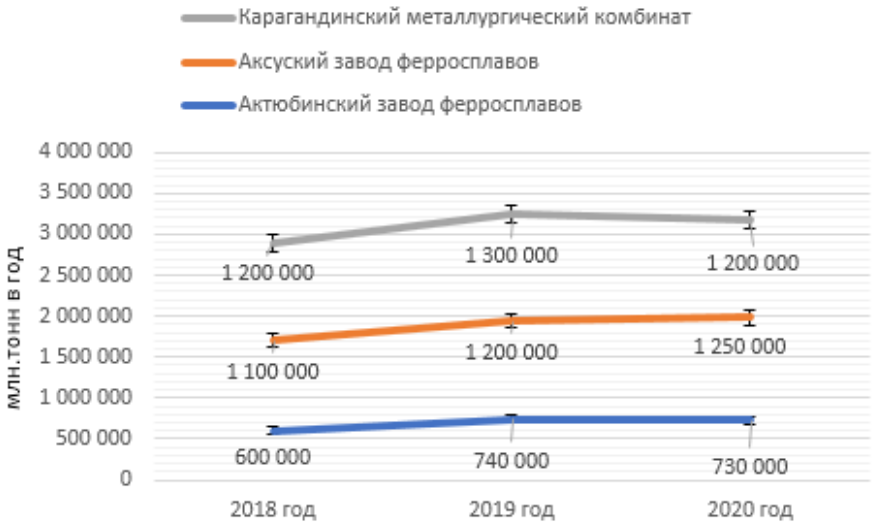


Рисунок 1 – Статистика по выплавке ферросплавов за 2018-2020 гг.

Стремление к увеличение сроков эксплуатации футеровок, особенно до рекордных, за счет увеличения объемов ремонтно-восстановительных работ не всегда оправдано и должно подвергаться критическому анализу, т.к. влечет излишние затраты на ремонтные материалы, увеличивает технологические простои, идет в ущерб качеству целевой продукции и объемов ее выпуска.

В связи с усилением роли экономических факторов в промышленном производстве особое внимание должно уделяться решению научно-технических проблем, обеспечивающих радикальное снижение энергетических, тепловых потерь и эффективное использование материальных, сырьевых и др. ресурсов.

Первоначальным этапом рационализации тепловой работы футеровки высокотемпературных агрегатов является анализ причин её разрушения. Несмотря на большое количество видов агрегатов, и применяемых технологий, выделяют основные причины разрушения футеровки.

Материалы и методы.

Шамотный кирпич является более дешевым материалом и физико-химическим свойствам вполне может устоять более дорогим огнеупорам. Сегодня изготавливать шамотный кирпич предлагают из подручных материалов для предприятий. Так специалисты [3] предлагают изготовление шамотных огнеупорных кирпичей низкой и высокой прочности из бурой летучей золы, а специалисты Актюбинском завода ферросплавов запустили пилотную программу по утилизации отходов. Пыль, попавшая в газоулавливающие установки, вовремя плавки ферросплавов, использовать в качестве добавки для изготовления шамотных кирпичей.

Проводя анализ стойкости футеровки разливочных ковшей ферросплавного производства на основании заводских данных, можно сказать, что стойкость футеровки ковшей, изготовленных из обычных шамотных кирпичей, 10-12 плавок (наливов). Футеровка изнашивается неравномерно, наибольший износ наблюдается в том месте, куда падает струя металла и в районе шлакового пояса. В тех случаях, когда металл в

ковше подвергается различным методам обработки, включая методы, связанные с энергичным перемешиванием металла, стойкость шамотовой футеровки резко снижается; в этих случаях футеровка ковша делается из высокоогнеупорных материалов.

Для футеровки разливочных ковшей используются шамотные уплотненные (открытая пористость 18 и 19 %) и плотные (открытая пористость до 16 %) изделия марки КШУ-32, КШУ-37, КШУ-39, КШП-37 и КШП-39. Цифра в обозначении марки соответствует минимальному процентному содержанию в огнеупоре окиси алюминия. На футеровку 40 тонн разливочного ковша уходит примерно 1,2 тонн шамотного кирпича.

Основные показатели шамотных изделий, регламентируемые ГОСТ 5341-2016, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные показатели шамотных изделий

Характеристика	Ед. измерения	Значение
Плотность	кг/м^3	1700…1900
Прочность	Марка	75…250
Показатель огнестойкости	Температурный предел	1100…1800
Теплоёмкость	кДж/кг·С	1,04
Теплопроводность	Вт/м·С	0,6
Морозостойкость	Циклов, марка	15…50
Коэффициент линейного расширения	10^{-6} 1/°С	5,3

Литературный обзор показывает, что снижение срока службы футеровок высокотемпературных агрегатов происходит в результате воздействия следующих факторов.

Во-первых, высоких температур и значительных перепадов температур при эксплуатации футеровки. Высокие температуры приводят к возможности расплавления огнеупорного материала и растворения его в расплаве. Значительные перепады температур возникают в основном при несоблюдении разработанных температурных режимов нагрева и охлаждения агрегата. Резкий перепад температур приводит к возникновению значительных температурных напряжений, способствующим разрушению футеровки, что вполне естественно приводит к снижению срока службы и большим затратам [4-6].

Во время выпуска плавки, температура иногда может достигать высоких значений (более 1750 ºС). Температура рабочего слоя футеровки ковша перед выпуском металла, как правило, находится в диапазоне от 800 до 1200 ºС. Разница температур наливаемого металла и подогретой до 800 ºС футеровки разливочного ковша может составлять 700…900 ºС. Нередко охлаждение ковша ускоряют обдувкой воздухом и даже поливом водой, что создает весьма жесткие условия службы огнеупоров. Всё это вызывает напряжение в рабочем слое футеровки, которое может привести к образованию трещин.

При этом литературные источники отмечают, что эксплуатировать агрегаты, футерованные шамотными огнеупорами, можно только при постоянно поддерживаемых высоких температурах [7]. Таким образом переменные температурные режимы при использовании шамотных огнеупоров ШКУ отрицательно влияют на продолжительность рабочей кампании агрегатов и термоподготовке футеровки перед сливом расплава и в межплавочный период необходимо уделить особое внимание.

Во-вторых, химического взаимодействия с агрессивными средами технологического материала, который разъедает огнеупорный материал [8, 9].

Изменение в сортаменте выплавляемого металла, технологии плавки, внепечной обработки и разливки металла зачастую определяют необходимость повышения температуры металла на сливе. С ростом температуры повышается жидкоподвижность шлака, ускоряются процессы окисления углерода огнеупора, взаимодействия компонентов шлака с оксидной составляющей огнеупора, и стойкость футеровки уменьшается.

Таким образом, воздействие агрессивного шлака оказывает влияние лишь локально (как правило, на 4-5 рядов огнеупорных материалов).

Сильные напряжения возникают во время удаления изношенного рабочего слоя футеровки механическим оборудованием (рисунок 2). В ходе этой операции, осуществляемой в горячих условиях, имеет место первый тепловой удар, а затем механическое воздействие на арматурный слой футеровки.

Рисунок 2 – Процесс удаления настыли

Результаты.

Для оценки температурных полей футеровки разливочного ковша было проведено тепловизионное обследование. На рисунке 3 показана термограмма поверхности ковша после слива расплава. Высокие температуры наружной поверхности соответствуют зоне выпуска металла и зоне падения струи при сливе расплава в ковш (рисунок 3). Температурное поле нижней части ковша равномерное и имеет наименьшую температуру по внешней поверхности. Температурные поля на уровне середины высоты ковша равномерны и имеют максимальные значения температуры.

Рисунок 3 – Общий вид температурных полей поверхности разливочного ковша

На рисунке 4 можно видеть «пятно» высоких температур в области падения струи при сливе расплава в ковш.

Рисунок 4 – Температурное поле поверхности ковша с зоной высоких температур падения струи при сливе расплава в ковш

Термограмма, приведённая на рисунке 5 показывает неравномерность температурного поля внутренней поверхности футеровки в процессе остывания ковша. Неравномерность температурного поля объясняется различной толщиной футеровки по её высоте. В местах разрушения кладки и меньшей толщины футеровки температура ниже – футеровка остывает быстрее, чем в местах с большей толщиной футеровки.

Рисунок 5 – Температурное поле внутренней поверхности футеровки в процессе остывания ковша

Напряжения, соответствующие данным неравномерных температурным полям, часто превышают допускаемые, что говорит о возможности возникновения и развития трещин и сколов в футеровке. Это является в большинстве случаев фактором, определяющим ресурс футеровки и разливочного ковша в целом.

Высокие температурные режимы имеют еще один аспект на разрушение футеровки: высокая температура приводит к возможности расплавления огнеупорного материала и растворения его в расплаве.

Результатом воздействия шлаков на футеровку является как снижение толщины футеровки (за счёт растворения огнеупоров в расплаве), так и изменение свойств огнеупорного материала в зоне контакта с расплавом. Свойства огнеупоров изменяются вследствие его пропитки расплавом, а также из-за химических изменений при воздействии высоких температур.

Снижение толщины футеровки вследствие только растворения огнеупора оценить достаточно сложно, так как этот процесс всегда сопровождается снижением толщины огнеупора вследствие его разрушения при воздействии температурных напряжений. В рассматриваемом нами случае, толщина рабочего слоя футеровки составляет 80 мм, критической толщиной считается 50 мм, что составляет 62,5 % первоначальной. Проведённые измерения показывают, что в разливочном ковше, стойкость которого составила 8 плавок при первоначальной толщине рабочего слоя в 80 мм, он был выведен в ремонт при минимальной толщине рабочего слоя 53 мм.

При анализе состояния огнеупоров из рабочего слой средней по высоте части ковша, можно сделать следующие выводы. Изменённая зона огнеупора определяется визуально за счёт изменения цвета, при этом средняя толщина пропитки огнеупоров составляет 20-30 мм (рисунок 6). Пропитки огнеупора расплавом по глубине не наблюдается, лишь на поверхности имеются частицы сплава. Структура пропитанной части плотная и прочная.

а) б)

Рисунок 6 – Изменённая зона огнеупоров рабочего слоя

На стойкость футеровки в значительной мере влияет пребывание расплава в ковше при высоких температурах и в условиях интенсивного его перемешивания в ковше. Межплавочные простои приводят к глубокому выгоранию углерода из огнеупора при высокой температуре футеровки. При этом остывание футеровки может привести образованию трещин и сколов на её рабочей поверхности. Время воздействия рассматриваемых выше факторов определяется, в основном, продолжительностью пребывания металла в ковше, которое составляет от 150 до 300 минут.

Объяснением отсутствия пропитки огнеупоров расплавом по его глубине является образование на внутренней поверхности футеровки настыли. Образовавшаяся настыль предотвращает дальнейший контакт расплава с огнеупорами футеровки. Толщина образующейся настыли может доходить до 90 мм (рисунок 7).

Рисунок 7 – Настыль на внутренней поверхности футеровки

Образование настыли на поверхности футеровки в ряде моментов положительно сказывается на стойкости футеровки. Так, слой настыли снижает как температурное, так и химическое воздействие на футеровку расплава. Кроме того, охлаждение футеровки вовремя межплавочного простоя идёт медленнее. Но, образование настыли – негативное явление, вызванное нарушением технологического режима, и удаление настыли с поверхности огнеупоров при промежуточных ремонтах в значительной степени отрицательно влияет на стойкость кладки в целом.

Кроме этого, образование настыли снижает объём ковша и, следовательно, его производительность. Специалистами Аксуского завода ферросплавов было проведено исследование по определение зависимости количества кристаллизуемого на стенки ковша козлового металла от длительности нахождения расплава в ковше (рисунок 8).

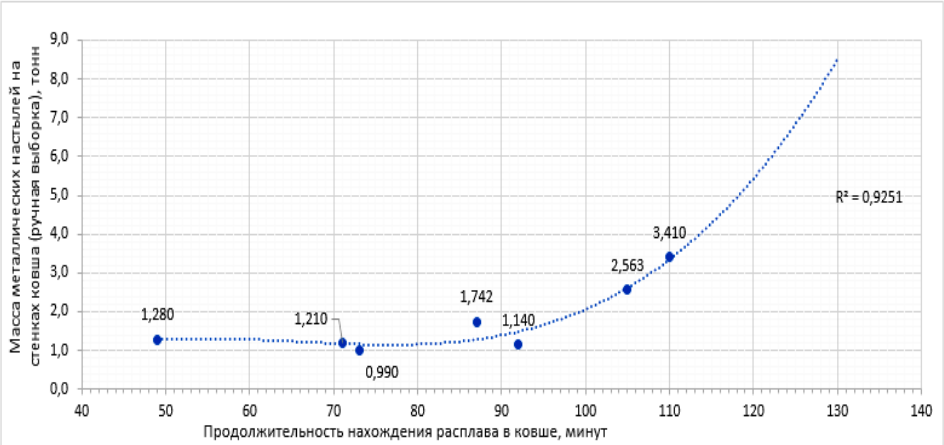


Рисунок 8 – Зависимость образования металлических настыли в ковше от продолжительности нахождения расплава в ковше

Как видно на графике зависимость кристаллизации козлового металла на стенки ковша имеет нелинейный характер, и начинает проявляться при выдержке расплава в ковше более 80 минут. Также, видно, что процесс кристаллизации заметно ускоряется при выдержке расплава в ковше более 100 минут, однако какова скорость кристаллизации настыли в ковше при выдержке расплава в ковше свыше 120 минут без проведения экспериментов достоверно сказать нельзя.

Обсуждение.

Эксперимент показал, что скорость образования настыли на стенках ковша зависит от многих факторов: характера выпуска, количества шлака, продолжительности простоя ковша и других параметров, не фиксировавшихся во время эксперимента. Также, в ходе эксперимента выявлена большая вариативность образования настыли: так, экспериментальный выпуск №1, исключенный из графика, показал максимальную скорость образования 40 кг/мин при выдержке расплава в ковше равной 68 минутам. Скорее всего, это обусловлено затяжным выпуском (36 минут). Минимальная же скорость образования настылей была показана на выпуске №5, и составила 12 кг/мин.

Заключение.

Снижение удельных затрат на огнеупоры на тонну стали и сегодня, и в перспективе останется важнейшей задачей, стоящей перед металлургическим производством. Анализ влияния факторов эксплуатации разливочных ковшей ферросплавного производства на стойкость футеровки показал, что в большей степени стойкость определяется температурными режимами футеровки. Отсутствие системы

подогрева ковшей перед сливом расплава, интенсивное охлаждение футеровки (в ряде случаев с применением воды) определяют стойкость футеровки на уровне 10 наливов.

Проблема шлакового разъедания футеровки в меньшей степени актуальна. Это обосновывается, во-первых, значительными температурными напряжениями, в большей степени определяющими стойкость футеровки. Во-вторых, образование настыли способствует снижению площади контакта шлака с футеровкой.

Оптимизация шлакового режима металлургических агрегатов комплексная задача. Однако ожидать стабильного эффекта от оптимизации состава шлака можно, только если за счет дизайна конструкции снизить остроту проблемы «горячих зон» по периметру футеровки. Иначе шлак повлияет на стойкость наименее напряженных зон, в которых износ контролируется только химическим взаимодействием шлака и огнеупора. В зонах, где износ интенсифицируется механически или термически, влияние шлака будет меньше. Стойкость конструкции в целом определяется именно «горячими зонами».

ЛИТЕРАТУРА

[1] Суворов С.А. Огнеупоры для металлургической промышленности // Известия СПбГТИ (ТУ). 2007. №2. С. 3-8.

[2] Отчет KASE для АО ТНК «Казхром» за 2018-2020 г

[3] N.K. Debnath, S.Boga, A.Singh, M.R.Majhi, V.K.Singhhttps: //doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.01.076

[4] Andreev K.; Luchini B.; Rodrigues M.J.; Alves J. L. Role of fatigue in damage development of refractories under thermal shock loads of different intensity. *Ceram. INT.* 2020, *46*, 20707– 20716, DOI: 10.1016/J.CERAMINT.2020.04.235

[5] E. V. Prikhod'ko, Analysis of methods for heating the lining of high-temperature units. refractories and industrial ceramics. vol. 62, no. 4, November, 2021. P. 463-466 DOI 10.1007/S11148-021-00625-1

[6] S.M. Fomenko, A. Akishev, S. Tolendiuly. Thermal flows influence on the change of temperature stresses in surface and inner layers of refractories. Materials Today: Proceedings, Volume 33, Part 4, 2020, Pages 1853-1858, https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.198.

[7] В.Г.Герасименко. Особенности введения в эксплуатацию футеровки сталеразливочных ковшей. Металл и литье Украины. 2018. № 5-6. С.46-47

[8] L. Scheunis, A. Fallah-Mehrjardi, M. Campforts, P.T. Jones, B. Blanpain, A. Malfliet, E. Jak. The effect of a temperature gradient on the phase formation inside a magnesia–chromite refractory in contact with a non-ferrous pbo–sio2–mgo slag. journal of the european ceramic society, Volume 35, Issue 10, 2015, PAGES 2933-2942,

[9] Yuxiang Dai, Jing Li, Wei Yan, Chengbin Shi. Corrosion mechanism and protection of BOF refractory for high silicon hot metal steelmaking process. Journal of Materials Research and Technology, Volume 9, Issue 3, 2020, Pages 4292-4308, https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.02.055.

Назгуль Арипова, докторант, Toraigyrov University, Павлодар, Қазақстан, nazgul_2010@mail.ru

Евгений Приходько, т.ғ.к., профессор, Toraigyrov University, Павлодар, Қазақстан, John1380@ mail.ru

Амангелді Карманов, PhD, Toraigyrov University, Павлодар, Қазақстан, Aman270685@mail.ru

Бұлбұл Онғар, PhD, қауымдастырылған профессор, Satbayev University, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, ongar_bulbul@mail.ru

Анар Егзекова, т.ғ.к., профессор ассистенті, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, granata81@mail.ru

ШӨМІШ ТӨСЕМДЕРІНІҢ ҚЫЗМЕТ ЕТУ МЕРЗІМІНЕ ОПЕРАЦИЯЛЫҚ ФАКТОРЛАРДЫҢ ӘСЕРІН ТАЛДАУ

Аңдатпа. Мақалада ферроқорытпа өндірісінің құю шөміштерінің қаптауының жұмыс науқанының ұзақтығына әсер ететін пайдалану факторлары талданады. Қаптаманың беріктігін анықтайтын ең маңызды фактор ретінде ауыспалы жылу жағдайында төсемде пайда болатын термиялық кернеулер екендігі көрсетілген. Сонымен қатар, агрессивті шлактардың әсері төзімділікке айтарлықтай әсер етеді. Бұл жағдайда шлактардың деструктивті әсері қаптаманың жоғарғы қатарларымен шектеледі. Қаптаманың ішкі бетінде жиналудың қалыптасуы төзімділікке екі есе әсер етеді. Бір жағынан, жинақтау жойылуға жол бермейтін қорғаныс қабаты болып табылады. Екінші жағынан, жиналу шөміштің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін төмендетіп қана қоймайды, бірақ аралық жөндеу кезінде оны алып тастау футеровканың ішінара бұзылуына әкеледі.

Түйінді сөздер. Қаптау беріктігі, құю шөміштері, пайдалану факторлары, термиялық кернеулер, шамот кірпіштері.

Nazgul Aripova, doctoral student, Toraigyrov University, Pavlodar, Kazakhstan, nazgul_2010@mail.ru

Evgeny Prikhodko, candidate of technical sciences, professor, Toraigyrov University, Pavlodar, Kazakhstan, John1380@ mail.ru

Amangeldy Karmanov, PhD, Toraigyrov University, Pavlodar, Kazakhstan, Aman270685@mail.ru

Bulbul Ongar, Satbayev University, PhD, associate professor, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, ongar_bulbul@mail.ru

Anar Yegzekova, candidate of technical sciences, assistant professor, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, granata81@mail.ru

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF OPERATIONAL FACTORS ON THE LIFE OF LADLE LININGS

Annotation. The article analyzes the operational factors that affect the duration of the working campaign of the lining of casting ladles of the ferroalloy production. It is shown that the most important factor determining the durability of the lining is the thermal stresses that occur in the lining under variable thermal conditions. In addition, the impact of aggressive slags significantly affects the durability. In this case, the destructive effect of slags is limited to the upper rows of the lining. The formation of build-up on the inner surface of the lining has a twofold effect on durability. On the one hand, the buildup is a protective layer that prevents destruction. On the other hand, build-up not only reduces the technical and economic performance of the ladle, but its removal during intermediate repairs leads to partial destruction of the lining.

Keywords. Lining durability, pouring ladles, operational factors, thermal stresses, fireclay bricks.

****

ӘОЖ 62-83: 681.3 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-453-462**

Э.Б. Даркенбаева[1]✉, Г.К. Балбаев[2]
[1]Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан
[2]Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан
E-mail: e.darkenbaeva@aues.kz

АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ ТІКЕЛЕЙ ҚОСЫЛУЫН МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ОНЫҢ ӨТПЕЛІ ПРОЦЕССІНЕ ТАЛДАУ ЖҮРГІЗУ

Аңдатпа. Бұл мақалада асинхронды қозғалтқыштың математикалық модельдеудің нәтижелері және оның динамикалық процестері келтірілген, сонымен қатар Simulink бағдарламасын қолданып, имитациялық динамикалық процестерді модельдеу қарастырылған. Асинхронды электр жетегінің жүйесінде жылдамдықты басқарудың тиімділігі қозғалтқыштың жұмыс режимдерінің тұрақтылығының кіші диапазонымен шектеледі, оның функционалдығын техникалық талаптарға байланысты әртүрлі кері байланыстарын пайдаланып атап айтқанда жылдамдық, кернеу және статор тогын қолдана отырып кеңейтуге болады. Мақалада келтірілген математикалық және имитациялық модельдер өтпелі процестерді зерттеуге мүмкіндік береді, соның негізінде жүктеменің динамикалық көрсеткіштер әсеріне талдау жүргізіледі. Алынған статистикалық және динамикалық сипаттамалардың нәтижелері жүргізілген есептеулердің дұрыстығын, электр жетегі жүйесінің дұрыс анықталған параметрлерін және асинхронды қозғалтқыштың статор жылдамдығының, моментінің және тогының өтпелі процестерін ескере отырып, оны одан әрі оңтайландырудың функционалды мүмкіндігін растайды.

Түйінді сөздер. Асинхронды электр қозғалтқышы, математикалық модель, динамикалық процесс, оңтайландыру, басқару тізбегі, ток, момент, қуат, модельдеу моделі, координаттар жүйесі, тұрақты динамикалық байланыс, іске қосу.

Өзектілік.

Асинхронды электр қозғалтқышын математикалық модельдеу мәселесі әдіснамалық тұрғыдан да, шешімдерді модельдеудің шығармашылық процедураларын тиімді ақпараттық қамтамасыз етуді дамыту тұрғысынан да ең күрделі және аз зерттелген мәселелердің бірі болып қала береді. Сондықтан математикалық модельдеудің негізін құрайтын құрылымдық синтез мәселелерін шешудің жаңа тәсілдерін іздеу және дамыту қазіргі заманғы ең өзекті бағыттардың бірі ретінде қарастырылуы керек .

Кіріспе.

Асинхронды қозғалтқыш жалпыланған машинаның моделі негізінде теңдеулермен сипатталған, ол өз кезегінде келесі жалпы қабылданған болжамдармен нақты машинаның жеңілдетілген моделі болып табылады, атап айтқанда, машина ауа саңылауы бойымен магнит қозғаушы күш пен магнит ағынының синусоидальды таралуын қамтамасыз ететін идеалды орамалары бар симметриялы; магниттік тізбектің қанықтылығының әсері ескерілмейді, бұл индуктивтіліктің тұрақты мәндерін қабылдауға мүмкіндік береді; статор болатындағы энергия шығыны ескерілмейді; нөлдік тізбектегі токтар және кернеулер жоқ деп болжанады.

Заманауи техникалық шешімдерді қолдана отырып, асинхронды электр қозғалтқышының іске қосу режимдерін зерттеу және талдау.

Материалдар мен тәсілдер.

Жұмыста асинхронды қозғалтқышты және оның динамикалық процестерін математикалық модельдеу әдістерін, сонымен қатар Simulink бағдарламалық ортасын қолдана отырып, модельдеу, физиканың негізгі заңдылықтарын қолдана отырып математикалық сипаттама және нәтижелерді талдау қолданылады.

Жалпыланған асинхронды машинада үш фазалы статор орамасы және ротордағы үш фазалы орам бар. Статор мен ротор орамалары симметриялы үш фазалы кернеу көздеріне қосылған. Мұндай машинаның математикалық сипаттамасы белгілі заңдарға негізделген [1,2,3.].

Векторлық басқару кезінде магнит ағыны келесі жағдайды ұстап тұрады:

- бірінші аймақта тұрақты $\psi_{2X} = \psi_{2XH} = const$;
- екінші аймақта осы теңдікке сәйкес әлсірейді $\psi_{2X} = \psi_{2XH} \cdot \frac{\omega}{\omega_H}$ [2].

Қозғалтқыштың табиғи механикалық мінездемесін есептейміз:

$$M(\omega) = \frac{3 \cdot U_{1H}^2 \cdot R'_2}{\omega_0 \cdot \frac{\omega - \omega_0}{\omega_0} \cdot [(R_1 + \frac{R'_2}{\frac{\omega - \omega_0}{\omega_0}})^2 + x_{кн}^2]}. \quad (1.1)$$

Келесі жағдайда табиғи электромеханикалық мінездемесін есептейміз:

$$I_1(\omega) = \sqrt{I_0^2 + I'_2(\omega)^2 + 2 \cdot I_0 \cdot I'_2(\omega) \cdot \sin\varphi_2(\omega)}, \quad (1.2)$$

мұнда $I'_2(\omega)$ - сырғанауға қатысты ротор тогының келтірілген мәні

$$I'_2 = \frac{U_{1H}}{\sqrt{(R_1 + \frac{R'_2}{\frac{\omega - \omega_0}{\omega_0}})^2 + (x_{1H} + x'_{2H})}}; \quad (1.3)$$

$$\sin\varphi_2(\omega) = \frac{X_{KH}}{\sqrt{(R_1 + \frac{R'_2}{\frac{\omega - \omega_0}{\omega_0}})^2 + X_{KH}^2}}. \quad (1.4)$$

Жоғарыда келтірілген өрнек бойынша 1 – суреттегі және 2- суреттегі табиғи механикалық және электромеханикалық мінездемелер келтірілген.

2 кесте - $M_{қоз.max}$ (ω) есептелудің қортындысы

ω, рад/с	0	$\Omega_{қоз.н}$=154	$\Omega_{ЭЖ.РЕК}$=287	$\Omega_{ЭЖ.МАКС}$=419
$M_{қоз.макс}$, Н	3258	3023	1630	1117

3 кесте – $I_{қоз.қос.}$ (ω) есептелудің тәуелділігі

ω, рад/с	0	$\omega_{ДВН}=154$	$\omega_{ЭП.РЕК}=287$	$\omega_{ЭП.МАКС}=419$
$I_{ҚОЗ.ҚОС}$(ω),А	305	305	305	305

4 кесте - $M_{қоз.max}$ (ω) есептеу қортындысы

ω, рад/с	0	$\Omega_{қоз.н}$=154	$\Omega_{ЭЖ.РЕК}$=287	$\Omega_{ЭЖ.МАКС}$=419
$M_{қоз.қос.макс}$,Н·м	180	1163	627	429

$I_{с.макс}$(ω), $I_{с.ор}$(ω), $I_{с.мин}$(ω) 1-суретте және 2-суетте есептеліп және тәуелділігі тұрғызылды, жүктемеге қатысты $M_C(\omega)=\text{const}$. Осыған қатысты қажетті M_C анықталады, салыстырмалы *s* теңдікке қатысты есептеледі [2,5]:

$$\frac{3\cdot U_{1ФН}^2\cdot R_2^{'}}{\omega_0\cdot s\cdot\left[(X_{КН})^2+(R_1+\frac{R_2^{'}}{s})^2+(\frac{R_1\cdot R_2^{'}}{s\cdot X_\mu})^2\right]}=M_C\,. \qquad (1.5)$$

5 кесте – $I_{с.макс}$(ω) есептеудің қортындысы

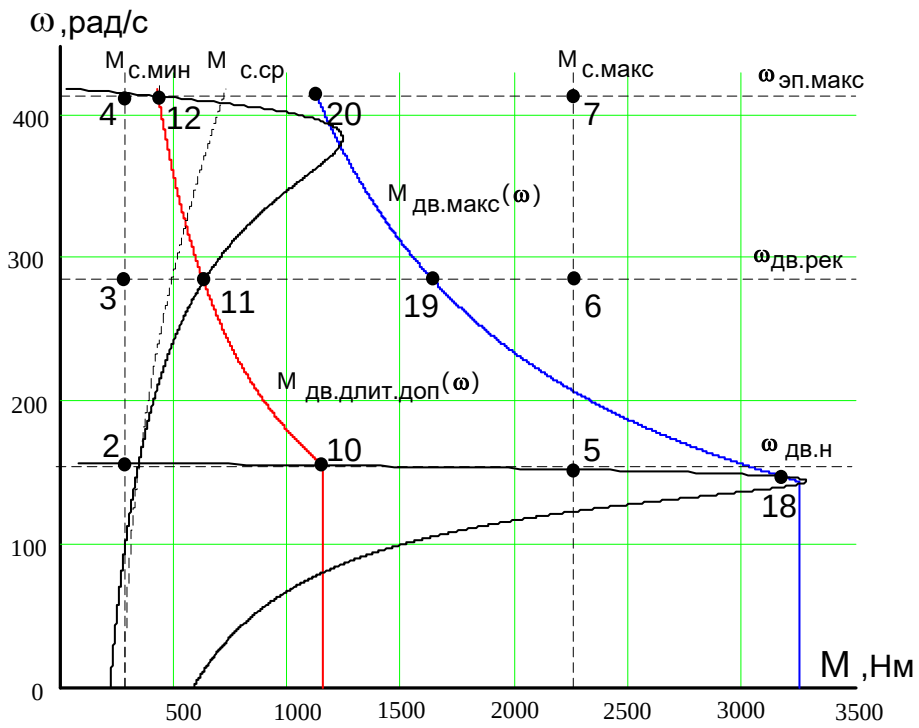
ω, рад/с	$\Omega_{қоз.н}$=154	$\Omega_{ЭЖ.РЕК}$=287	$\Omega_{ЭЖ.МАКС}$=419
$I_{с.макс}$(ω), А	582	1081	1580

6 кесте – $I_{с.қос}$(ω) есептеу қортындысы

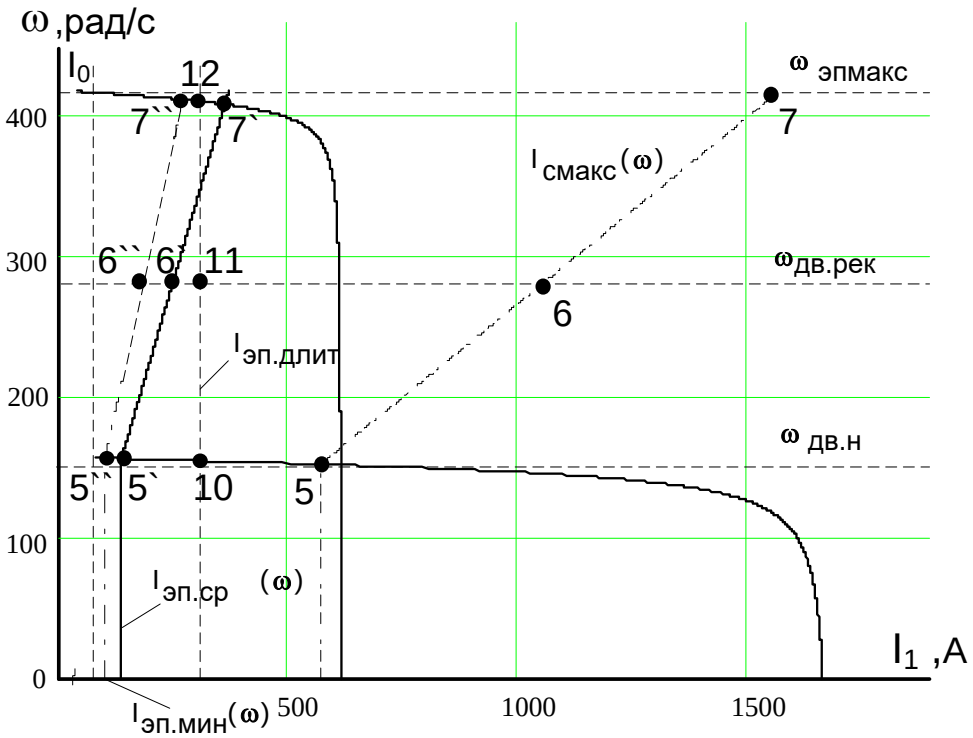
ω, рад/с	$\Omega_{қоз.н}$=154	$\Omega_{ЭЖ.РЕК}$=287	$\Omega_{ЭЖ.МАКС}$=419
$I_{с.ор}$(ω), А	103	256	373

7 кесте – $I_{с.мин}$(ω) есептеу қортындысы

ω, рад/с	$\omega_{ДВН}=154$	$\omega_{ЭП.РЕК}=287$	$\omega_{ЭП.МАКС}=419$
$I_{СМИН}(\omega)$, А	139	190	277

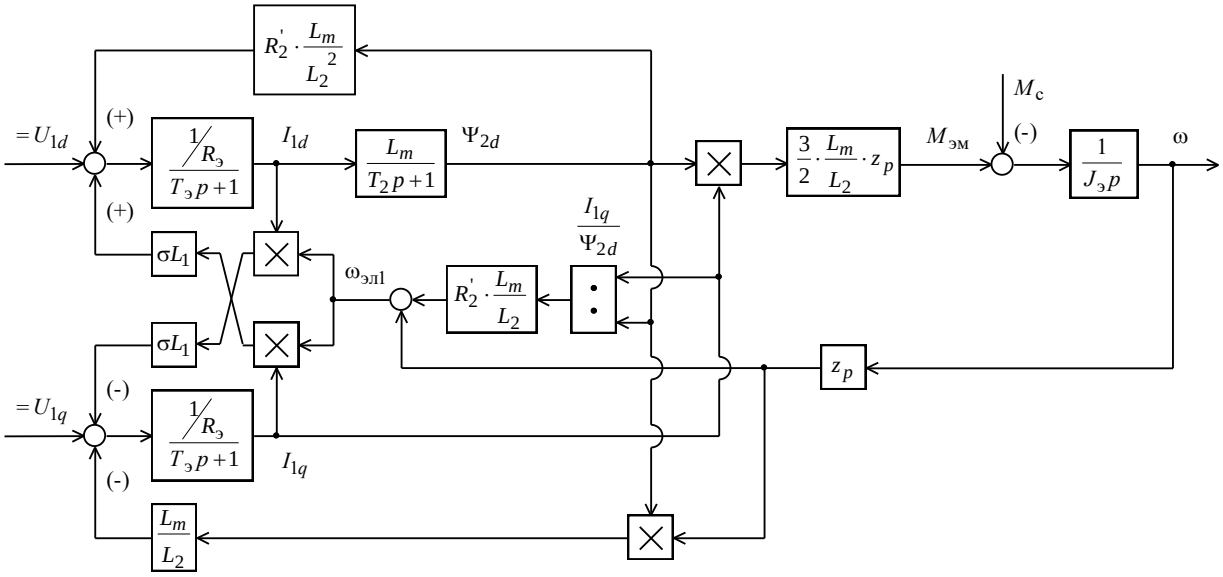


1 сурет - Векторлы басқару кезіндегі электржетектің механикалық мінездемесі және жүктемесі



2 сурет - Векторлы басқару кезіндегі электржетектің механикалық мінездемесі және жүктемесі

Асинхронды қозғалтқыштың динамикалық моделі 1-суретте көрсетілген айналмалы координаттар жүйесіндегі құрылымдық сұлбаларға сәйкес жасалады. Қозғалтқыштың тікелей іске қосылуын модельдеу электр жетегінің жүйесін реттеу және модельдеу тізбегін оңтайландыру үшін одан әрі пайдалану үшін электр қозғалтқышының параметрлерін есептеудің дұрыстығын дәлелдеу қажеттілігімен байланысты. Асинхронды қозғалтқышты модельдеу айнымалы токтардың, моменттердің, қуаттардың абсолютті мәндеріне сәйкес жүзеге асырылады [5,6].



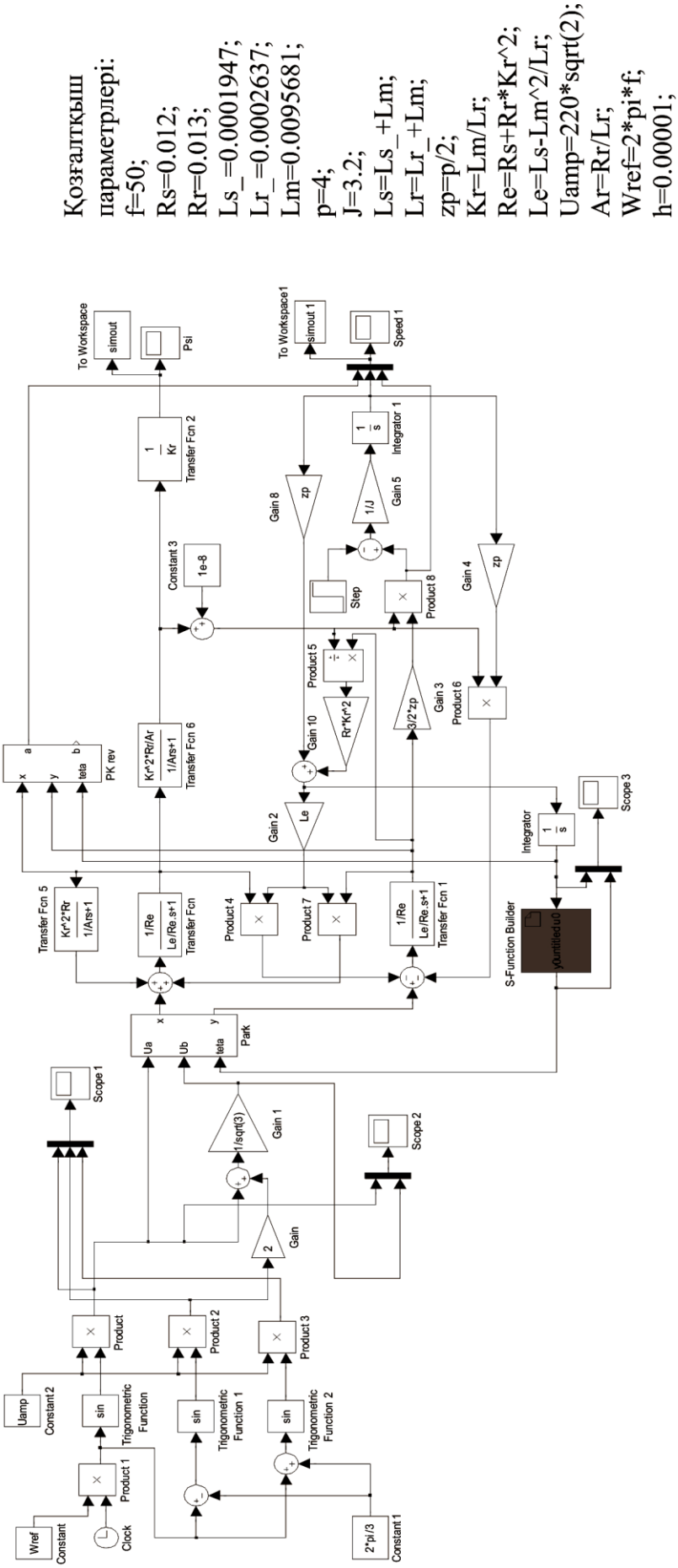
3 сурет – Айналмалы координаттар жүйесіндегі қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың динамикалық моделінің құрылымдық сұлбасы

Асинхронды қозғалтқыштағы динамикалық процестерді модельдеу Simulink бағдарламалық ортасындағы құрылымдық сұлбаға сәйкес жасалады.

Статор орамасының бұрыштық кернеу жиілігінің номиналды мәні:

$$\omega_б = 2 \cdot \pi \cdot f_{1н} = 314{,}159 \text{ рад/с.} \quad (1.6)$$

Айналмалы координаттар жүйесіндегі құрылымдық схемаға сәйкес құрастырылған қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқыштың Имитациялық модельдерінің толық схемасы 2-суретте көрсетілген.

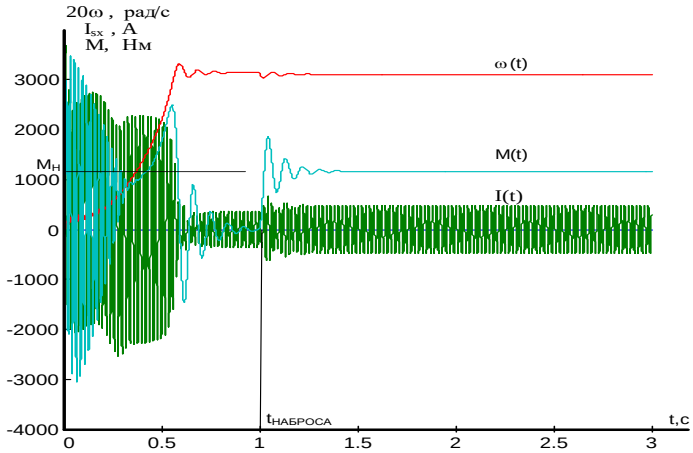


4 сурет – Айналмалы координаттар жүйесіндегі қысқа тұйықталған роторы бар индукциялық қозғалтқыштың имитациялық моделінің сұлбасы

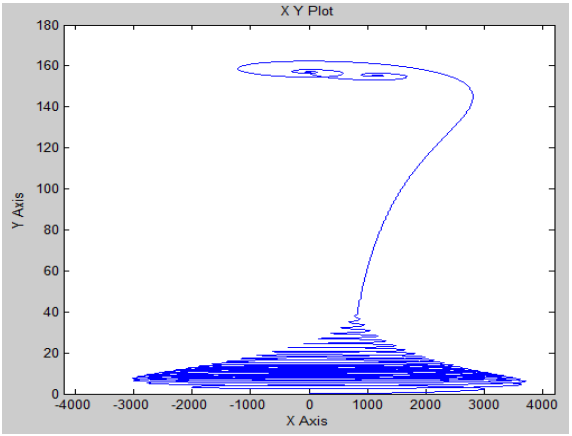
Нәтижелер.

Асинхронды қозғалтқыштың динамикалық механикалық сипаттамасын тек өтпелі есептеулердің нәтижелері бойынша алуға болатындықтан, алдымен қозғалтқышты желіге тікелей қосу арқылы іске қосқан кезде статор жылдамдығының, моментінің және тогының өтпелі кестелерін (сәйкесінше 5 және 6-суреттер) береміз.

Тікелей іске қосу кезінде асинхронды қозғалтқыштың динамикасын зерттеу үшін біз қозғалтқышты іске қосамыз, содан кейін t=1с уақыт кезінде номиналды жүктеме түсіреміз $M_{\text{н(паспорт)}} = 1163\ \text{Н}\cdot\text{м}$.



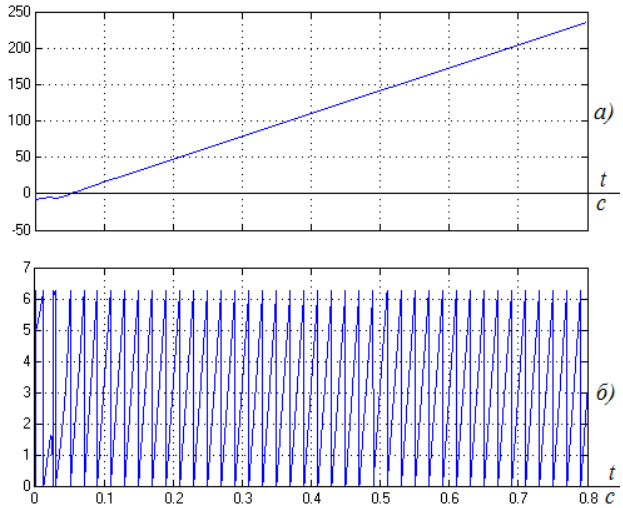
5 сурет - Қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқышты желіге тікелей қосу және жүктеменің кейінгі нобайы кезінде статор жылдамдығының, моментінің және тогының өтпелі процестері



6 сурет – Асинхронды қозғалтқыштың динамикалық механикалық сипаттамасы желіге тікелей қосылу және жүктеменің келесі түсуі

S-untitled блогының функциясы (бұрыштық интеграцияны деңгейде шектеу) – 5-сурет моделіндегі сұр блогы.

```
static float in1;
in1=u0[0];
while (in1>=6.28) in1=in1-6.28;
while (in1<0) in1=in1+6.28;
y0[0]=in1;
```



7 сурет - Бұрыштың өтпелі процестері θ:
а) интеграцияны шектеуге дейін;
б 2π деңгейде интеграцияны шектегеннен кейін

Талқылау.

Асинхронды қозғалтқышты тікелей іске қосу кезіндегі өтпелі процестердің түрі электромагниттік момент қисығында тербелмелі компоненттің болуын көрсетеді, ол -3000-нан +3800 Н•м-ге дейін өзгереді және қозғалтқыш үдеген сайын өшеді. Өтпелі кезеңдер қозғалтқыштың тұрақты динамикалық байланыс екенін дәлелдейді. Статикалық және динамикалық сипаттамаларды есептеу нәтижелері бойынша асинхронды қозғалтқышты ауыстыру сұлбасының параметрлері дұрыс таңдалған [6].

Қорытынды.

Асинхронды электр жетектерін зерттеу кезінде көп жағдайда айналмалы координаттар жүйесі қолданылады.

Модельдеу моделінің сұлбасы асинхронды қозғалтқыштың динамикалық сипаттамаларын зерттеуді қарапайым түрде жүргізуге мүмкіндік береді. Динамикалық сипаттама асинхронды қозғалтқыштың ауыстыру тізбегінің параметрлерімен ғана емес, сонымен қатар электр жетегінің параметрлерімен, мысалы, эквивалентті инерция моментімен, қозғалтқыш білігіндегі қарсылық моментімен де анықталатыны анықталды. Сондықтан белгілі бір желі параметрлері мен алмастыру схемасы бар асинхронды қозғалтқыш бір статикалық және көптеген динамикалық механикалық сипаттамаларға ие.

Динамикалық сипаттамаларды талдаудан көрініп тұрғандай, 5-суретте қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқышты іске қосудың өтпелі процесі тек бастапқы ғана емес, сонымен қатар соңғы бөлімде де тербелмелі сипатқа ие болуы мүмкін, ал қозғалтқыштың жылдамдығы синхрондыдан асады. Іс жүзінде өтпелі процестің соңғы бөлігінде бұрыштық жылдамдық пен қозғалтқыш моментінің ауытқуы әрдайым байқалмайды. Асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамасының жұмыс бөлімі неғұрлым жұмсақ және электр жетегінің эквивалентті инерция моменті неғұрлым көп болса, орнатылған жылдамдыққа жеткенде тербелістердің амплитудасы соғұрлым аз болады және олар соғұрлым тез сөнеді.

Динамикалық механикалық сипаттамаларды зерттеу теориялық және практикалық мәнге ие, өйткені тек статикалық механикалық сипаттамаларды есепке алу дұрыс емес тұжырымдарға және асинхронды қозғалтқышты іске қосу кезінде динамикалық жүктемелердің сипатын бұрмалауға әкелуі мүмкін.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Сагитов П.И. Энергосбережение в электроприводе. Учебное пособие. – Алматы, 2003. – 84 с.

[2] Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. Учебник для студентов высшего учебного заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2006.- стр. 184 – 186.

[3] Тимошкин В.В., Глазырин А.С., Глазырина Т.А. Синтез и настройка нейронных сетей для задач электропривода, аппроксиматор на основе нейронной сети //Современная техника и технологии: Сборник трудов XVI Международной научно – практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых – Томск, 12 – 16 апреля 2010. – Томск: ТПУ, 2010. – стр. 480-482.

[4] Чернышев А.Ю., Чернышев И.А. Расчет характеристик электроприводов переменного тока, Часть 1 – Асинхронный двигатель, Томск, 2005 г. – 136 с. (33-37 с.) и (53-58с.).

[5] Удут Л.С., Мальцева О.П. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. – 448 с.

[6] Емельянов А.А., Бесклеткин В.В., Устинов А.П. Название статьи: Моделирование прямого пуска асинхронного двигателя с ШИМ в пакете SimPowerSystems. Журнал: Молодой ученый. — 2016. — № 17 (121). — С. 4-11. — URL.

Elmira Darkenbaeva, doctoral student, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, e.darkenbaeva@aues.kz

Gani Balbayev, PhD, associate professor, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, g.balbayev@alt.edu.kz

DIRECT START SIMULATION ASYNCHRONOUS MOTOR AND ANALYSIS ITS TRANSIENTS

Annotation. This article presents the results of mathematical modeling of an asynchronous motor and its dynamic processes, as well as modeling of simulation dynamic processes using the Simulink software environment. In the asynchronous electric drive system, the efficiency of speed control is limited by a small range of stability of the motor operating modes, the functionality of which can be expanded by using various types of feedback, depending on the technical requirements, in particular in terms of speed, voltage and stator current. The mathematical and simulation models presented in the article allow us to study the transients, on the basis of which the analysis of the impact of the load on the dynamic indicators is carried out. The results of the obtained statistical and dynamic characteristics confirm the adequacy of the calculations made the correctly defined parameters of the electric drive system and the functional possibility of its subsequent optimization, taking into account the transients of the speed, torque and current of the stator of the asynchronous motor.

Keywords. Asynchronous electric motor, mathematical model, dynamic process, optimization, control scheme, current, torque, power, simulation model, coordinate system, stable dynamic dependence, start.

Эльмира Даркенбаева, докторант, Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, Алматы, Казахстан, e.darkenbaeva@aues.kz

Гани Балбаев, PhD, ассоциированный профессор, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, g.balbayev@alt.edu.kz

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЯМОГО ПУСКА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ И АНАЛИЗ ЕГО ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация. В данной статье приводятся результаты математического моделирования асинхронного двигателя и его динамических процессов, а так же моделирование имитационных динамических процессов с применением программной среды Simulink. В системе асинхронного электропривода эффективность регулирования скорости ограничена малым диапазоном устойчивости режимов работы двигателя, расширить функциональные возможности которого можно используя в зависимости от технических требований различные виды обратных связей, в частности по скорости, напряжению и по току статора. Представленные в статье математические и имитационные модели позволяют исследовать переходные процессы, на основании которых проводится анализ влияния нагрузки на динамические показатели. Результаты полученных статистических и динамических характеристик подтверждают адекватность произведенных расчетов, верно определенных параметров системы электропривода и функциональной возможностью ее последующей оптимизации с учетом переходных процессов скорости, момента и тока статора асинхронного двигателя.

Ключевые слова. Асинхронный электродвигатель, математическая модель, динамический процесс, оптимизация, схема управления, ток, момент, мощность, имитационная модель, система координат, устойчивая динамическая зависимость, пуск.

****

UDC 004.89 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-463-471**

B.Omarov[1]✉, S.Narynov[2], Zh.Zhumanov[2]
[1]International University of Tourism and Hospitality, Turkistan, Kazakhstan
[2]Alem Research, Almaty, Kazakhstan
E-mail: batyahan@gmail.com

DEVELOPMENT OF CHATBOT-PSYCHOLOGIST: DATASET, ARCHITECTURE, DESIGN AND CHATBOT IN USE

Abstract. Virtual assistants are software applications that allow users to have conversations with the software in the same way as they would in real life. Creating functional conversational agents have been the most challenging aspect of working with AI ever since the field was first introduced. Virtual conversational agents' primary responsibility is to properly interpret natural communication and reply in an acceptable manner, in spite of the fact that they may do a range of activities. In the past, AI agents were created either via the use of handwritten rules and commands or by straightforward statistical approaches. End-to-end Automation has mostly supplanted these models because of its superior potential for learning new skills. The encoder-decoder deep learning approach is currently the method that has the greatest amount of interest for simulating conversations. The domain of linguistic understanding served as a source of motivation for the development of this concept. In this article, we present an overview of the findings from our study into the development of an immersive digital conversational agent that might potentially provide sufferers psychological aid. We used Rasa NLU approach, which is based on NLP practices, in order to construct and train the chatbot. The findings of the study indicated that providing appropriate replies to patients' questions and concerns during conversations had a prediction accuracy about 75 percent.

Keywords. Mental health, natural language processing, natural language understanding, artificial intelligence, machine learning.

Introduction.

Online human-computer conversation systems[s] using natural language processing techniques is what conversational agents are referred [1]. Alan Turing, who in 1950 posed the question «Can machines think?,» is generally credited as having been the first person to conceive of the chatbots. Conversational artificial intelligence technology has advanced significantly since Turing's work thanks to developments in NLP and artificial intelligence. In a similar vein, the use of chatbots has also risen, particularly since major messaging apps like Facebook, Telegram, Skype, WeChat have introduced their own chatbot systems.

In recent years, automated conversational agent have become more popular as a result of the many uses they provide. The success of conversational agetns may be attributed, in addition to their vast multitude of scenarios, to the fact that they are accessible, that they improve user satisfaction, their ability to handle a huge number of clients, as well as that they are highly cost efficient []. It has been noted that using conversational agents assists in decreasing the total expenses associated2 with running a business [3].

It is anticipated that conversational agents would cut the amount of work required at upper management levels by as much as 70 percent in the next few years. As a result of this, it is anticipated that businesses would spend high amount of money on the advancement of automated conversational agents [4]. Figure 1 demonstrates working structure of the virtual conversational agents or chatbots *[5]*.

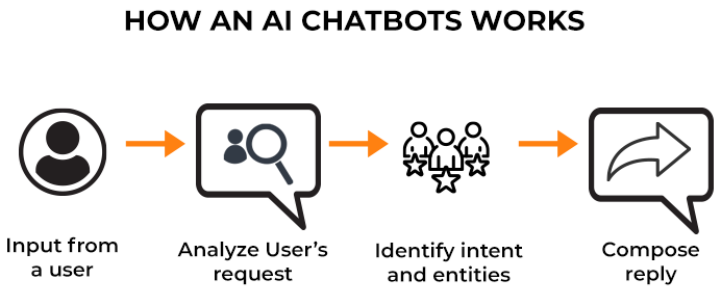


Figure 1 - Workflow of the proposed Model [8]

Although conversational agetnts are capable of imitating human interaction and providing users with entertainment, this is not their primary purpose. Programs including such academic achievement, knowledge representation, marketing, and electronic commerce may all benefit from their use [6]. The widespread adoption of automated online conversational agents may be attributed to the various benefits that they provide not only to consumers but also to engineers. The majority of solutions are platform-agnostic and make content immediately accessible to users without requiring any installs. Contact with the chatbots may be made via a patient's social network without the user having to leave the messenger app in which the chatbots reside [7]. This app also offers and ensures the user's identification. Additionally, financial solutions are included into the messenger service, where they may be used in a secure and dependable manner. Non active customers can be re-engaged via the usage of a message system. Machine learning may be included into ongoing group chats or shared like any other connection, and numerous chats can be conducted on in simultaneously with one another. The knowledge gained in the operation of one chatbots are readily transferable to the operation of other conversations, and the amount of data that is required is minimal. Some of the benefits for programmers include seamless connectivity, rapid and straightforward development cycles, an absence of version separation, and reduced design work for the interfaces [5].

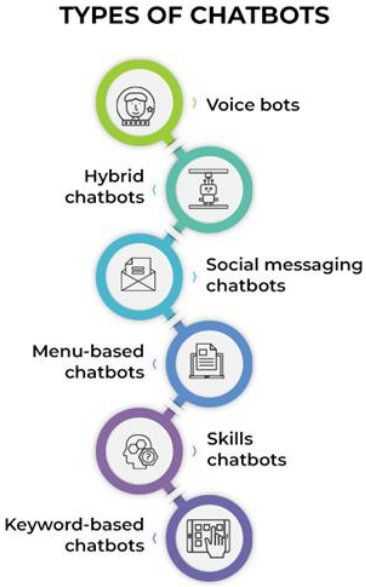


Figure 2 - Types of chatbots [8]

Figure 2 demonstrates types of chatbots depending on their goal of application. There are different types of chatbots voice chatbots, hybrid chatbots, social messaging chatbots, menu-based chatbots, skills chatbots, and keyword-based chatbots. The chatbot is able to carry out a

variety of other duties, including the search for songs, photographs, information, calculators, and displays of weather forecasts and currency rates [9]. The majority of these functionalities are implemented on the web and may be accessed through an external application programming interface. The gender recognition, with the goal of rendering the chatbots responses more human-like, is the purpose of this study. The system that will examine and parse the text entered by the user in in order to automatically generate a response from the chatbot is being created [10]. The architecture of the text as well as the themes of communication are taken into consideration by this technique. The prefixed functions and the hashing will be used as the basis for the algorithm's operations. In addition, there will be a comparison done between the newly designed algorithm and the algorithms that already exist. This study will cover the process that was used to develop an interface for a Telegram chatbot, the primary purpose of which is to convert audio communications into text.

Related Works. It was in the year 1950 that Alan Turing posed the question, «Can machines think?» The challenge was recast by Turing as a «imitation game», in which a «interviewer» posed questions to both human and computer participants in an effort to determine which was which. When distinguishing between a person and a machine becomes impossible, we claim that the machine is capable of thought [12]. ELIZA, the first first chatbot, was invented by Joseph Weizenbaum at MIT in 1966. ELIZA is credited as coming the closest to mimicking human conversational behavior. In order to create acceptable replies, ELIZA would, when presented with an input phrase, first detect keywords and then patterns match that phrases vs a set of predetermined criteria [13]. NLP techniques are feature that may be given to computers. This skill enables the computer to communicate in human languages with other computers or machines, as well as with users communicating directly with the computer. Understanding natural language requires performing three types of analyses: parser, semantic analysis, and knowledge-based structural analysis [14]. The process of parser involves an investigation of the structural components of phrase syntax. During this stage of the process, the major grammatical relations are identified so that the sentences may be parsed into their respective subjects, predicates, and objects. Following the phase of understanding and interpretation, a meaningful representation of the texts is produced [15]. The understanding of the meaning of words and the structure of language, such as the transitivity of nouns and verbs, is used in the understanding and interpretation. In natural language processing, a phrase serves as the handling focus. It's possible that a sentence is designed to be interpreted as bigger phrases consist of more than individual terms. There is a difference in the kinds of structural relationships that exist between words and between sentences. The phrases and the clause are the two media syntactic elements that may be found in between the words and the sentences. A clause is a syntactic unit that comprises of two or more predicate components. Clauses may be independent or dependent. A particular topic, a predicate, an object, a complement, and an adverb make up the components of a predicate. The phrase is an example of a grammar that consists of two or more words but does not include any predicate components in its construction [16].

One reason for this is because the replies that chatbot applications provide are often predetermined, rather than situational, and they include information that is both useless and illogical. The conversation system is the fundamental component of the chatbot that is responsible for managing the answers. A conversation system is made up of three different modules: one for input, one for output, and one for control. These include a NLU module, a conversation module, and a response generation module. All of these works together to ensure that the system is able to communicate effectively. Dialog systems are often differentiated from one another based on the coherence and scalability of their dialog. On the one hand, dialog systems that consist of handmade domain-specific dialog rules make it possible for goal-oriented chats to have meaningful conversations on a particular subject (for example, ELIZA). The amount of work that chatbot designers put into the construction of conversation rules and the

writing of rule-specific chatbot replies is the primary factor that determines the degree to which chatbot responses seem realistic [17]. On the contrary side, data-driven dialog managers are able to automatically construct chatbot replies by drawing on vast dialog corpora that already exist (for example, Xiaoice). They make it possible for a user's message to be probabilistically matched to instances within the training set. These methods are often used in the creation of chatbots that do not focus on achieving specific goals. The naturalness of the replies, though, is highly dependent on the quality of the training data, and data-driven techniques do not have the coherency and robustness necessary to account for this. In the past, rule-based conversation systems were the norm in the chatbot environment; now, data-driven conversation systems are quickly becoming the norm. The generation of high-quality chatbot replies and training data is a significant obstacle in the process of creating chatbots, and this obstacle exists regardless of the kind of dialog system being used.

Materials and methods.

When determining how a particular word or phrase should really be understood, the whole context is taken into consideration. This is done by using practical evaluation and conversation integrating in order to determine the final interpretation of the text's real meaning. The processes of text realisation and text preparation are used in human language production in order to provide responses that can be understood. On the contrary side, or stated other way, speech generation is the process that is accountable for the production of sentences and phrases that adhere to the rules of proper grammar. Understanding the intricate character of genuine human dialogue is one of the most fundamental challenges facing NLP today. Figure 3 demonstrates bot managing process.

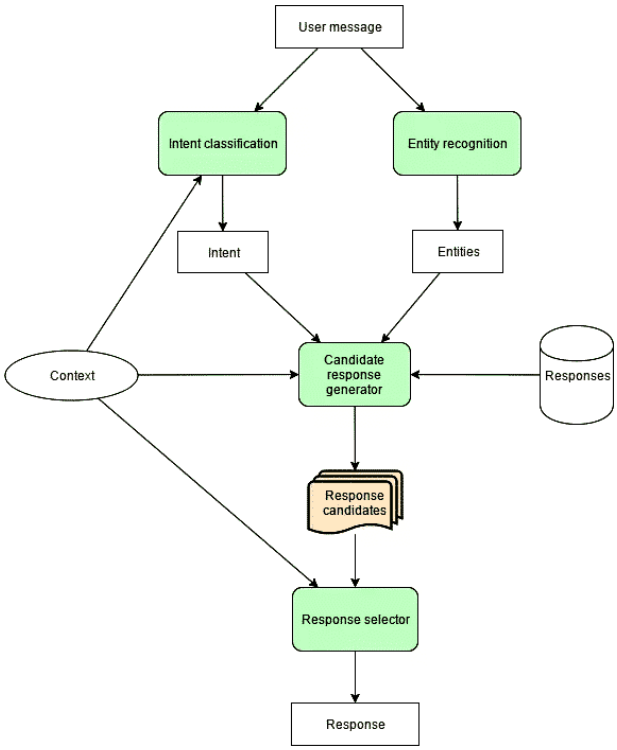


Figure 3 - Enterprise Bot Manager [9]

Results.

Dataset.

In addition to the modules that are responsible for processing user input, detecting intentions, and creating answers, a psychological chatbot needs specific diagnostic functions. These diagnostic functionalities should be included into the chatbot. As a result of this, we made

use of a selection of well-established psychological examinations. These tests have a proven track record of being accurate and are highly recommended for use in screening processes. They are as follows:

1) Beck Depression Inventory (BDI).
2) 9-question Patient Health Questionnaire (PHQ-9).
3) Generalized Anxiety Disorder 7 (GAD-7).
3) Columbia Suicide Severity Rating Scale (C-SSRS).
4) Buss-Perry Aggression Questionnaire (BPAQ-24).
5) CRAFFT Screening Test.
6) Beck Hopelessness Scale (BHS).

For the purpose of accurately representing the reasoning behind surveys, the finite-state automaton is used. The user chooses one of the available questionnaires to fill out, and the transitions between states are responsible for carrying out the logic of the questionnaire and calculating the results.

Chatbot Design.

Data extraction, intention detection, and response searching are all possible uses for RASA NLU, which is fundamentally a natural language processing system. The conversational agent processing structure, which can be shown in Figure 4, was constructed with the assistance of Rasa. After receiving a message from the user, the Interpreter will convert the message into a dictionary. This dictionary includes not only the text itself but also any identifiable entities and intents associated with it. A tracker is a piece of technology that monitors the progression of the discussion and keeps track of whether or not the message was successfully sent. After the tracker status has been provided to the policy, we will go to the next phase and decide what to do. After the tracker has finished recording the action that was chosen, the answer is then sent to the user.

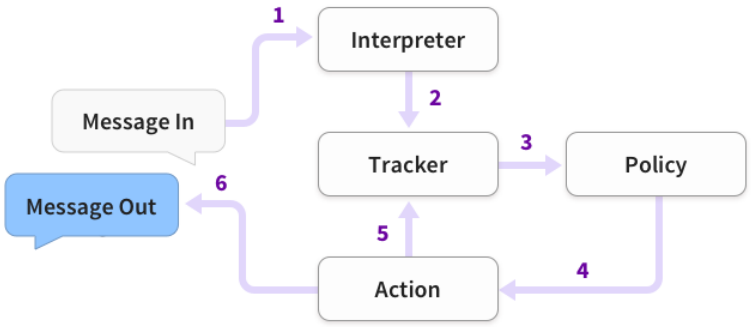


Figure 4 - Chatbot Processing Structure

Chatbot-Psychologist in Use.

There are two primary delivery options available via Rasa for distributing training sets. It's possible to build chatbots by leveraging NLP techniques, as well as intents that have been pre-trained and managed. All of these concepts are implemented in the architecture of the chatbot that can be seen in Figure 5. Within a chatbots, the collection of Intent and purpose serves as a reference that is always the same, is always defined, and is always stated.

Because of the pre-trained data, the categorization of the user's intentions will be utilized to determine whether each sentence of the text should be expressed as an embedding phrase or as an input vectors of the phrase. For the purpose of classifying user intentions, pre-filtered sets will be used. These sets might have been obtained from a number of different sources, such as FastText and Spacy, or even controlled intentions. Because there is a scarcity of openly accessible training data, the user of this approach will be required to generate the data sets from

scratch in order to utilize it. The technique of determining an individual user's purpose based on an utterance made by that individual user is referred to as «intent classification».

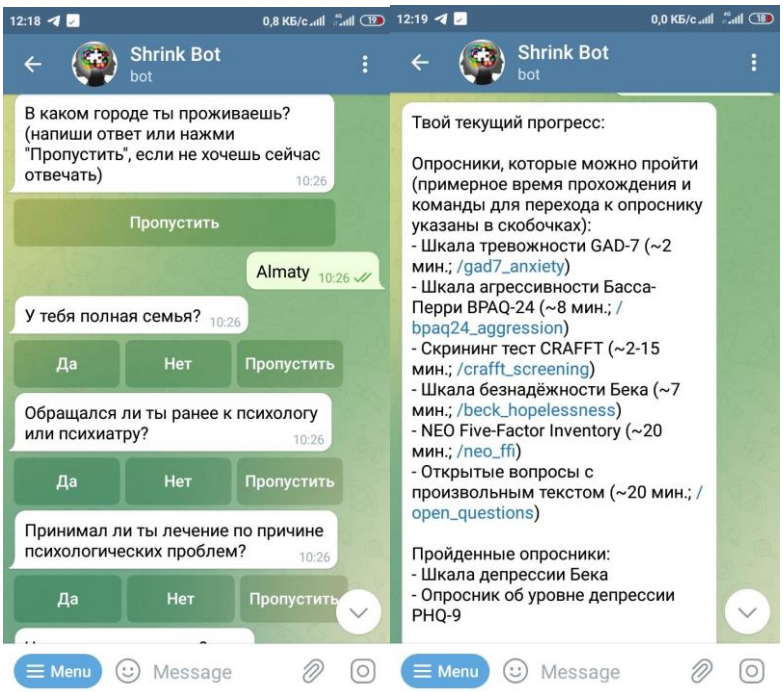


Figure 5 - Chatbot in Use

The actions that chatbots has to perform in order to operate properly are outlined in more detail in Figure 6. It begins by receiving the inputs, then analyzes it with a number of probable replies, assesses the degree of trust in each message, and then presents the customer with the response that has the greatest level of trust.

In order to extract named entities, the Rasa NLU has been used, and it has been shown that this approach is extremely trustworthy due to the fact that there are no mistakes in entity extraction for the whole of the phase when applying the appropriate training and test evidence. In the subsequent stage of our investigation, we are going to use natural language processing methods to investigate datasets similar to in order to locate signals that are associated with depression.

Discussion.

Conversational agents in mental healthcare settings has been made apparent by the fast pace of artificial intelligence and machine learning development. In terms of natural language computing, classification, enhanced computing, and round-the-clock support with data science, artificial intelligence beats people. Nevertheless, complexity, rational reasoning, and higher-level interactions cannot be replaced by a computer. Before conversational agents are widely used in the mental healthcare industry, there are additional complexity issues that need to be recognized, handled, and minimized.

Numerous of the variables covered in this chapter might be used to highlight the difficulty in overcoming doctors' hesitation and patients' slow acceptance. The opinions of 100 active practicing doctors were obtained in a cross-sectional web-based survey to learn more about conversational agents in mental health. Even though many positive features were mentioned, there were also plenty of issues. More than 70% of doctors think conversational agents can't deliver all the care that clients require, can't express people's emotions, can't provide in-depth treatment plans, and might be dangerous if people self-diagnose or don't completely understand their diagnostic. Fears about using conversational agents in mental health may

gradually fade if their drawbacks are better recognized and addressed. This section concludes by examining the difficulties and concerns that patients, healthcare providers, and decision-makers must face.

The resilience of conversational agents to integrate and learn from massive medical datasets, combined with its capacity to engage with customers in a consistent way, is a contributing factor to the scale based of conversations in a wide range of healthcare systems. Conversational agents are likely going to be an important part of the ongoing development of cancer treatment given the present state of the industry and the obstacles that it faces. To be more precise, they offer promise in terms of solving the triple purpose of health care, which involves enhancing the quality of treatment, trying to better health of people, and decreasing the burden or expense of our current medical systems. Further than the treatment of cancer, there are a growing number of innovative applications for chatbots that may be found in the field of health care. During the last pandemic, conversational agents were already being used to disseminate information, make recommendations on action, and provide emotional comfort. This will allow for future advancement in the medical fields and understanding.

Conclusion.

In this article, we shared the findings from our early research into creating a digital chatbots for medical prupose in Kazakhstan. We also used many different NLU to train the conversational agents in treatment. Over 75% accuracy was shown in identifying patient reactions in the experiment. The data that has been made public suggests that chatbot applications may have an audiences in Kazakhstan. In the next stages, we intend to employ additional AI methods in an effort to enhance the outcomes we have so far achieved.

Machine Learning will become an essential tool for mental health practitioners in order to alleviate the burden of assessing new patients and classifying them into appropriate treatment plans. In addition to potentially helping more individuals in need, the application of AI in the treatment of mental illness difficulties might provide the prospect for continuing, tailored control over the problem.

The aforementioned chatbot has certain limitations in its Kazakh language support. This research aimed to assess the potential for creating a mobile chatbot fluent in Kazakh. It's clear from the findings that chatbots can have a basic discussion in Kazakh. To further enhance our outcome, we want to create chatbots that can detect and treat individuals who are exhibiting depressive symptoms.

Acknowledgements. This study, research work was supported by the grant «Development of an intellectual system prototype for online-psychological support that can diagnose and improve youth’s psycho-emotional state» funded by the Ministry of Education of the Republic of Kazakhstan. Grant No. IRN AP09259140.

REFERENCES

[1] Jing, Y. (2020, November). Research on the application of artificial intelligence natural language processing technology in Japanese teaching. In Journal of Physics (Vol. 1682, No. 1, p. 012081). IOP Publishing.

[2] Abro, W. A., Aicher, A., Rach, N., Ultes, S., Minker, W., & Qi, G. (2022). Natural language understanding for argumentative dialogue systems in the opinion building domain. Knowledge-Based Systems, 242, 108318.

[3] Jadhav, K. P., & Thorat, S. A. (2020). Towards designing conversational agent systems. In Computing in Engineering and Technology (pp. 533-542). Springer, Singapore.

[4] Amirhosseini, M. H., & Kazemian, H. (2019). Automating the process of identifying the preferred representational system in Neuro Linguistic Programming using Natural Language Processing. Cognitive processing, 20(2), 175-193.

[5] Anand, M., Sahay, K. B., Ahmed, M. A., Sultan, D., Chandan, R. R., & Singh, B. (2022). Deep learning and natural language processing in computation for offensive language detection in online social networks by feature selection and ensemble classification techniques. Theoretical Computer Science.

[6] Balog, K. (2021). Conversational AI from an information retrieval perspective: Remaining challenges and a case for user simulation.

[7] Cai, Z., Hu, X., & Graesser, A. C. (2019, July). Authoring conversational intelligent tutoring systems. In International Conference on Human-Computer Interaction (pp. 593-603). Springer, Cham.

[8] Chiradeep BasuMallick. Chatbot. Meaning, Working, Types, Examples. www.spiceworks.com/tech/artificial-intelligence/articles/what-is-chatbot/, 2022

[9] Conde, M. Á., Andrés-Gómez, A., Rodríguez-Sedano, F. J., & Fernández-Llamas, C. (2022). Applying Natural Language Processing to Teamwork–A New Dashboard for CTMTC Methodology. In International Conference on Human-Computer Interaction (pp. 251-261). Springer, Cham.

[10] D. Sultan, et al., «Cyberbullying-related hate speech detection using shallow-to-deep learning,» Computers, Materials & Continua, vol. 74, no.1, pp. 2115–2131, 2023.

[11] Buck, J. W., Perugini, S., & Nguyen, T. V. (2018, January). Natural language, mixed-initiative personal assistant agents. In Proceedings of the 12th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (pp. 1-8).

[12] Ahmad, N. S., Sanusi, M. H., Abd Wahab, M. H., Mustapha, A., Sayadi, Z. A., & Saringat, M. Z. (2018, November). Conversational bot for pharmacy: a natural language approach. In 2018 IEEE conference on open systems (ICOS) (pp. 76-79). IEEE.

[13] Diederich, S., Lembcke, T. B., Brendel, A. B., & Kolbe, L. M. (2021). Understanding the impact that response failure has on how users perceive anthropomorphic conversational service agents: Insights from an online experiment. AIS Transactions on Human-Computer Interaction, 13(1), 82-103.

[14] Dowell, N., & Kovanovic, V. (2022). Modeling Educational Discourse with Natural Language Processing. education, 64, 82.

[15] Gaur, M., Faldu, K., & Sheth, A. (2021). Semantics of the black-box: Can knowledge graphs help make deep learning systems more interpretable and explainable?. IEEE Internet Computing, 25(1), 51-59.

[16] Hagiwara, M. (2021). Real-World Natural Language Processing: Practical Applications with Deep Learning. Simon and Schuster.

[17] Intellectsoft, How To Build A Chatbot: Definition, Process, Architecture, 2019

Батырхан Омаров, PhD, доцент, Түркістан, Қазақстан, batyahan@gmail.com

Серғазы Нарынов, т.ғ.к., «Alem Research» ЖШС директоры, Алматы, Қазақстан, s.narynov@alem.kz

Жандос Жұманов, «Alem Research» ЖШС деректерді өңдеу жөніндегі маманы, Алматы, Қазақстан, z.zhake@gmail.com

ЧАТ-БОТ ПСИХОЛОГЫНЫҢ ДАМУЫ: ДЕРЕКТЕР ЖИЫНТЫҒЫ, АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫЛАТЫН ЧАТ-БОТ

Аңдатпа. Виртуалды көмекшілер-бұл пайдаланушыларға бағдарламалық жасақтамамен нақты өмірде сөйлесуге мүмкіндік беретін бағдарламалық жасақтама. Функционалды сөйлесу агенттерін құру бұл сала алғаш енгізілгеннен бері жасанды интеллектпен жұмыс істеудің ең күрделі аспектісі болды. Виртуалды сұхбаттасушылардың негізгі жауапкершілігі-табиғи қарым-қатынасты дұрыс түсіндіру

және олар бірқатар әрекеттерді орындай алатынына қарамастан, қолайлы түрде жауап беру. Бұрын жасанды интеллект агенттері қолмен жазылған ережелер мен командалардың көмегімен немесе қарапайым статистикалық тәсілдердің көмегімен құрылды. Аяқтау автоматикасы негізінен бұл модельдерді жаңа дағдыларды үйрету үшін керемет әлеуетімен алмастырды. Терең оқыту әдісі декодерлік кодтаушы қазіргі уақытта сөйлесулерді модельдеуге үлкен қызығушылық тудыратын әдіс болып табылады. Лингвистикалық түсіну саласы осы тұжырымдаманы жасауға ынталандыру көзі болды. Бұл мақалада біз зардап шеккендерге психологиялық көмек көрсете алатын иммерсивті сандық сөйлесу агентін дамыту бойынша зерттеу нәтижелеріне шолу жасаймыз. Біз чат-ботты құру және оқыту үшін NLP тәжірибесіне негізделген Rasa nlu тәсілін қолдандық. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, әңгімелесу кезінде пациенттердің сұрақтары мен алаңдаушылығына тиісті жауаптар беру шамамен 75 пайызды болжау дәлдігіне ие болды.

Түйінді сөздер. Психикалық денсаулық, табиғи тілді өңдеу, табиғи тілді түсіну, жасанды интеллект, машиналық оқыту.

Батырхан Омаров, PhD, доцент, Туркестан, Казахстан, batyahan@gmail.com
Сергазы Нарынов, к.т.н., директор ТОО «Alem Research», Алматы, Казахстан, s.narynov@alem.kz
Жандос Жуманов, специалист по обработке данных ТОО «Alem Research», Алматы, Казахстан, z.zhake@gmail.com

РАЗРАБОТКА ЧАТ-БОТА-ПСИХОЛОГА: НАБОР ДАННЫХ, АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ ЧАТ-БОТ

Аннотация. Виртуальные помощники — это программные приложения, которые позволяют пользователям вести беседы с программным обеспечением так же, как они это делали бы в реальной жизни. Создание функциональных разговорных агентов было самым сложным аспектом работы с искусственным интеллектом с тех пор, как эта область была впервые представлена. Основная ответственность виртуальных собеседников заключается в том, чтобы правильно интерпретировать естественное общение и отвечать приемлемым образом несмотря на то, что они могут выполнять целый ряд действий. В прошлом агенты искусственного интеллекта создавались либо с помощью рукописных правил и команд, либо с помощью простых статистических подходов. Сквозная автоматизация в основном вытеснила эти модели из-за ее превосходного потенциала для обучения новым навыкам. Подход глубокого обучения кодировщик-декодер в настоящее время является методом, представляющим наибольший интерес для моделирования разговоров. Область лингвистического понимания послужила источником мотивации для разработки этой концепции. В этой статье мы представляем обзор результатов нашего исследования по разработке иммерсивного цифрового разговорного агента, который потенциально может оказать страдающим психологическую помощь. Мы использовали подход Rasa NLU, основанный на практиках НЛП, для создания и обучения чат-бота. Результаты исследования показали, что предоставление надлежащих ответов на вопросы и опасения пациентов во время бесед имело точность прогнозирования около 75 процентов.

Ключевые слова. Психическое здоровье, обработка естественного языка, понимание естественного языка, искусственный интеллект, машинное обучение.

****

УДК 621.438 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-472-482**

Ж.А.Айдымбаева[1]✉, Ж.С.Дуйсенбек[1], А.М. Достиярова[2], Б.А. Биахметов[3], П.А.Верницкас[1]
[1] Алматинский университет энергетики и связи имени Г.Даукеева, Алматы, Казахстан
[2]Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан
[3]Казахский аграрно-технический университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан
E-mail: diararu@mail.ru

К ВОПРОСУ РАСЧЕТА ОБРАЗОВАНИЯ ОКСИДОВ АЗОТА В КАМЕРАХ СГОРАНИЯ ГТУ

Аннотация. За последнее время предпринималось много попыток зарождения модели процесса горения в камере сгорания ГТУ, способствующую прогнозировать характеристики выбросов. На сегодня в литературе представлено много систем расчета уровня выбросов NO_x из камер сгорания, которые разной сложности, применимости и строгости. Применяемая модель образования загрязняющих веществ должна представлять собой разумное решение между погрешностью моделирования, практичностью, удобством применения, экономичностью вычислений и возможностью дальнейшего совершенствования.

По мере модернизации моделей физических процессов и строгости численных методов расчета аналитические модели будут представлять все более важную роль при проектировании и доводке камер сгорания, в частности, сейчас эффективно используются пакет программ Ansys fiuent. Для описания процесса горения в камере сгорания ГТУ, чем и пользуемся.

Ключевые слова. Камера сгорания, ГТУ, оксиды азота, горелочное устройство, время пребывания, механизм Зельдовича, коэффициент избытка воздуха.

Введение.

К самым простым моделям расчета уровней выбросов NO_x в существующих условиях, и прогнозирования выбросов в условиях отличных от расчетных принимаются эмпирические зависимости. Чтобы довольно строго рассчитывать скорость образования оксидов азота в продуктах сгорания топлива в газотурбинных двигателях, необходимо принимать главные физические и химические механизмы, действующие в процессе их образования. На эти механизмы основное влияние проявляют температура газа в камере сгорания, концентрация химических компонентов и время пребывания в зоне горения. Кроме того, химическая кинетика процессов формирования оксида азота достаточно ощущаема к температуре, - с повышением температуры скорость образования оксида азота возрастает. $NO_x = f(T, \alpha, \tau, p)$. Вместе с тем часть уравнения и параметры входящие в них дают разного рода оценку влияния отдельных параметров на выбросы NO_x. Так влияние давления на выход NO_x воспринимается значением от $P^{0,5}$ до $P^{1,5}$, влияние температуры довольно и неопределенно оценивается в уравнениях, в некоторые выражения не входит время пребывания τ, неоднозначно влияние соотношения топливо-воздух. Многочисленный расход воздуха входит не во все уравнения, в некоторых выражениях присутствуют дополнительные параметры. Понятно, что координация параметров неоднозначна и связь представленных уравнений непроста, но ограниченность параметров и простота уравнений привлекательны для применения их при оценке возможных выбросов NO_x в предварительных расчетах. Следует отметить, что применение этих уравнений ограничено конкретными типами камер сгорания ГТД, при

применении данных уравнений для камер других типов двигателей следует вводить поправки. Эти зависимости не учитывают физических процессов, проходящих в камере сгорания, так как входные параметры не показывают ни схемы, ни геометрии камеры сгорания, а также используемый метод сжигания топлива, не иначе как процессы, происходящие в камере сгорания определяют в значительной степени выброс оксидов азота. Расчеты, проведенные в [1] показали, что применение простых уравнений позволяет описать выход NO_x в общепринятых камерах с погрешностью до 30 %, большая строгость едва ли возможна, если не включить в уравнения значительно более строгое рассмотрение рабочего процесса протекающего в камерах сгорания. Кроме того, эмпирические соотношения не позволяют проследить, как меняется эмиссия при изменении конструкции фронтового устройства или самой камеры сгорания. В особенности обычной физической моделью камеры сгорания является представление ее в виде реактора или группы реакторов полного перемешивания (гомогенных реакторов), которые описывают собой область, где топливо и воздух образуют гомогенную смесь, то есть в любой точке реактора идентичны температура, давление, химический состав. Характеристики камеры сгорания формируются из химической кинетики.

Материалы и методы.

В работе [2] предложен метод расчета NO_x в явном виде с использованием трех реакторов с полностью перемешанными реагентами. Основным источником оксидов азота является второй реактор, в котором образование NO идет по механизму Зельдовича. Получено уравнение:

$$EINO_x = A\tau_{эфф}\sqrt{P_в}\exp(-c\Delta T_в + \frac{D}{T_в}(\varphi - \varphi_a^{\max})^2), \quad (1)$$

где

$\tau_{эфф} = \frac{\tau}{1+B\tau}$ - эффективное время пребывания; B - поправочный коэффициент;

$\tau = \frac{V_p P_p}{G_в^p R T_a}$ - время пребывания в реакторе;

A, C, D - коэффициенты.

Температура пламени в данной работе представлена в виде параболической аппроксимации, зависящей от эквивалентного соотношения и температуры воздуха на входе в камеру сгорания:

$$\frac{1}{T_a} = \frac{1}{T_a^{\max}}\left[1 - \frac{a}{T_a^{\max}}\Delta T_в + \frac{в}{T_в}((\varphi - \varphi_a^{\max})^2\right], \quad (2)$$

$T_a^{\max}$ - максимальная адиабатная температура;

$\varphi_a^{\max}$ - эквивалентное соотношение, соответствующее этой температуре.

Введение поправки B в уравнении для $\tau_{эфф}$ связано с завышением результатов при определении NO_x при больших временах пребывания.

Анализ использования чисто кинетических моделей показывает, что эти модели обладают следующими основными недостатками:

− расчетные значения температуры газа в первичной зоне и выхода оксидов азота являются завышенными (это в большей степени касается камер сгорания традиционной схемы);

− модели не объясняют влияния на характеристики процесса горения потерь давления и других факторов, оказывающих влияние на процесс смешения;

- не существует подробных оценок влияния на результаты расчета исключения из модели холодных зон охлаждающего воздуха и наличия ядра потока, не перемешанного с потоками вторичного и разбавляющего воздуха.

Так реактор с неполным микросмешением представляет собой статистическую модель смешения в первичной зоне, в объеме реактора содержатся отдельные объемы газа, малые по сравнению с реактором, но большие относительно молекулярного масштаба. Состав смеси в этих объемах различен, объемы газа не перемешиваются и рассматриваются как гомогенные реакторы, время пребывания каждого объема распределяется по закону распределения времени пребывания газа в гомогенном реакторе. Известны когда анализируются различные модели первичной зоны, в частности гомогенный реактор и реактор с неполным смешением. Реактор с неполным смешением имеет лучшее согласие с экспериментом, что подтверждает целесообразность моделей подобного типа.

Необходимо подчеркнуть, что из-за трудности течения газа в первичной зоне камеры сгорания при значительной не сходности температуры и состава газа, а также из-за недостаточного уровня наших знаний о характеристиках турбулентности, в настоящее время не обосновано использование сложных интегральных моделей, включающих в себя большое число реакторов, тем более, что вопрос выбора числа и размеров реакторов требует специального исследования. Необходимо увеличение простых объединенных моделей процесса горения в камере, начиная с моделирования процесса в первичной зоне.

В работе [3] предложена модель для нахождения выхода NO_x с учетом параметра смесеобразования. Согласно модели, расчет состава продуктов сгорания проводится с учетом того, что горение топлива возможно лишь в диапазоне концентрационных границ горения $\alpha_в<\alpha<\alpha_н$, а при α выходящем за указанные пределы происходит балластированные смеси и снижение температуры. Считается, что распределение концентрации смеси подчиняется нормальному закону:

$$f(\alpha) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp(-\frac{(\alpha-\alpha_0)^2}{2\sigma^2}, \quad (3)$$

где α_0 – заданное значение коэффициента избытка воздуха.

$$P(|\alpha-\alpha_0| < \Delta\alpha) = \Phi\left(\frac{\Delta\alpha}{\sigma\sqrt{2}}\right), \quad (4)$$

где $\Delta\alpha = \pm 0{,}05$ и $1\text{-}P=\Theta$,

где Θ - параметр смесеобразования.

Тогда получим уравнение:

$$NO_\Theta = 37\cdot 10^{11}\sqrt{O_{2\Theta}}N_{2\Theta}\exp(-127000/RT_{г\Theta})\sqrt{\frac{P_в}{T_{г\Theta}}}\tau, \quad (5)$$

где концентрации компонентов и температура горения находились с учетом параметра смесеобразования.

Было произведено испытание определить влияние конструкции горелочного устройства на смесеобразование в камере сгорания и выход оксидов азота. Поэтому

предложен параметр $\overline{\chi}$, с помощью которого можно оценивать степень незавершенности процесса смешения в горелочных устройствах. Он пригоден для оценки качества смешения, как в изотермических условиях, так и при горении. Параметр $\overline{\chi}$, характеризующий степень незавершенности смешения, определяется по выражению:

$$\overline{\chi} = \frac{1}{2G}\sum \frac{c_i - c_{cp}}{c_{cp}(1-c_{cp})}(\omega\rho f)_i, \qquad (6)$$

где G - общий расход газовоздушной смеси;

c_{cp} и c_i - средняя и локальная массовые концентрации смеси;

$(\omega\rho f)_i$ - расход смеси через элементарную площадку f_i .

Следует, однако, отметить, что $\overline{\chi}$ - интегральный параметр, который характеризует неравномерность концентрации в целом и не может учитывать локальных распределений концентраций. Параметр дает наиболее объективную оценку для сечений, достаточно удаленных от горелки, для образования же оксидов азота важны сечения начиная непосредственно от горелки и поэтому $\overline{\chi}$ не очень подходит для учета смесеобразования при образовании NO_x. На наш взгляд процесс смешения газа и воздуха играет важную роль, так как и температура, и давление, и время пребывания продуктов сгорания прямо или косвенно зависят от распределения воздуха, степени его перемешивания, а также давления и скорости воздуха.

Так для определения насыщенности оксидов азота устанавливается коэффициент k_f отражающий влияние равномерности раздачи топлива по сечению камеры сгорания и который меняется в зависимости от конструкции и способа подачи топлива от 0,3 до 1,05. Получена пробная зависимость:

$$k' = \psi(f_l); \quad \text{где} \quad f_l = \frac{\sum_{i=1}^{n} F_i B_i}{F_{пл} B_г},$$

F_i- - площадь охвата струями топливного газа;

B_i - расход газа за данную площадь;

$F_{пл}$ - площадь фронтового устройства;

$B_г$ - общий расход газа.

На основании вышеизложенного предложена методика для определения NO_x с учетом равномерности распределения коэффициента избытка воздуха и структуры потока в первичной зоне, основанная на условии химического равновесия и кинетической схеме Зельдовича:

$$C_{NO} = Af(\alpha_г)\exp(-65000/T_{эф})\sqrt{\frac{P_в}{T_{эф}}}\tau_{преб}k', \qquad (7)$$

где $T_{эф} = T_a \cdot \Theta$.

$$f(\alpha_г) = k\left[\frac{(\alpha_г - 1)\alpha_г^{2(1+m)} L_0^3}{(1+\alpha_г L_0)^3}\right]^{0,5}; \qquad (8)$$

m = 1,4…1,7, k – константы, определяемые по результатам эксперимента;

$$\tau_{преб} = \tau_{пр} + n\cdot(\tau_{пр} + \tau_{зот}),$$

где $\tau_{пр} = \dfrac{V_{пр}}{\vartheta_{пр}}$ - время пребывания в прямом токе;

$V_{пр}$ – объем первичной зоны за вычетом зоны обратных токов;

$\vartheta_{пр}$ - объемный расход газа через зону прямого тока;

где $\tau_{ЗОТ} = \dfrac{V_{ЗОТ}}{\vartheta_{ЗОТ}}$ - время пребывания в зоне обратных токов;

$V_{ЗОТ}$ – объем зоны обратных токов;

$\vartheta_{ЗОТ}$ - объемный расход газа через зону обратных токов;

n – коэффициент рециркуляции.

Аналогичный подход при определении времени пребывания принят в работах [4,5]:

$$\tau_{пр} = \frac{273 \cdot 10^3 \xi}{{}_г q_V T_г V_г^{по} \alpha_г (r+1)}, \tag{9}$$

где ξ- коэффициент заполнения топочного объема;

q_V - тепловое напряжение объема зоны горения;

$T_г$ - средняя расчетная температура в зоне горения;

$V_г^{по}$ - удельный приведенный объем газов 0,3...0,35 м^3/МДж.

В ряде работ сделана попытка определить влияние механизма горелочного устройства на смесеобразование в камере сгорания и выход оксидов азота. Так предложен параметр $\overline{\chi}$, с помощью которого можно оценивать степень незавершенности процесса смешения в горелочных устройствах. Параметр $\overline{\chi}$, характеризующий степень незавершенности смешения, определяется по выражению:

$$\overline{\chi} = \frac{1}{2G} \sum \frac{c_i - c_{ср}}{c_{ср}(1 - c_{ср})} (\omega \rho f)_i, \tag{10}$$

где G - общий расход газовоздушной смеси;

$c_{ср}$ *и* c_i - средняя и локальная массовые концентрации смеси;

$(\omega \rho f)_i$ - расход смеси через элементарную площадку f_i .

Однако параметр дает наиболее объективную оценку для сечений, достаточно удаленных от горелки, для образования же оксидов азота важны сечения начиная непосредственно от горелки и поэтому $\overline{\chi}$ не очень подходит для учета смесеобразования при образовании NO_x.

Результаты.

Перечисленные выше модели и методики не учитывают трудность процесса в исходной зоне, наличие возвратных течений, неравномерность температур в зоне горения, как по сечению, так и по длине камеры сгорания. Чтобы получить более точные уравнения необходимо вместо адиабатной температуры при α = 1,0 или температуры горения при α = 1,1 использовать некую эффективную температуру газов $T_{эф}$, которая бы отражала потери теплоты, неравномерность температур в камере сгорания и зависела от многих, в том числе и конструктивных факторов, уточнить время пребывания газов в зоне высоких температур, выделяя зону горения.

Сложность процессов выделения и перемещении в зоне горения камер сгорания сильно осложняют определение $T_{эф}$. Для определения эффективной температуры газа необходимо иметь достаточно много экспериментальных данных.

Эффективную температуру можно найти, например, используя критерий Больцмана [6]:

$$\frac{T_{ф}}{T_{аф}} = f(Bo) = \Theta, \tag{10}$$

где Θ - коэффициент неадиабатичности.

Коэффициент неадиабатичности Θ применяется при определении $T_{эф}$ в основном при расчетах в котлах, для камер сгорания ГТУ этот критерий использовался в работе Сударева А.В.

Однако следует отметить, что $T_{эф}$ заметно отличается от $T_{аф}$ только для камер с низким тепловым напряжением (Bo < 40). Для современных камер сгорания, где Bo > 75, эти температуры практически равны.

Для расчета выбросов NO_x вводится средняя эффективная температура, которая определяется из выражения:

$$T_{эф} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{гi}\tau_i}{\tau_{пр}} \Theta \eta_{кс}, \tag{11}$$

где $T_{гi}$ • температура в i -ой части зоны горения камеры сгорания;

τ_i - время пребывания в i -ой части зоны горения.

С учетом вышеизложенного получено выражение для определения концентрации NO:

$$C_{NO} = 37 \cdot 10^{11} \sqrt{C_{O_2}} C_{N_2} \exp(-65000/T_{ф}) \sqrt{\frac{P_{в}}{T_{эф}}} \tau_{пр} \frac{\alpha_{г}}{\alpha_{\Sigma}}. \tag{12}$$

В этом выражении через $T_{эф}$ выполнен учет ступенчатости подвода воздуха по длине жаровой трубы, а также осреднение температуры по времени пребывания в каждой части зоны горения. Комплекс $\frac{\alpha_{г}}{\alpha_{\Sigma}}$ - учитывает тот факт, что образование оксидов азота идет в зоне горения, а в дальнейшем идет его разбавление.

Недостатком метода определения $T_{эф}$ по (11) является тот факт, что при определении $T_{эф}$ не учитывается неравномерность температуры по сечению камеры сгорания. Дальнейшим совершенствованием модели явилось бы определение $T_{гi}$ по методике, где эффективная температура факела определяется из выражения:

$$T_{фэф} = \Xi, \tag{13}$$

где функции Ξ и ξ отражают влияние макро и микронеравномерности температур, а также учитывают выгорание топлива по длине жаровой трубы, и определяются из выражений:

$$\Xi = \frac{10}{9 + \left(\chi \frac{T_ф}{T_в} \right)^{0,1}} , \quad (14)$$

где $\chi = (\kappa_г + \kappa_с) \cdot S_{эф}$- оптическая плотность излучения среды;

$$\xi = 1 + 0,25(1 - \eta_{сг}) \frac{T_a^{\alpha=1} - T_ф}{T_ф} . \quad (15)$$

Учет реального времени пребывани представлено в виде зависимости:

$$\tau_{NO} = k \frac{V_I P_в}{(G_г - G_{обр}) R T_{макс}} f(\alpha_I) . \quad (16)$$

Тогда получим уравнение:

$$NO = \frac{50,75 \cdot 10^3 P_в^{1,5} \alpha_{эф} V_I O_2^{0,5} N_2}{T_{эф}^{1,5} (G_г - G_{обр})} \times$$
$$\left[37 \cdot 10^{11} \exp(-65000 / T_{эф}) + 11,091 \cdot 10^{20} \frac{O_2^{0,5} P_в^{0,5}}{T_{эф}^3} \exp(-64400 / T_{эф}) \right], \quad (17)$$

где $\alpha_{эф} = Bo \cdot \alpha_I$.

Bo - коэффициент, учитывающий неоднородность смеси и сильно зависящий от конструкции камеры сгорания;

$T_{эф}$ - некоторая эффективная температура, при которой эмиссия оксидов азота первичной зоны за среднее время пребывания газа в ней равна действительной.

В работе Достиярова А.М. предложена методика для определения NO с учетом структуры потока в первичной зоне, основанная на условии химического равновесия и кинетической схеме Зельдовича:

$$C_{NO} = A f(\alpha_г) \exp(-65000 / T_{эф}) \sqrt{\frac{P_в}{T_{эф}}} \tau_{преб} , \quad (18)$$

где $T_{эф} = T_a \cdot \Theta$

$$f(\alpha_г) = k \left[\frac{(\alpha_г - 1) \alpha_г^{2(1+m)} L_0^3}{(1 + \alpha_г L_0)^3} \right]^{0,5} ; \quad (19)$$

m =1,4…1,7, k – константы, определяемые по результатам эксперимента;

$$\tau_{преб} = \tau_{пр} + n \cdot (\tau_{пр} + \tau_{ЗОТ}), \quad (20)$$

где $\tau_{пр} = \frac{V_{пр}}{\vartheta_{пр}}$ - время пребывания в прямом токе;

$V_{пр}$ – объем первичной зоны за вычетом зоны обратных токов;

$\vartheta_{пр}$ - объемный расход газа через зону прямого тока;

где $\tau_{ЗОТ} = \dfrac{V_{ЗОТ}}{\vartheta_{ЗОТ}}$ - время пребывания в зоне обратных токов

$V_{ЗОТ}$ – объем зоны обратных токов;

$\vartheta_{ЗОТ}$ - объемный расход газа через зону обратных токов;

n – коэффициент рециркуляции.

И окончательно получим уравнение для определения в камерах сгорания ГТУ с закрученным течением и с учетом структуры потока в первичной зоне:

$$C_{NO}^{I} = 13\cdot 10^{11}\left[\frac{(\alpha_г - 1)\alpha_г^2 L_0^3}{(1+\alpha_г L_0)^3}\right]^{0,5} \exp(-65000/T_{эф})\times \sqrt{\frac{P_в}{T_{эф}}}\left[k_{фр}\tau_1 + \tau_2 + 2k_{обр}(\tau_1+\tau_2) + k_{обр}\tau_{ЗОТ}\right], \quad (21)$$

Где $T_{эф} = T_a\cdot\Theta$,

$k_{фр}=G_{фр}/G_I$ – относительный расход воздуха через фронтовое устройство;

$k_{обр}=G_{обр}/G_I$ - относительный расход воздуха через зону обратных токов;

τ_1, τ_2, $\tau_{ЗОТ}$ – соответственно время пребывания газов в первом, втором поясе прямого тока и в зоне обратных токов.

Наиболее комплексный подход к определению NO_x через эффективные параметры, где кинетическое уравнение условного процесса образования NO_x представлено в

$$NO_x = k_0 O_2^m N_2^n \exp(-E_{эф}/RT)\tau_{эф}\,. \quad (22)$$

k_0, n, m – коэффициенты, определяемые на основе обработки опытных данных.

Анализ экспериментов позволил получить обобщенную зависимость:

$$NO_x = 1{,}9\cdot 10^3 (k_\alpha k_\psi k_p k_T \tau_{ср})^{0,5} \exp(-27400/RT)\,, \quad (23)$$

где $k_\alpha=(\alpha-1)/\alpha$, $k_\psi=(1-\psi)^2\psi$, $k_p=10\cdot P$ – соответствующие поправочные коэффициенты:

$$\tau_{эф} = const\,\tau_{ср}^{0,5}$$

$$\tau_{ср} = q_V^{-1}\left(\frac{Q_н^р}{R_\mu T_0}\right)\frac{2}{(\alpha L_0+1)(T/T_0+1)}\,, \quad (24)$$

где q_V - теплонапряженность топочного объема;

$R_\mu=R/\mu$- газовая постоянная;

T_0 - начальная температура окислителя;

T - адиабатная температура горения по среднему значению с учетом выгорания топлива;

$E_{эф}$= 27400 Дж/(моль·К) - эффективная энергия активации.

В работе [7] представлена впервые разработанная система критериальных уравнений для расчета полноты сгорания топлива индексов эмиссии NOx, CO, HC, числа дымности, пределов устойчивости горения по бедному срыву, пределов воспламенения топливовоздушной смеси в различных высотно-климатических условиях, коэффициентов окружной и радиальной неравномерностей температурного поля, потерь полного давления и температурного состояния стенки жаровой трубы [8].

Созданные в результате исследования рабочих процессов и приведенные в указанных работах главные конструктивные параметры являются определяющими также и для образования CH и дыма. Такими параметрами являются: отношение площади жаровой трубы в миделевом сечении к суммарной эффективной площади ее отверстий $\frac{F_{ж}}{\Sigma\mu F_{ож}}$, интенсивность крутки завихрителя, представляющая собой отношение средних по сечению тангенциальной и осевой составляющих скорости воздуха на выходе из завихрителя $\overline{W} = W_t/W_a = f(A)$; относительная пропускная способность завихрителя фронтового устройства в виде отношения эффективной площади завихрителя фронтового устройства к суммарной эффективной площади всех отверстий жаровой трубы $\mu F_3 = \frac{\mu F_3}{\Sigma\mu F_{ож}}$, количество форсунок, приходящееся на площадь поперечного сечения жаровой трубы $\frac{N_ф}{F_{ж}}$.

В зависимости этих данных в [7] создана система эмпирических уравнений зависимости индексов эмиссии оксидов азота от режимных и конструктивных параметров

$$EI_{NO_x} = A(P_k)^{0,5}\frac{V_{зг}}{V_к}\exp\left(\frac{T_к}{288}\right)T_г\exp(-0{,}0188H)\times$$
$$\left[1+b_1\frac{F_{ж}}{\Sigma\mu F_{ож}}+b_2\left(\frac{F_{ж}}{\Sigma\mu F_{ож}}\right)^2\right]\times \quad , \qquad (25)$$
$$\exp(b_3\overline{W}+b_4\mu F_3)\left[1+b_5\exp\left(-\frac{N_ф}{F_{ж}}100\right)\right]$$

где A, $b_1 - b_5$ – эмпирические коэффициенты.

С помощью функций конструктивных параметров определяют степень средних и максимальных локальных температур газа, при этом высокие температуры способствуют как повышению полноты сгорания топлива, т.е. снижению CO и HC, так и повышению содержания NO_x, что и отражает характер изменения функций.

Обсуждение.

В работе была предложена две модели для определения выхода NO_x с учетом параметра смесеобразования и с использованием трех реакторов с полностью перемешанными реагентами. Реактор с неполным смешением имеет лучшее согласие с экспериментом, что подтверждает целесообразность моделей подобного типа.

Заключение.

В заключении можно сказать, что анализ теоретических моделей образования оксидов азота в камерах сгорания ГТУ показал, что сегодня нет единого, четкого подхода

в разработке модели образования NO_x в камерах сгорания ГТУ. А пока использование пакета программ Ansys fluent дает хорошее согласование с экспериментальными результатами исследований камер сгорания ГТУ с микрофакельными горелочными устройствами. Поэтому в каждом случае мы вносим поправочные коэффициенты для каждой новой горелки или камеры сгорания ГТД после экспериментальных исследовании.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Достияров А.М. Микрофакельное горение в топливосжигающих устройствах. – Шымкент: ЮКГУ им. М.Ауэзова, 1999. – 181 с.

[2] Нельсон Н. Образование окиси азота при горении // Ракетная техника и космонавтика. 1976. -Т.Н.-Я» 9. - С.30-36.

[3] Гусаков С.В. Физико-химические основы процессов смесеобразования и сгорания в ЛВС. Основы теории горения. - М.: Изд-во РУДЫ, 2001.-134 с.

[4] Тачон С. Полуэмпирический метод расчета содержания NO в продуктах сгорания при наличии впрыска пара//Энергетические машины и установки. -1984, 106, №4.

[5] Салливан. Простое уравнение для расчета выбросов из камер сгорания ГТД// Энергетические машины и установки. -1977, 97, №2, с.1-8.

[6] Гурвич А.М. Теплообмен в топках паровых котлов. – М.:-Л.: Госэнергоиздат, 1950.-176 с.

[7] Система уравнений для расчета характеристик камеры сгорания/ Саркисов А.А. и др.//

[8] Камеры сгорания газотурбинных двигателей: Математическое моделирование, методология расчета, концепция оптимального проектирования: автореферат дис. доктора технических наук: 05.04.12 / С.-Петерб. политехн. ун-т. - Санкт-Петербург, 2004. - 32 с.

Жанар Айдымбаева, PhD, Ғ.Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан, diararu@mail.ru

Жансая Дүйсенбек, PhD, Ғ.Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан, zhaniko.adina@mail.ru

Алия Достиярова, т.ғ.к., Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, adostiyarova@mail.ru

Бауыржан Биахметов, докторант, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан, bauyrzhanbiakhmetov@gmail.com

Павел Верницкас, докторант, Ғ. Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан, www.bio.kz@yandex.ru

ГТҚ ЖАНУ КАМЕРАЛАРЫНДА АЗОТ ОКСИДТЕРІНІҢ ТҮЗІЛУІН ЕСЕПТЕУ МӘСЕЛЕСІНЕ

Андатпа. Соңғы уақытта шығарындылардың сипаттамаларын болжауға көмектесетін газ турбинасының жану камерасында жану процесінің моделін құруға көптеген әрекеттер жасалды. Бүгінгі күні әдебиетте жану камераларынан NO_x шығарындыларының деңгейін есептеуге арналған көптеген жүйелер бар, олардың күрделілігі, қолдану мүмкіндігі және қатаңдығы әртүрлі. Қолданылатын ластаушы заттардың генерациясының моделі модельдеу қателігі, практикалық, пайдаланудың қарапайымдылығы, есептеу үнемділігі және одан әрі жетілдіру мүмкіндігі арасындағы ақылға қонымды шешім болуы керек.

Физикалық процесс үлгілерін модернизациялау және сандық есептеу әдістерінің қатаңдығы жағдайында аналитикалық модельдер жану камераларын жобалау мен дамытуда барған сайын маңызды рөл атқаратын болады, атап айтқанда, қазір Ansys fiuent бағдарламалық пакеті тиімді пайдаланылуда. Газ турбиналық жану камерасындағы жану процесін сипаттау үшін, біз қолданатын нәрсе.

Түйінді сөздер. Жану камерасы, ГТҚ, азот оксидтері, реактор, жану құрылғысы, болу уақыты, Зельдович механизмі, артық ауа коэффициенті.

Zhanar Aidymbayeva, PhD, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, diararu@mail.ru

Zhansaya Duissenbek, PhD, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G.Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, zhaniko.adina@mail.ru

Aliya Dostiyarova, candidate of technical sciences, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, adostiyarova @mail.ru

Bauyrzhan Biakhmetov, doctoral student, Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan, bauyrzhanbiakhmetov@gmail.com

Pavel Verniskas, doctoral student, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, www.bio.kz@yandex.ru

ON THE ISSUE OF CALCULATING THE FORMATION OF NITROGEN OXIDES IN THE COMBUSTION CHAMBERS OF GTU

Annotation. Recently, many attempts have been made to generate a model of the combustion process in the combustion chamber of the gas turbine engine, which helps to predict the characteristics of emissions.Gorenje Today, there are many systems in the literature for calculating the level of NOx emissions from combustion chambers, which are of varying complexity, applicability and rigor, the applied model for the formation of pollutants should represent a reasonable solution between the modeling error, practicality, ease of use, cost-effectiveness of calculations and the possibility of further improvement.

With the modernization of physical process models and the rigor of numerical calculation methods, analytical models will play an increasingly important role in the design and refinement of combustion chambers, in particular, the Ansys fiuent software package is now being effectively used. To describe gorenje process in the combustion chamber of the gas turbine engine, which we use.

Keywords. Combustion chamber, gas turbine engine, nitrogen oxides, reactor, burner device, residence time, Zeldovich mechanism, excess air coefficient.

****

ӘОЖ 004.896-027.22 DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-483-500

Н.Т.Жетенбаев[1], А.МДуйсебаева[2], Г.К. Балбаев[3], Б.Т. Шингисов[3], Д.О. Сейсенова[1]
[1] Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті,
Алматы, Қазақстан
[2]Satbayev University, Алматы, Қазақстан
[3] Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан
E-mail: nursultan.zhetenbaev@mail.ru

ОҢАЛТУҒА АРНАЛҒАН ПАРАЛЛЕЛЬ РОБОТ МАНИПУЛЯТОРЛАРДЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ

Аңдатпа. Бұл мақалада пневматикалық және электр жетегі бар параллель робот манипулятор түрлері егжей-тегжейлі сипатталған, және атқарушы механизмдердің конфигурациялары, траекторияны бақылаудың әртүрлі әдістері мен оңалту әдістерін ескере отырып зерттелген. Қарастырылған параллель робот манипуляторлар арасындағы айырмашылықтар мен ұқсастықтарды салыстыру, талдау және жалпылау арқылы механикалық дизайн мен интерактивті басқару стратегияларын жақсарту үшін одан да көп жұмыс істеу керек екенін көрсетеді. Бұл мақала болашақ көмекші роботтарды әзірлеушілер үшін пайдалы ресурс болады және осы саланың ары қарай дамуына ықпал етеді деп үміттенеміз.

Түйінді сөздер. Параллель робот манипулятор, тобық буынын оңалтуға арналған манипулятор, медициналық құрылғы, жетек түрлері, сызықтық электр жетегі, пневматикалық жетегі.

Кіріспе.

Тобық пен табан тепе-теңдікті ұстап тұру, тірек қызметі, және аяқтың қозғалысын жасау секілді бірқатар функцияларды атқарады. Алайда, ол әсіресе тірек-қимыл аппараты мен неврологиялық жарақаттарға, әсіресе инсульттан кейін жүруден бас тарту сияқты неврологиялық жарақаттарға бейім. Американдық «Жүрек» қауымдастығының мәліметтері бойынша, жыл сайын АҚШ-та шамамен 795 000 адам инсульт алады [2]; инсульттың арты жаман жағдайларға әкеліп соқтырады және бүкіл әлемде тұрақты мүгедектіктің жетекші себебі болып табылады. 15 миллионнан астам жаңа жағдай және инсульттан аман қалған 50 миллион адам жыл сайын тіркеліп отырады [3]. Тобықтың дисфункциясының маңызды факторы – орталық жүйке жүйесінің зақымдануы. Қозғалыс функциясын қалпына келтіру үшін жүйке жүйені белсендіру қажет [4]. Сондықтан физиотерапия осындай жағдайға тап болған пациенттер үшін өте қажет [5].

Физиотерапиялық ем-шара пациенттерге шектеулі қозғалыс ауқымын (ROM) қалыпқа келтіруге, әлсіз бұлшықеттерді күшейтуге, динамикалық тепе-теңдікті қалыпқа келтіруге және осылайша қозғалыс функцияларын біртіндеп қайтаруға септігін тигізеді [6]. Алайда, бұл ұзақ қайталанатын және қарқынды қалпына келтіру процесін қажет етеді. Бұл үлкен жүктемеге әкеледі. Бұл жағдай тобық буынын қалпына келтірудің дәстүрлі жаттығуларының айтарлықтай жүктелуіне алып келеді. Оларды физиотерапевттер зақымдалған орталық жүйке жүйесін біртіндеп ынталандыру және қалпына келтіру үшін жеке-жеке жүзеге асырады [7]. Дәстүрлі оңалту жаттығулары шектеулі уақыт пен ресурстарға байланысты жаттығулардың жеткілікті қарқындылығы мен жылдамдығын қамтамасыз ете алмайды. Сонымен қатар, оңалту жаттығуларының жоспары терапевтердің жеке клиникалық тәжірибесі негізінде жасалады. Бұл мынадай мәселеге әкеледі: терапевттер оңалту жаттығуларының формалары мен параметрлерін нақты

бақылай алмайды. Сондықтан зардап шеккен аяқ-қолдардың сапалы жаттығуын қамтамасыз ету қиын. Сондықтан тобық буынын қалыпқа келтіруге арналған дәстүрлі жаттығуларды арнайы роботтарды жасаумен алмастыру өте маңызды. Бұл роботтардың артықшылығы – ұзақ мерзімді, дәл және біркелкі емдеуді қамтамасыз ету. Сондай-ақ, бұл роботтар оңалту жаттығуларының күрделілігін нақты уақыттағы кері байланыстарға сәйкес бейімдей алады [8]. Сонымен қатар, тобық буынын оңалтудың роботты әдістерін қолдану бүкіл жаттығу процесінде нақты уақыт режимінде науқас жайлы деректерді жинауға мүмкіндік береді. Осылайша жаттығулардың тиімділігін бағалауға [9], сонымен қатар тобық буын кешенінің биомеханикалық қасиеттерін [10] анықтауға, және соның негізінде реабилитациялық жаттығуларды бейімдеуге болады [11]. Атап айтқанда, бұл технологиялар медицина қызметкерлерінің еңбек шығындарын тиімді төмендетіп, тобық буынын оңалту жаттығуларының тиімділігін арттырып, оңалту медициналық ресурстарының тапшылығын толтыра алады.

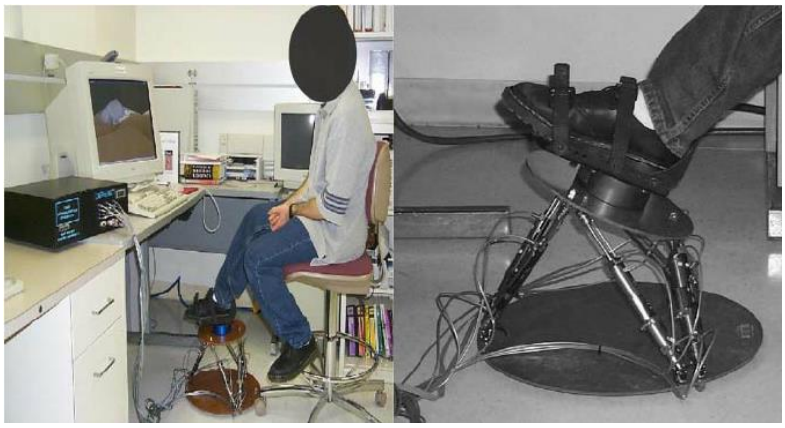
Оңалтуға арналған параллель робот манипуляторлар аяққа киілетін робот модельдері кең зерттелген технологиялар қатарына жатады.

Оңалтуға арналған параллель робот манипулятор модельдері фиксацияланған платформадан тұрады жабдықталған және олардың салмағының аз болуы және жеткілікті қаттылығы бірнеше еркіндік дәрежесі бар (DOF) көпжақты оңалту процедураларын жасауға мүмкіндік береді. Аяққа киілетін роботтар электрлік қуатпен жұмыс істейтін экзоскелеттер немесе ортоздар түрінде белгілі. Олар әдетте жүрісті қалыпқа келтіру үшін қолданылады. Оңалтуға арналған параллель робот манипуляторлар киілетін роботтармен салыстырғанда артықшылығы – аяқ фиксацияланған. Ол тобық буынының екінші рет жарақаттанудан сақтайды.

Тобық буынын қалпына келтіруге арналған роботты құрылғыларға әртүрлі зерттеулер жүргізілген. Солардың ішінде [12-17] жұмыстарда тобық буынын қалыпқа келтіруге арналған параллель робот манипулятор аяққа киілетін роботтардың механикалық дизайнына назар аударылды. [14] жұмыста киілетін роботтарды да қолдана отырып, тобық буынын қалыпқа келтірудегі роботты терапияның тиімділігі қарастырылды. Сондай-ақ, олар киілетін роботтар жаяу жүру дағдыларын үйретуге, ал оңалтуға арналған параллель робот манипуляторлар тобық буынын жаттықтыруға жақсы сәйкес келеді деген қорытындыға келді. Оңалтуға арналған параллель робот манипуляторларының дамуына қатысты жүйелі және жан-жақты зерттеулер әлі күнге дейін жоқ. Оңалтуға арналған параллель робот манипуляторлар саласындағы зерттеулердің өсуімен құрылғылардың әртүрлі конфигурациялары, жетек түрлері және оңалту жаттығуларының жаңа әдістері ұсынылды. Бұл осы салада жұмыс істеп бастаған зерттеушілер үшін қиындық тудыруы мүмкін.

Бұл жұмыстың мақсаты қазіргі заманғы оңалтуға арналған параллель робот манипуляторлар технологияларын жүйелі түрде зерттеу болып табылады. Сондай-ақ, жұмыс механизмдерінің конфигурациясы, жетектердің түрлері және оңалту жаттығуларының әдістері қарастырылады. Бұл оңалтуға арналған параллель робот манипуляторлар жобалайтын немесе басқаратын инженерлерге әртүрлі механикалық жүйелер мен басқару жүйелерінің артықшылықтары мен шектеулерін бағалауға мүмкіндік. Зерттеу тұрғысынан бұл жұмыста зерттеу саласын кеңейту және зерттеудің болашақ бағыттарына шолу жасау ұсынылады. Келесі бөлімдерде оңалтуға арналған параллель робот манипулятор құрылғысының жұмыс механизмдерінің конфигурациясына, траекторияны бақылауды басқарудың әртүрлі әдістері бар жетектердің түрлеріне және оңалту тренингінің әдістеріне шолу жасалады. Сонымен қатар оларды салыстыру, талдау және жалпылау жүргізіледі. Соңында, өте қызықты және тенденциясы жоғары зерттеулер талқыланады және осы шолулардың нәтижесінде оңалтуға арналған параллель робот манипуляторлар роботтарына қатысты

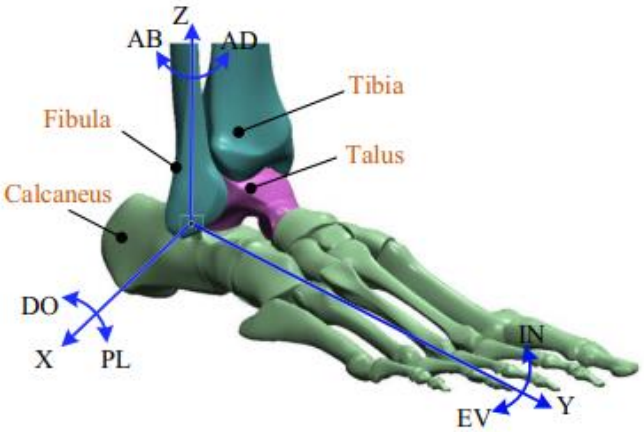
тұжырымдамалар ұсынылады. Алғашқы оңалтуға арналған параллель робот манипулятор 1999 жылы жасалып, «Rutgers Ankle» деп аталды [18].



1 сурет – Оңалтуға арналған параллель робот манипулятор «Rutgers Ankle»

Инсульттен аман қалғандар санының өсуімен, соңғы онжылдықта оңалтуға арналған параллель робот манипулятор бойынша зерттеулер өте өзекті болғанын көрсетеді. Зерттеу кезінде көптеген жұмыс механизмдерінің әртүрлі конфигурацияларын қолдана отырып, кейбір DOF-те тобық буынын қалыпқа келтіру жаттығуларын параллель робот манипуляторлар жүзеге асыра алатындығы белгілі болды. Оңалтуға арналған параллель робот манипулятор жұмысын бірқалыпты басқару үшін траекторияны бақылау әдісі қолданылатын басқару жүйесі қолданылды. Осы негізде оңалту тренингінің түрлі әдістері іске асырылды. Олар қауіпсіздік пен жайлылықты жақсарту үшін кейбір жетілдірілген басқару алгоритмдерімен біріктірілді. Таңдап алынған жұмыстар оңалтуға арналған параллель робот манипулятордың жұмыс механизмдерінің конфигурациясы, траекторияны бақылауды басқарудың әртүрлі әдістері бар жетек түрлері, сондай-ақ оңалту жаттығулары бойынша жалпыланды.

Адамның тобық буынының кешені негізінен 2 – суретте көрсетілгендей, тибиядан, фибуладан, талустан және өкше сүйегінен тұрады. Тибия мен фибула сүйектері тұтасып, тобық буыны кешеніндегі қозғалысты оңтайландырады [19].



2 сурет – Тобық буынның бұлшықеті және қаңқа анатомиясы, еркіндік дәрежесі

2 – суретте көрсетілгендей, тобық буын кешені 3-DOF-те қозғалыстар жасай алады, атап айтқанда: дорсифлекция/плантарфекция (DO/PL), инверсия/эверсия (IN/EV) және

аддукция/абдукция (AD/AB). [19] жұмыста Зиглер жүргізген in vitro зерттеуінде алынған осы бағыттар бойынша қозғалыстың шекті мәндерінің деректері келтірілген. Сонымен, оңалтуға арналған параллель робот манипулятордың механикалық дизайны 3-DOF және ROM-ды мүмкіндігінше қанағаттандыруы керек.

Материалдар мен тәсілдер.

Жүйелік талдау - бұл жүйенің айнымалылары немесе элементтері арасындағы құрылымдық байланыстарды орнату бойынша әрекеттер тізбегі болып табылатын танымның ғылыми әдісі. Жалпы ғылыми, эксперименттік, жаратылыстану, статистикалық, математикалық әдістер кешеніне сүйенеді.

Оңалтуға арналған параллель робот манипуляторларына талдау мен зерттеу жүргізу барысында робот манипуляторларының негізгі объектілері және олардың арасындағы өзара байланыс айқындалды, робот манипуляторларының басқарудың жетек түрлері яғни, сызықтық электр жетегі, пневматикалық жетегі. қарастырылды.

Нәтижелер мен талқылау.

*1 жұмыс механизмдерінің конфигурациялары***.**

Тобық буыны кешенінің жұмыс ауқымын кеңейту үшін оңалтуға арналған параллель робот манипулятор механизмдерінің әртүрлі конфигурациялары жасалды. Мысалы, Stewart платформасын қолдануға негізделген 3a суретте көрсетілген Rutgers Ankle моделі [18] және оның модификациялары [20]; 3b суретте көрсетілген 4 еркіндік дәрежесі бар (4-DOF) басқарылатын параллель робот манипулятор. Соңғысы әрбір платформаның ілгерлемелі, айналмалы қозғалысын, (1T - 3R) сонымен қатар бойлық қозғалысын және де екі платформаның бірдей ілгерлемелі қозғалысын жасай алады (2T - 2R) [21]. Мұндағы T - жылжу, ал R-айналу [22]. 3d суретте үш еркіндік дәрежесі бар (3-DOF) 3−RSS/S параллель механизм көрсетілген, мұндағы R айналмалы буынды білдіреді [24]. ARBOT деп аталатын қосымша жетекпен жабдықталған, 2 еркіндік дәрежесі бар 3UPS/U параллель механизмі 3e суретте көрсетілген [25, 26]. Мұндағы U әмбебап буын бөлігін білдіреді, ал асты сызылған әріп жетекпен басқарылатын буын бөлігін білдіреді [27, 28]. 3f суретте PK Ankle деп аталатын бейімделген сфералық Gosselin роботы көрсетілген [86]. 3g [55], 3h [29, 30], 3i [52] суреттерінде тобық буынын оңалтуға арналған басқа да параллель механизмдер көрсетілген. Жоғарыда аталған барлық робот манипуляторлар параллель механизмнің артықшылықтарына ие. Артықшылықтары сонымен қатар бір роботтарға қарағанда төмен инерция, жоғары қаттылық, ықшамдылық, үлкен портативтілік және дәл ажыратымдылықты қамтиды. Олардың тағы бір ортақ ерекшелігі бар. Олардың қозғалтқыштары тірек платформасының астында орналасқан. Бұл дегеніміз, құрылғының айналу осьі тобық буыны кешенінің айналу осьінен алыс орналасқан. Бұл дизайн мен басқаруды айтарлықтай жеңілдетеді, бірақ пациенттер үшін күтпеген қозғалыстар тудыруы мүмкін. Мысалы, транслокациялардан туындаған айналу, бұл төменгі аяғы өздігінен қозғала алмайтын пациенттің жағдайын едәуір нашарлатады. Бұл оңалту процесінде тобық буыны кешенінің біркелкі емес кездейсоқ күштерге ұшырауына әкелуі мүмкін, соның нәтижесінде ол екінші рет аяқтың зақымдалуына әкеліп соқтыруы мүмкін. Екінші жағынан, пациент мұндай роботты механизмдерді пайдалану кезінде тобық буынын қозғалыссыз немесе толығымен босаңсытып ұстап тұра алады. Пациент сонымен қатар оңалтуға арналған параллель робот манипуляторлар айналу орталығын тобық буыны кешенінің айналу осьімен сәйкестендіре алады, бұл белгілі бір дәрежеде тобық буынының екінші реттік зақымдануын болдырмайды.

Осы себепті пневматикалық және электрлік қозғалтқыштары бар көптеген оңалтуға арналған параллель робот манипуляторлар түрлері жасалды. Мысалы, 3j суретте көрсетілгендей жұмсақ параллель механизмі және 3 еркіндік дәрежесі бар (3-DOF) пневматикалық робот [31]; 3k суретте көрсетілген 3 еркіндік дәрежесі бар (3-DOF) пневматикалық оңалтуға арналған параллель робот манипулятор [32, 33]; 3m суретте көрсетілген 3 еркіндік дәрежесі бар (3-DOF) электр жетекті резервті роботы; 3n суретте көрсетілген параллель механизмді резервтік 3 еркіндік дәрежесі бар электржетекті 3-RUS/RRR роботы [37, 38]. Соңғысын 2 еркіндік дәрежесі бар 3-RUS/U резервтік механизмге айналдыруға болады, ол кезде аяқты қоршап тұрған резервтік жетек істен шығарылады [39]. Сонымен қатар оңалтуға арналған параллель робот манипуляторлардың келесідей түрлері бар: 3o суретте көрсетілген 3 еркіндік дәрежесі бар 3-PRS жіліншік табан буынын оңалту манипуляторы [40-42]; және де 3 еркіндік дәрежесі бар 4p суретте көрсетілген 2-UPS/RRR роботы [43-46]. Барлық аталған оңалтуға арналған параллель робот манипуляторлар үшін пневматикалық жетек жиі қолданылатын қозғалтқыш пневматикалық бұлшықет (PMA) болып табылады. Оның артықшылығы - аз салмағында және жоғары қуат пен көлем қатынасында. Осылайша тобық буынымен сәйкестендіру үшін ол қосымша жұмсақтықты қамтамасыз ете алады [47, 70]. Алайда, PMA тек тарту-созу принципінде жұмыс жасай алады, ілгерлемелі қозғалыстарға қатыспайды, сондықтан бұл мәселе механизмнің күрделенуіне әкеліп соқтырады, өйткені оңалтуға арналған параллель робот манипуляторларда DOF қозғалысына жету үшін (n + 1) қозғалтқыш қажет. Керісінше, алға және кері бағытта айналмалы қозғалыстарды орындау үшін басқаруға болатын электрқозғалтқышын пайдаланған ыңғайлы. Бұл электр жетегі бар параллель робот манипуляторлар үшін резервтік жетектің қажеті жоқ дегенді білдіреді. Сонымен қатар, олар өлшемдерінің кіші болуына қарамастан пневматикалық жетегі бар параллель робот манипуляторлар сияқты функцияларды орындай алады. Алайда, параллель робот манипуляторлардың электр жетегімен сәйкестендірілуі басқару алгоритмдерімен жүзеге асырылады [27, 60-62]. Сонымен қатар, көптеген параллель робот манипуляторлар күштерді біркелкі бөлу үшін, кемшіліктерді жою және функционалдылықты жақсарту үшін резервтік қозғалтқыштармен жабдықталады, мысалы ARBOT [28] және 3-RUS/RRR. Алайда, бұл механизмнің күрделенуіне, тармақталған тізбектің пайда болуына әкеледі, сондықтан оны басқару қиындай түседі.

Траекторияны бақылауды басқарудың әртүрлі әдістері бар жетектердің түрлері.

Жоғарыда айтылғандай, жетек түріне негізделген оңалтуға арналған параллель робот манипуляторлардың екі түрі бар, атап айтқанда пневматикалық және электр жетекті.

PMA-ның ерекше сипаттамалары бар: жеңіл салмақ, жоғары қуат пен көлем қатынасы және табиғи буынға ұқсас жұмсақтық [47]. Қалған параллель робот манипулятор түрлері электр жетегінің негізінде жұмыс істейді. Науқасқа ROM-ды қайта қалыпқа келтіру жаттығуларын жасау үшін параллель робот манипулятор тобық буыны кешенін іске қосуы керек. Іске қосу алдын-ала анықталған траектория бойынша жүзеге асырылады. Бұл траекторияны бақылау үшін роботтың кинематикалық байланыстары жақсы басқару сипаттамаларына ие болуы керек дегенді білдіреді. Әсіресе бұл пневматикалық жетегі бар параллель робот манипулятор үшін өте маңызды. Джамвал және т.б. PMA-ның сызықтық емес және уақыт бойынша өзгеретін сипаттамаларын талдау үшін пневматикалық бұлшықеттің оңтайлы динамикалық моделін бұлшықеттің әрекетін дәл болжау үшін жасады [48]. Осы модельге негізделіп PMA сипаттамаларының сызықтық емес мәселесін шешу үшін қозуларды тіркейтін FBDO контроллері ұсынылды.

Сонымен қатар, параллель робот манипулятор жүйесінің оңтайлы траекториясы тобық буыны оңалту жаттығуларының анағұрлым қолайлы траектория құруға көмектесу үшін бірлескен байланыстар мен байламдар мен бұлшықет сіңірлерінің кернеуін минимизациялау арқылы есептелді [50]. CARR платформа ретінде қолдана отырып, Менг және т.б. қалыпқа келтірілген кері байланысты орнатудың NIFT сенімді әдісін ұсынды. Жүктеме коэффициентінің оңтайлы мәнін анықтау және жаттығу әдісін қолдану арқылы контроллердің сенімділігі және оның оңтайлы параметрлері анықталады [51]. Сол сияқты, Ай және т.б. пневматикалық бұлшықеттердің сызықтық емес сипаттамалары мәселесін шешу және робот-адамды оңалту процесінде қауіп факторларын жою үшін ABS-SMC кері сырғу режимінде басқарудың адаптивті әдісін жасады. Контроллердің сенімділігін тексеру үшін бес сау адам тартылды; максималды қателік, орташа қателік және орташа квадраттық ауытқу (RMSD) сәйкесінше 7,05%, 2,15% және 0,780 болды [52]. [53] зерттеу тобы сонымен қатар модельденбейтін кедергілердің мәселесін шешу үшін кірістері мен шығыстары (MIMO-DCSMC) қозурарға қатысты компенсацияланған сырғымалы режим контроллерін жасады. Сонымен қатар, Чжан және т.б. CARR траекториясын бақылау дәлдігін жоғарылату үшін каскадты контроллер әзірледі. Олар сыртқы шлейфтегі жағдайды бақылау және ішкі шлейфтегі пневматикалық бұлшықеттердің күшін бақылауға арналған контроллерлер жиынтығынан тұрады. Бұл жағдайда траекторияны бақылау кезінде нормаланған орташа квадраттық ауытқу (NRMSD) 2,3%-дан аз болуы мүмкін [54].

Жоғарыда келтірілген шолудан пневматикалық параллель робот манипулятордың көпшілігі оңалту процесінің эффективтілігін жақсарту үшін траекторияны бақылауды басқару алгоритімімен жасалғанын байқауға болады [48, 49, 51, 52, 54]. Себебі PMA сызықты емес болғандықтан ол модельдеуді қажет етеді [54]. Алайда, PMA-ны дәл басқару олардың сызықты емес және уақыт өте келе өзгеретін сипаттамаларына байланысты күрделі мәселе болып табылады. Атап айтқанда, оларды сызықты емес үйкеліс, сызықты емес серпімділік және сызықты емес созылу күштерінің қосындысы ретінде модельдеуге болады. Осы компоненттермен байланысты коэффициенттерді дәл анықтау қиын, өйткені олар пайдалану барысында үздіксіз өзгереді [73]. Сондықтан траекторияны бақылай отырып басқару алгоритмі пневматикалық параллель робот манипулятор үшін өте маңызды болып табылады. [49, 51, 52, 54] Сызықтық емес PMA сипаттамалары мәселесін шешу үшін келесі технологиялар жасалды: FBDO, NIFT, ABS-SMC және траекторияны бақылап отыратын адаптивті басқару технологиясы. Керісінше, электр жетегі бар параллель робот манипулятор үшін траекторияны бақылауды басқару қажет емес, себебі барлық кинематикалық байланыстарды сервомотор басқарады. Электр жетегі бар параллель робот манипулятор позиция реттегіші негізінде траекторияны бақылаудың жоғары дәлдігіне қол жеткізе алады [24, 28, 35, 60]. Электр жетегі бар параллель робот манипуляторда қолданылатын жалғыз траекторияны бақылау алгоритмі [55] жұмыста сипатталған. Ол PID (FOPID) және қосылатын қайталанатын контроллерлерін пайдаланады [56]. Бұл адам мен роботтың өзара әрекеттесуі кезінде сыртқы қоздырғыштарға қарсы тұру және тобық буынын қалыпқа келтіру жаттығулары кезінде жанама әсерлерді азайту үшін жасалады.

Оңалту жаттығуларының әдістері.

Автоматтандырылған оңалту жүйелерінің басты артықшылығы - бірқатар жаттығуларды қайталап орындау мүмкіндігі, бұл жүйке-бұлшықет жарақаттарын емдеуде ерекше пайдасын әкелетіндігі дәлелденген [57]. Сондықтан әртүрлі басқару әдістеріне негізделген және әртүрлі параллель робот манипулятор көмегімен жасалған оңалту жаттығулардың маңызы өте жоғары. Саглие және басқалары ARBOT құрылғысы үшін 1

кестеде көрсетілгендей басқару схемасын жасады. Ол әдеттегі оңалту бағдарламалары ұсынатын активті және пассивті жаттығуларды басқару алгоритмдерімен қамтамасыз етті [28, 60]. Бұл тобық буынын оңалтуда ең көп қолданылатын әдістердің бірі. Тобық буынын қалыпқа келтіру процесі негізінен ROM шамасын жақсарту, бұлшықет күшін тудыру және проприоцептивті қабылдау қабілетті жақсарту сияқты іс-шараларды қамтиды. Олардың ішінде ROM жаттығуы барлық параллель робот манипулятордың негізгі функциясы болып табылады және әдетте траекторияны бақылау әдістерін қолдану арқылы жүзеге асырылады. Осы кезде тобық буынының кешені физиотерапияның ерте сатысында айналма қозғалыстармен алдын-ала анықталған траектория бойымен қозғалады, бұл пациенттерге шектеулі ROM шамасын қалпына келтіруге мүмкіндік береді. Аяқтың бұлшықетін жаттықтыру үшін изометриялық жаттығулар, изотоникалық жаттығулар немесе изокинетикалық жаттығулар сияқты активті жаттығулар қолданылады. Пациент өзінің ROM шамасын белгілі бір бұлшықет күшімен қалыпқа келтіргеннен кейін оңалту процесінің соңғы кезеңінде проприоцептивті жаттығу жасалынады. Жаттығудың бұл түрі тепе-теңдікті сақтауға арналған жаттығулармен сипатталады. Бұл жағдайда пациент тобық буынын қалыпқа келтіру үшін роботта тұрып, шайқалып тұрған ағаштың үстінде тұрғандай тепе-теңдікті сақтауға тырысуы керек.

Электр жетегі бар параллель робот манипулятор үшін Юн және т.б. пассивті жаттығулардан бастап проприоцептивті жаттығуларға дейін оңалту процесін жақсартуға арналған жаттығулардың кең жиынтығын ұсынды [59]. ARBOT пациент үшін пассивті жаттығуларды орындау үшін позицияны басқару схемасы және пациент үшін активті жаттығуларды орындау үшін импедансты басқару арқылы арнайы жасалған сызықтық серво жетектерімен жұмыс істейтін етіп жасалған. Алайда, ол пассивті жаттығулардың үйлесімділігін басқаруды ескермейді; тек көмекші басқару эксперименталды түрде зерттеліп бағаланды, ал басқа басқару схемалары тек талданды және модельденді [27, 60]. Жүйенің қауіпсіздігін және эффективті оңалту процесін қамтамасыз ету үшін резервтік жетегі және 3 еркіндік дәрежесі (DOF) бар параллель робот манипулятор үшін Цой және басқалары робот пен адамның тобық буынының компьютерлік модельдерін ескере отырып, компьютерлік модельдеуді қолдана отырып, айнымалы кедергісі бар контроллер жасады. Тобық буынында туындайтын кедергіге пропорционалды өзгеретін манипулятор роботының кедергісі тұрақты кедергімен басқаратын роботтардың модельдеріне қарағанда құрылғының өнімділігі жағынан үлкен артықшылық береді [61, 62]. Осы негізде [63] жұмыста параллель робот манипулятордың әртүрлі DOF мәндері арасындағы байланысты ескеретін күшке негізделген қарсылық реттегіші ұсынылды. Ол робот манипулятордың якобианы мен инерция матрицасы арасындағы байланысы туралы мәліметтерді қолданады [64]. Алайда, оңалту роботтары оңалту процесі басында пациенттің табанына күтпеген асқын жүктеме түсуі секілді мәселелерге ұшырап жатады [37]. 2-UPS/RRR PARR үшін пассивті қалпына келтіру жаттығуларының траекториялары [65, 66] жұмыстарда ұсынылған басқару жүйесінің көмегімен орнатылды. Ол жаттығу қауіпсіздігін арттыру үшін пациенттің бұлшықет күшінің деңгейін толығымен ескереді. Жаттығулардың қауіпсіздігін арттыру үшін және оның туындыларын бақылауға негізделген оңалту жаттығуларының үш схемасы жасалды, атап айтқанда: пациентке арналған пассивті жаттығулар, изотоникалық жаттығулар және пациенттің бұлшықет күшінің деңгейін толығымен ескеретін белсенді жаттығулар [67]. Rutgers Ankle-де пневматикалық жетегі бар параллель робот манипулятор үшін пациенттің тобық буыны кешенін белгілі бір траекториялар бойынша жылжыту үшін пассивті жаттығулар үшін позиция контроллері және белсенді резистивті жаттығулар үшін күш контроллері қолданылды [18, 58]. Оны сынау үшін төрт адам тәжірибеге қатысты [58]. Сонымен қатар,

көптеген зерттеушілер буынмен роботтың үйлесімділігін бақылау схемаларын және қалпына келтіру жаттығуларының әртүрлі әдістерін зерттеді. Бұдан бөлек олар қажетті үйлесімділікке қол жеткізетін атқарушы механизмдерінің жеткілікті жұмсақтығына ие. Jamwal және т.б. кедергіні бақылау негізінде оңалту жаттығуының интерактивті әдісін әзірледі. Бұл пациенттерге робот жасаған қимылдарды өздерінің мүгедектік деңгейіне сәйкес өзгертуге мүмкіндік береді. Осының негізінде әртүрлі кедергіге негізделген төрт жаттығу режимі жасалды [68]. Әзірленген кедергіні басқару схемасының физиотерапевт жұмысына әсерін жою үшін адаптивті кедергіні басқару схемасы ұсынылды. Бұл адаптивті роботты терапияны қамтамасыз ету үшін пациенттердің белсенділігіне параллель робот манипулятор кедергісін адаптациялау үшін жасалды [69]. Лю және басқалары үйлесімді CARR басқару схемасын, соның ішінде буындар кеңістігінде төменгі деңгейлі үйлесімділікті реттеу контроллері мен жоғары деңгейлі өткізгіштік контроллер жұмысын зерттеді [70]. Әрі қарай, CARR тиімділігі мен қауіпсіздігін жақсарту үшін Чжан және басқалары пациенттің қатысуымен ауыспалы параметрлі беріліс коэффициентін реттеуге негізделген адаптивті басқару схемасын зерттеді. Беріліс коэффициентін басқаратын реттегі тобық буынында жүргізілген өлшеулерге сәйкес алдын-ала анықталған траекторияға буынды бейімдеу үшін қолданылды. Сондай-ақ, буын кеңістігінде позиция контроллеріне негізделген пассивті әдіс, тұрақты параметрлі беріліс коэффициентінің контроллеріне негізделген пациент пен роботтың өзара әрекеттесу әдісі және айнымалы параметрлі беріліс коэффициентінің котроллеріне негізделген өзара әрекеттесу әдісі қарастырылды [71]. Сонымен қатар, Айас және басқалары параллель робот манипулятор үшін кездейсоқ логика әдісіне негізделген адаптивті берілу коэффициентін басқару схемасын жасады. Сонымен қатар, Айас және басқалары өздерінің параллель робот манипулятор үшін адаптивті беріліс коэффициентін басқару схемасын жасады. Бұл белсенді ROM жаттығуларымен де, изотоникалық жаттығулармен де пациенттің мүгедектік деңгейін ескере отырып, күш пен кедергі деңгейін адаптациялау үшін жасалды [72].

Жоғарыда келтірілген қорытындыдан қауіпсіздік әрдайым робот-ассистент-нейрологиялық оңалту үшін аса маңызды болып табылатынын көруге болады. Қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін жұмыс кеңістігіндегі үйлесімділікті бақылау ғана емес, сонымен қатар қозғалтқыштар жұмысы мен роботтың үйлесімділігі де маңызды. Пациент белсенді қозғалыс жасауға ынталанғанда жоспарлы түрде буындарда, бұлшықеттерде белгілі бір күш тудырады. Бұл жағдайда, егер параллель робот манипулятор икемді болмаса, шамадан тыс өзара әрекеттесу күштері пайда болуы мүмкін. Осыған байланысты пневматикалық параллель робот манипулятор бірқатар артықшылықтарға ие: пневматикалық бұлшықет жеңіл салмақ пен икемділікке ие, бұл оны пациенттермен табиғи әрекеттесуге ыңғайлы етеді [74]. Осыған сүйене отырып, көптеген пневматикалық бұлшықеттерге негізделген параллель робот манипулятор түрлері үйлесімділікті басқару бойынша зерттеулерге негізделіп әзірленді: мысалы, кедергіні басқару [68], адаптивті кедергіні басқару [69], беріліс коэффициентін басқару [70] және адаптивті беріліс коэффициентін басқару [71]. Олар адам мен роботтың өзара әрекеттесу күшін өлшеу негізінде берілген траекторияны белгілі бір жағдайларға адаптациялай алады. Керісінше, үйлесілімдікті басқару схемасы электр жетекті параллель робот манипулятор үшін өте маңызды зерттеу саласы болып табылады. Себебі мұндай жетектерде сәйкестік қасиеттері жоқ. Параллель робот манипулятордың бұл түрі үшін үйлесімділікті басқарудың кедергіні басқару [27, 60] және адаптивті кедергіні басқару [72] сияқты көптеген алгоритмдері зерттелді. Кедергіні, беріліс коэффициентін басқару және олардың мүмкіндіктері алдағы жылдары әрқашан зерттеудің негізгі аспектілері болады.

3 сурет – Қарастырылған параллель робот манипуляторлар

Қарастырылған параллель робот манипулятор түрлерінің ұқсастығы.

Механикалық дизайын және оның модификациясы. Параллель робот манипулятор мақсаты тобық буыны кешенінде ROM және бұлшықет күшін қалпына келтіруге көмектесу арқылы тобық буынын оңалтудың тиімділігін арттыру болып табылады. Сондықтан параллель робот манипулятор жеткілікті жұмыс кеңістігіне және жылдамдықты беру және күш беру сипаттамалары сияқты керемет кинематикалық сипаттамаларға ие болуы керек. 3 еркіндік дәрежені қамтитын тобық буыны кешенінің барлық қозғалыстарын қанағаттандыру үшін көптеген параллель робот манипулятор 3 еркіндік дәрежемен жасалады, олар [24, 32, 34, 35, 37, 40, 43-45] жұмыстарда сипатталған. Кейбір параллель робот манипуляторда AD/AB қозғалысын шектеу арқылы механизмді жеңілдету үшін тек 2 еркіндік дәреже болады, олар [25, 55] жұмыста көрсетілген. Сонымен қатар, егер екі параллель робот манипулятор платформасының арасындағы топсалар бір-біріне параллель болса (яғни, екі платформадағы байланыс нүктелері симметриялы болса), онда ол параллель робот манипулятордың сингулярлық конфигурациясына әкелуі мүмкін. Параллель робот манипулятор дизайны күрделі және жұмыс кеңістігін барынша көбейтуге қарсы қозғалтықыш күштерін азайту сияқты бірнеше бір-біріне қарама-қайшы мәселелер арасындағы тепе-теңдікті сақтауды талап етеді. Сондықтан пневматикалық және электрлік параллель робот манипуляторда кинематикалық конфигурация және параллель механизмнің конфигурациясын оңтайландыру алгоритмі қолданылады. Jamwal P K., Hussain S. және басқалары өздерінің параллель робот манипулятор кинематикалық дизайнын, қозғалтқыш дизайнын және

құрылымдық дизайнын оңтайландыру үшін көптеген алгоритмдерді қолданды. Мысалы, модификацияланған генетикалық алгоритмдер [31], эволюциялық алгоритмге негізделген доминацияланбаған сұрыптау алгоритмі [75], модификацияланған дифференциалды эволюция алгоритмдері [38], генетикалық алгоритм (BFSGA) [32]. Сондай-ақ, олар алдыңғы кинематика мәселесін (FK) шешу үшін модификацияланған нақтыланбаған деректер жүйесін (FIS) қолданды. Бұл параллель роботтар қатты байланысқан сызықты емес қозғалыстарына байланысты жасалды. Сонымен қатар, FK-ның жалпылама, бір мәнді шешімін алу мүмкін емес [36]. Ванг және басқалар көп объектілі оңтайландыру мәселесін шешу үшін модификацияланған дифференциалды эволюция алгоритмін (DE) ұсынды. Ол механизм алатын кеңістікті, механизмнің кіріс пен шығыс сипаттамаларын және моментті, сондай-ақ көп өлшемді шектеулерді қамтиды [38]. Жоғарыда келтірілген талдау нәтижелерінен механизмдердің конфигурациясына негізделген параллель робот манипулятордың екі түрі бар екенін көруге болады: қозғалтқышы төменгі жағында орналасқан параллель робот манипулятор және жоғарғы жағында параллель робот манипулятор. Қозғалтқышы төменгі жағында орналасқан параллель робот манипулятор дизайны мен басқаруы едәуір жеңілдетсе де, механикалық айналу осьтері тобық буыны кешенінің айналу осьтерінен алыс орналасқан. Параллель робот манипулятордың айналу центрін тобық буыны кешенінің айналу центрімен сәйкестендіру қиын, бұл оңалту кезінде тобық буыны кешенінің кездейсоқ күштерге тап болуына әкелуі мүмкін. Керісінше, жоғары жақта орналасқан қозғалтқыш пациентке робот үстінде бірқалыпты және қозғалыссыз тұруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ол параллель робот манипулятордың айналу осын тобық буыны кешенінің айналу осымен сәйкестендіруге. Бұл белгілі бір дәрежеде тобық буыны кешенінің екінші рет жарақаттануын болдырмауға септігін тигізеді.

Қорытындылай келе параллель робот манипулятордың механикалық дизайны мен механизмін оңтайландырудың үш негізгі бағыты бар екенін атап өткен жөн. Біріншісі - пневматикалық немесе электр жетегін қолдану, қозғалтқыштың ең жақсы түрін таңдау, сонымен қатар жетекті параллель робот манипулятордың төменгі немесе жоғарғы жағына орналастыру. Екіншісі - тобық буыны кешенінің барлық 3 еркіндік дәрежесін қамту, осылайша бірқатар DO/PL, IN/EV және AD/AB қозғалыстарды оңалту жаттығуларын тиімді жүзеге асыруға болады. Үшіншісі - қалпына келтіру жаттығуларында қолдануға ыңғайлы болу үшін роботтың кинематикалық дизайнын, жетек дизайнын және параллель робот манипулятордың құрылымдық дизайнын оңтайландыру.

Траекторияны бақылау және интерактивті басқару. Траекторияны бақылауды басқару әдістері мен оңалту жаттығуларының нәтижелерінен олардың барлығы тобық буынын оңалту жаттығуларының режимдерімен байланысты екенін көруге болады. Траекторияны бақылауды басқару параллель робот манипуляторға белгілі бір траектория бойынша тобық буыны кешенін басқаруға көмектесу үшін қолданылады. Бір жағынан, ол пассивті оңалту жаттығуларында қолданылады, оның барысында тобық буыны кешені берілген траектория бойымен дөңгелек қозғалыстармен қозғалады. Бұл пациенттерге шектеулі ROM шамасын қалпына келтіруге көмектеседі, ал қисықтық түрі, жылдамдығы, амплитудасы және қайталану саны сияқты траектория параметрлерін физиотерапевттер пациенттің жағдайына қарай белгілей алады [52, 54-56]. Екінші жағынан, траекторияны бақылауды басқару негізінен өлшенген интерактивті күш пен момент және [60, 67, 71] көрсетілгендей беріліс коэффициентін басқару алгоритмі негізінде параллель робот манипулятордың бұрыштық орнын бақылау үшін беріліс коэффициентін басқару тізбегіндегі позициялық қозғалысты басқаруда қолданылады. Интерактивті басқару негізінен адамның қатысуын көздейтін және көбінесе күш пен момент сенсорларына негізделген белсенді оңалту жаттығуларында қолданылады, бұл пациентке тобық буынының жан-жақты ROM шамасын, бұлшықет күшін және проприоцептивті сезімді

одан әрі қалпына келтіруге көмектеседі. Мұндай интерактивті басқару үшін кедергіні басқару [61, 68, 69] және беріліс коэффициентін басқару әдістері жиі қолданылады [60, 67, 71, 72], бұл басқару жүйесінің үйлесімділігін жақсарта алады, пациенттердің тобық буынын оңалту жаттығуларына деген ынтасын арттырады және оңалту жаттығуларының әсерін жақсартады.

Сонымен қатар, пассивті оңалту жаттығуларын және параллель робот манипулятордың жаттығу ауқымын жақсарту үшін бірыңғай күшті басқару және үйлесімділік дәрежесін иерархиялық басқару қолданылды. Алайда, барлық басқару стратегиялары мен оңалту жаттығуларының режимдері тестілеу кезеңінде және олардың ешқайсысы клиникалық қосымшаларда қолданылмайды.

Қысқаша айтқанда, траекторияны бақылау және интерактивті басқару оңалту жаттығуларының әртүрлі әдістері үшін қолданылады. Бір жағынан, траекторияны бақылау дәлдігі қажетті траектория бойынша тобық буыны кешенін дәл басқара алатындай жоғары болуы керек. Бұл РМА-ның сызықты еместігінен пневматикалық жетегі бар параллель робот манипулятор үшін біршама қиын болуы мүмкін. Сондықтан BBDO, NIFT және ABS-SRS сияқты траекторияны бақылауды басқарудың көптеген алгоритмдері жасалды [49, 51, 52, 54]. Екінші жағынан, белсенді оңалту жаттығулары үшін кедергіні басқару, берілу коэффициентін басқару сияқты интерактивті басқару алгоритмдері қолданылады. Ол пациенттің белсенді қатысуын тиімді ынталандырады және жаттығудың қауіпсіздігін қамтамасыз етеді [60, 61, 67-69, 71, 72].

Қарастырылған параллель робот манипулятор арасындағы айырмашылықтар. Жоғарыда аталған жүйелі талдау мен шолуға сүйене отырып, параллель робот манипулятордың көптеген негізгі бағыттары, әсіресе механикалық конструкциялары әртүрлі болғанына қарамастан, бірдей жетек түрлерін қолданатын параллель робот манипуляторға сәйкес келгенін көреміз.

Параллель робот манипуляторды жақсартудың болашақ шешімдері.

Тобық буынын оңалтуға арналған жаттығулар - бұл оңалту робототехникасының шағын саласы. Аяқтың жоғарғы және төменгі бөліктерін оңалту жұмыстарында өте маңызды нәтижелерге қол жеткізілді. Оңалту жұмыстарында қолданылатын заманауи технологиялар параллель робот манипулятордың дамуына негіз бола алады. Біздің ойымызша, болашақ параллель робот манипулятор зерттеулері механизмді оңтайландыруға, өзгермелі параметрлердің сәйкестігін бақылауға, оңалту жаттығуларының көп режимді әдістеріне, қозғалыс ниетін мультимодальды тануға, сондай-ақ оңтайлы жаттығу терапиясын бағалауға және таңдауға бағытталған.

Механизмдердің жұмысын оңтайландыру. Қолданыстағы параллель робот манипулятордың кемшіліктері бар, мысалы, жеткіліксіз немесе артық DOF мәні, тобық буыны кешенінің айналу осьінің механизмнің айналу осьімен сәйкес келмеуі. Тобық буынын оңалту процесі табан буыны кешенінің орналасуының әртүрлі жағдайларын және науқастың аяғының төменгі бөлігін бір уақытта жылжытуды қажет етеді. Күрделі тармақталған механизм кедергілерге, нашар қозғалыс режимдеріне және пайдаланудың қолайсыздығына оңай әкеледі. Үш еркіндік дәреже, механизмнің айналу осьінің тобық буыны кешенінің осьімен сәйкес келуі, жеткілікті дәрежедегі жұмыс кеңістігі, пайдалану қарапайымдылығы мен шағын өлшем – бұл параллель робот манипулятор механизмдерін жобалауда және оңтайландыруда маңызды мәселе болып табылады. Сонымен қатар, қозғалтқыштардың түрлері үлкен мәнге ие. Жоғарыда айтқанымыздай, пневматикалық жетек негізіндегі PARR жұмысы ішкі үйлесімділікке байланысты үлкен артықшылығына ие, бірақ сызықты емес және уақыт өте келе өзгеретін РМА сипаттамаларына байланысты оларды дәл басқару қиын. Электр жетегі бар параллель робот манипуляторды дәл басқаруға болады, бірақ оның ішкі үйлесімділігі жоқ және күрделі, үйлесімділікпен қамтамасыз ету үшін үйлесімділікті басқару алгоритмдерін қолдану қажеттігі туындайды.

Сондықтан, екі жетектің артықшылықтарын біріктіретін қозғалтқыштарды дамыту зерттеудің басым бағыттарының бірі болып табылады, ал кейбір жаңа жетек түрлерін параллель робот манипуляторды дамыту үшін пайдалануға болады.

Айнымалы параметрлермен үйлесімділікті бақылау. Көптеген параллель робот манипулятор түрлері кедергілерді, беріліс коэффициентін және олардың туындыларын бақылау алгоритмдері арқылы үйлесімділікті басқару жүйесінің негізінде жасалды. Алайда, тұрақты параметрлермен үйлесімділікті басқару стратегиясын қолдану ыңғайсыз, өйткені тобық буыны кешенінің механикалық кедергісі оңалту жаттығулары кезінде де, пациенттерге де байланысты өзгереді. Кейбір зерттеушілер беріліс коэффициенттерін [67] және кедргілерді адаптивті басқару жүйесін [69] зерттегенімен, 3 еркіндік дәрежесі бар оңалту роботтарының прототиптерін қолдана отырып, беріліс коэффициенттері мен кедергілерді бірдей, бір уақытта басқарудың стратегиялары мен әдістері әлі де жоқтың қасы. Атап айтқанда, айнымалы параметрлермен үйлесімділікті басқару стратегиясы және кедергілерді басқару жүйесі әлі де модельдеу және зертханалық тәжірибелер сатысында. Айнымалы параметрлермен үйлесімділікті басқару жүйесін тереңірек зерттеу керек. Сонымен қатар, оның тобық буыны кешенінің дисфункция дәрежесіне, ROM шамасына, бұлшықет күшін қалпына келтіру дәрежесіне қарай айнымалы параметрлерді адаптациялау қабілетін зерттеу қажет. Атап айтқанда, айнымалы праметрлері бар үйлесімділік алгоритмдерін есептеу қиын және нақты уақыт режимінде олар төмен өнімділікке ие [69], өйткені адаптация заңдары тек адам мен роботтың өзара әрекеттесуінің өлшенген күшіне және моментіне негізделген. Үйлесімділік параметрлерін реттеу үшін қолданылатын беттік электромиография сигналы (EMG) негізгі зерттеу бағыттарының бірі болып табылады, өйткені EMG сигналдары нақты уақыт режимінде жоғары өнімділікке ие және күш пен момент сенсорларын толықтыра алады.

Қозғалыс жоспарын алдын ала мультимодальды тану. Жоғарыда келтірілген шолудан параллель робот манипулятордың ешқайсысы белсенді оңалту жаттығуларында EMG сигналдарын қолданбайтынын аңғаруға болады. Қазіргі уақытта параллель робот манипулятор да кеңінен қолданылатын сенсорларға күш пен момент сенсоры жатады [60-67]. Алайда, аяқ қозғалысы әрқашан адам денесі қозғалғысы келгеннен кейін пайда болады. Алдын ала болжау нәтижесі - бұл нақты ниет таныту емес, тек қозғалыс ниетінің жанама әсері болып табылады. EMG сигналдары адам денесінің қозғалыс ниетін шындап көрсете алады, өйткені бұлшықет пен жүйке сигналдары электромеханикалық кідіріс деп аталатын күш пайда болғанға дейін шығарылады [70]. Оңалту роботтарын қолдану кезінде қозғалыс ниетін тану үшін EMG көмегімен көптеген зерттеулер жүргізілді. EMG сигналы белсенді жаттығуларды неғұрлым нақты және ыңғайлы ету үшін белсенді жіліншік табан буыны жаттығуларына қосылуы керек, дегенмен EMG сигналдары орналасу, шаршау сияқты әртүрлі факторлардың әсерінен өзгеруі мүмкін.

Оңтайлы физикалық терапияны бағалау және таңдау. Параллель робот манипулятор науқастарға шектеулі ROM қалыптастыруға, әлсіз бұлшықеттерді нығайтуға, динамикалық тепе-теңдік пен қозғалыс функцияларын қалпына келтіруге көмектесу үшін қолданылады. Алайда, параллель робот манипулятордың көпшілігі тек сау адамдарда және аз бөлігі күрделі тобық буыны дисфункциясы бар пациенттерде сыналды [69-71]. Осылайша, қазіргі зерттеулер клиникалық зерттеулерден өзгеше. Сонымен қатар, терапия әр пациенттің қажеттіліктері мен мүмкіндіктеріне бейімделуі керек, өйткені «барлығына бір өлшем» қағидасы бойынша емдеуден аулақ болу керек, өйткені әртүрлі науқастардағы ROM және бұлшықет күші әртүрлі болады. Осылайша, дисфункция дәрежесін бағалау және пациентке және оңалту сатысына байланысты емдік дене шынықтырудың оңтайлы жолдарын әзірлеу клиникалық зерттеулер тұрғысынан өте маңызды болып табылады. Егер параллель робот манипулятор тек ғылыми зерттеулер объектісі ғана емес, клиникалық оңалту процесіне арналатындай болса, бұл жаңа зерттеу бағытына айналатын болады.

Қорытынды.

Бұл шолуда негізінен пневматикалық және электр жетегі бар параллель робот манипулятор түрлері жалпыланған, және атқарушы механизмдердің конфигурациялары, траекторияны бақылаудың әртүрлі әдістері мен оңалту әдістерін ескере отырып зерттелген. Қарастырылған параллель робот манипулятор арасындағы айырмашылықтар мен ұқсастықтарды салыстыру, талдау және жалпылау арқылы механикалық дизайн мен интерактивті басқару стратегияларын жақсарту үшін одан да көп жұмыс істеу керек екенін көреміз. Бұл пациенттің барынша қауіпсіздігін қамтамасыз ету және оңалту нәтижелерін жақсарту үшін қажет. Соңғы екі онжылдықта параллель робот манипуляторды дамытуда және жетілдіруде айтарлықтай прогреске қол жеткізілді, оның механикалық дизайны мен басқару стратегиялары пневматикалық және электр жетегі бар параллель робот манипулятор үшін айтарлықтай жақсартылды. Атқарушы механизмнің айналу осьі тобық буыны кешенінің айналу осьімен сәйкес келетіндей етіп параллель робот манипуляторды тек үш еркіндік дәрежемен дамыту механизмдерді жобалау және параллель робот манипулятор оңтайландыру үшін өте маңызды. Басқару стратегиясына келетін болсақ, нақты уақыттағы жұмысты жақсарту үшін EMG сигналын қосып, айнымалы параметрлермен үйлесімділікті басқаруды толығырақ зерттеу керек. Мультимодальдық қозғалыс ниетін танумен көп режимді оңалту жаттығулары әдістері, нақты уақыттағы онлайн анықтау және бағалау жүйесі мүгедектіктің әртүрлі кезеңдерінің қажеттіліктерін қанағаттандыру және тобық буынын тиімді оңалту үшін жасалуы керек. Жақын арада пневматикалық және электр жетегімен үйлестірілген ең жақсы қасиеттерге ие параллель робот манипулятор түрлері пайда болады. Осы саладағы зерттеу бағыттары мен тенденциялары негізінен механизмді оңтайландыруға, айнымалы параметрлердің сәйкестігін бақылауға, әртүрлі тобық буынын оңалту кезеңдеріне тән қалпына келтіру жаттығуларының көп режимді әдістеріне, қозғалыс ниетін мультимодальды тануға, сондай-ақ оңтайлы жаттығу терапиясын бағалауға және таңдауға бағытталған.

Сондай-ақ, параллель робот манипулятор бірнеше адамның қатысуымен ғана клиникалық сынақтардан өтті, барлық басқару стратегиялары мен оңалту жаттығуларының режимдері әлі күнге дейін тестілеу кезеңінде және әзірше олардың ешқайсысы клиникалық қосымшаларда қолданылмайды. Тобық буынын оңалтуға арналған кейбір қарапайым құрылғылар қазірдің өзінде коммерциялық мақсатта қолданылады, мысалы, Шанхай Fourier Intelligent Technology Co компаниясының AnkleMotus., Ltd, Қытай, және EasyTech бастап Minitalus, Италия. Алайда, олар белгілі бір функцияларды орындау жаттығуларына немесе тобық буынының бір DOF шамасына ғана арналған. Оңалту жаттығуларының неғұрлым күрделі функциясына арналған параллель робот манипулятор түрлері тез дамып келеді және олардың кейбіреулері клиникалық сынақтардан өтіп жатыр. Бір - екі жыл ішінде оңалту тренингінің толық жиынтығы бар параллель робот манипулятор клиникалық практикада қолданылуы мүмкін деп күтілуде. Жалпылама, бұл зерттеу жұмысының мақсаты параллель робот манипулятор саласындағы зерттеулер мен технологияларға жүйелі шолу болып табылады.

Бұл шолудағы біздің көздеген негізгі мақсатымыз - болашақ зерттеушілерді параллель робот манипулятор тобық буынының дисфункциясы бар науқастарға арналған жетілдірілген құрылғыларды жасауға бағыттау. Бұл шолу болашақ көмекші роботтарды әзірлеушілер үшін пайдалы ресурс болады және осы саланың ары қарай дамуына ықпал етеді деп үміттенеміз.

Қаржыландыру. Бұл зерттеуді ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігі қаржыландырды, № AP14972221 гранты.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Mozafarian DB, Benjamin EJ, Go AS, et al. heart disease and stroke statistics-2015 Update: a report from the American heart association. Circulation. 2015;133(4): e38–360.

[2] Zeng X, Zhu G, Zhang M, et al. Reviewing clinical effectiveness of active training strategies of platform-Based ankle rehabilitation robots. J Health care Eng. 2018; 2018:1–12.

[3] Zhang M, Zhu G, Nandakumar A, et al. A virtual-reality tracking game for use in robot-assisted ankle rehabilitation. In: IEEE/ASME International Conference on Mechatronic & Embedded Systems & Applications (MESA), Senigallia. 2014, pp. 1-4.

[4] Khalid YM, Gouwanda D, Parasuraman S. A review on the mechanical design elements of ankle rehabilitation robot. In: Proceedings of the institution of mechanical engineer's part H journal of engineering in medicine. 2015, p. 452–63.

[5] Li J, Zhang Z, Tao C, et al. A number synthesis method of the self-adapting upper-limb rehabilitation exoskeletons. Int J Adv Robot Syst. 2017; 14(3):1–14.

[6] Latham NK, Jette DU, Warren RL, et al. Pattern of functional change during rehabilitation of patients with hip fracture. Archiv Phys Med Rehabil. 2006; 87(1):111–6.

[7] Burdea GC, Cioi D, Kale A, et al. Robotics and gaming to improve ankle strength, motor control, and function in children with cerebral palsy-a case study series. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng. 2013; 21(2):165–73.

[8] Zhu G, Zeng X, Zhang M, et al. Robot-assisted ankle rehabilitation for the treatment of drop foot: A case study. In: IEEE/ASME International conference on mechatronic & embedded systems & applications (MESA). 2016, pp. 1-5.

[9] Farjadian A B, Nabian M, Hartman A, et al. Position versus force control: Using the 2-DOF robotic ankle trainer to assess ankle's motor control. In: 2014 36th annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society, Chicago, IL. 2014, p. 1186-9.

[10] Mirelman A, Bonato P, Deutsch JE. Efects of training with a robot-virtual reality system compared with a robot alone on the gait of individuals after stroke. Stroke. 2009; 40(1):169–74.

[11] Chen K, Wu YN, Ren Y, et al. Home-based versus laboratory-based robotic ankle training for children with cerebral palsy: a pilot randomized comparative trial. Archiv Phys Med Rehabil. 2016;97(8):1237–43.

[12] Zhang M, Davies TC, Xie S. Efectiveness of robot-assisted therapy on ankle rehabilitation—a systematic review. J NeuroEng Rehabil. 2013; 10(1):30.

[13] Hussain S, Jamwal PK, Ghayesh MH. State-of-the-art robotic devices for ankle rehabilitation: mechanism and control review. Proc Instit Mech Eng. 2017; 231(12):1224–34.

[14] Miao Q, Zhang M, Wang C, et al. Towards optimal platform-based robot design for ankle rehabilitation: the state of the art and future prospects. J Healthc Eng. 2018; 2018:1–9.

[15] Marian G. Alvarez-Perez, Mario A. Garcia-Murillo, J. Jesús CervantesSánchez. Robot-assisted ankle rehabilitation: a review, disability and rehabilitation. Assist Technol. 2020; 15(4):394–408.

[16] Girone M, Burdea G, Bouzit M. The Rutgers ankle orthopedic rehabilitation interface. In: Proceedings of the ASME dynamic systems and control division. Nashville, TN, Nov. 1999, p. 305-12.

[17] Siegler S, Chen J, Schneck CD. The three-dimensional kinematics and fexibility characteristics of the human ankle and subtalar joint-Part I: Kinematics. J Biomech Eng. 1988; 110(4):364–73.

[18] Boian R F, Kourtev H, Erickson K, et al. Dual steward-platform gait rehabilitation system for individual's post-stroke. In: Presented at International Workshop on Virtual Rehabilitation Piscataway Nj. 2003, pp. 92.

[19] Yoon J, Ryu J. A new family of 4-DOF parallel mechanisms (1T-3R and 2T-2R) with two platforms and its application to a footpad device. In: ASME 2004 international design engineering technical conferences and computers and information in engineering conference, Vol 2: 28th Biennial Mechanisms and Robotics Conference, Parts A and B. 2004, p. 257-65.

[20] Yoon J, Ryu J. A novel reconfigurable ankle/foot rehabilitation robot. IEEE international conference on robotics & automation. IEEE, 2005; –5.

[21] Dai JS, Zhao T, Nester C. Sprained ankle physiotherapy-based mechanism synthesis and stiffness analysis of a robotic rehabilitation device. Autonom Robots. 2004; 16(2):207–18.

[22] Liu G, Gao J, Yue H, et al. Design and kinematics analysis of parallel robots for ankle rehabilitation. IEEE/RSJ international conference on intelligent robots & systems. IEEE, 2006; 253–8.

[23] Saglia J A, Tsagarakis N G, Dai J S, et al. A high performance 2-dof overactuated parallel mechanism for ankle rehabilitation. 2009 IEEE international conference on robotics and automation. IEEE, 2009; 2180-2186.

[24] Saglia JA, Tsagarakis NG, Dai JS, et al. Inverse-kinematics-based control of a redundantly actuated platform for rehabilitation. Proc Instit Mech Eng. 2009; 223(1):53–70.

[25] Saglia J A, Tsagarakis N G, Dai J S, et al. Control strategies for ankle rehabilitation using a high-performance ankle exerciser. 2010 IEEE international conference on robotics and automation (ICRA). IEEE, 2010; 2221–7.

[26] Saglia JA, Tsagarakis NG, Dai JS, et al. A high-performance redundantly actuated parallel mechanism for ankle rehabilitation. Int J Robot Res. 2009; 28(9):1216–27.

[27] Hamid R, Mozafar S, Alireza R, et al. Path planning of the hybrid parallel robot for ankle rehabilitation. Robotica. 2016; 34:173–84.

[28] Rastegarpanah A, Rakhodaei H, Saadat M, Path-planning of a hybrid parallel robot using stifness and workspace for foot rehabilitation. Adv Mech Eng. 2018; 10:1–10.

[29] Jamwal PK, Xie S, Aw KC. Kinematic design optimization of a parallel ankle rehabilitation robot using modifed genetic algorithm. Robot Autonom Syst. 2009;57(10):1018–27.

[30] Jamwal P K, Hussain S. Design optimization of a cable actuated parallel ankle rehabilitation robot: A fuzzy based multi-objective evolutionary approach. J Intellig Fuzzy Syst. 2016; 25:1897–1908.

[31] Jamwal PK, Hussain S. Multicriteria design optimization of a parallel ankle rehabilitation robot: fuzzy dominated sorting evolutionary algorithm approach. IEEE Trans Syst Man Cybern Syst. 2016; 46(5):589–97.

[32] Zhang M, Cao J, Zhu G, et al. Reconfgurable workspace and torque capacity of a compliant ankle rehabilitation robot (CARR). Robot Autonom Syst. 2017; 98:213–21.

[33] Tsoi Y H, Xie S Q. Design, and control of a parallel robot for ankle rehabiltation. In: 15th international conference on mechatronics and machine vision in practice. 2008, p. 515-520.

[34] Jamwal PK, Xie SQ, Tsoi YH, et al. Forward kinematics modelling of a parallel ankle rehabilitation robot using modifed fuzzy inference. Mech Mach Theory. 2010; 45(11):1537–54.

[35] Wang C, Fang Y, Guo S, Chen Y. Design and kinematical performance analysis of a 3 − RUS/RRR redundantly actuated parallel mechanism for ankle rehabilitation. J Mech Robot. 2013; 5(4):041003-041003-11.

[36] Wang C, Fang Y, Guo S. Multi-objective optimization of a parallel ankle rehabilitation robot using modifed diferential evolution algorithm. Chin J Mech Eng. 2015;2 8(4):702–15.

[37] Wang C, Fang Y, Guo S, et al. Design and kinematic analysis of redundantly actuated parallel mechanisms for ankle rehabilitation. Robotica. 2015; 33(02):366–84.

[38] Cazalilla J, Vallés M, Mata V, et al. Adaptive control of a 3-DOF parallel manipulator considering payload handling and relevant parameter models. Robot Comput Integr Manufact. 2014, p. 468–77.

[39] Abu-Dakk FJ, Valera A, Escalera JA, et al. Trajectory adaptation and learning for ankle rehabilitation using a 3-PRS parallel robot. In: International conference on intelligent robotics and applications. 2015, p. 1–8.

[40] Vallés Marina, Cazalilla José, Valera Ángel, et al. A 3-PRS parallel manipulator for ankle rehabilitation: towards a low-cost robotic rehabilitation. Robotica. 2017; 35:1939–57.

[41] Zhang L, Li J, Dong M, et al. Design and workspace analysis of a parallel ankle rehabilitation robot (PARR). J Healthc Eng. 2019; 4:1–10.

[42] Li J, Zuo S, Zhang L, et al. Mechanical design and performance analysis of a novel parallel robot for ankle rehabilitation. J Mech Robot. 2020;12(5):051007.

[43] Zuo S, Li J, Dong M, et al. Design and performance evaluation of a novel wearable parallel mechanism for ankle rehabilitation. Front Neurorobot. 2020; 14:1–14.

[44] Dong M, Kong Y, Li J, et al. Kinematic calibration of a parallel 2-UPS/RRR ankle rehabilitation robot. Journal of Healthcare Engineering, 2020, 3053629.

[45] Meng W, Liu Q, Zhang M, et al. Compliance adaptation of an intrinsically soft ankle rehabilitation robot driven by pneumatic muscles. In: IEEE international conference on advanced intelligent mechatronics. IEEE. 2017, p. 82–87.

[46] Jamwal P K, Xie S, Farrant J. Fuzzy control of a pneumatic muscle driven parallel robot for ankle rehabilitation. In: ASME 2009 international design engineering technical conferences & computers & information in engineering conference. 2009, pp. 1–10.

[47] Jamwal PK, Xie SQ, Hussain S, et al. An adaptive wearable parallel robot for the treatment of ankle injuries. IEEE/ASME Trans Mechatron. 2014; 19(1):64–75.

[48] Jamwal PK, Hussain S, Tsoi YH, et al. Musculoskeletal model for path generation and modifcation of an ankle rehabilitation robot. IEEE Trans Hum Mach Syst. 2020; 50(5):373–83.

[49] Meng W, Xie SQ, Liu Q, et al. Robust iterative feedback tuning control of a compliant rehabilitation robot for repetitive ankle training. IEEE/ASME Trans Mechatron. 2017; 22(1):173–84.

[50] Ai Q, Zhu C, Zuo J, et al. Disturbance-estimated adaptive backstepping sliding mode control of a pneumatic muscles-driven ankle rehabilitation robot. Sensors. 2018; 18(1):66.

[51] Zuo J, Meng W, Liu Q, et al. Coupling Disturbance Compensated MIMO Control of Parallel Ankle Rehabilitation Robot Actuated by Pneumatic Muscles. In: 2019 IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems (IROS), Macau, China. 2019, pp. 6608–13.

[52] Zhang M, McDaid A, Veale AJ, et al. Adaptive robot with trajectory tracking control of a parallel ankle rehabilitation joint-space force distribution. IEEE Access. 2019; 7:85812–20.

[53] Ayas MS, Altas IH, Sahin E. Fractional order-based trajectory tracking control of an ankle rehabilitation robot. Trans Instit Measur Control. 2016; 40(2):550–64.

[54] Ayas MS, Altas IH. Designing and implementing a plug-in type of repetitive controller for a redundantly actuated ankle rehabilitation robot. Proc Instit Mech Eng. 2018; 232(5):592–607.

[55] Krebs HI, Volpe BT, Aisen ML, et al. Increasing productivity and quality of care: Robot-aided neurorehabilitation. J Rehabil Res Dev. 2000; 37(6):639–52.

[56] Girone M, Burdea G, Bouzit M, et al. Orthopedic rehabilitation using the “Rutgers ankle” interface. Studies in Health Technology & Informatics. 2000; 89–95.

[57] Yoon J, Ryu J, Lim KB. Reconfgurable ankle rehabilitation robot for various exercises: research articles. J Robot Syst. 2005; 22(S1):15–33.

[58] Saglia JA, Tsagarakis NG, Dai JS, et al. Control strategies for patientassisted training using the ankle rehabilitation robot (ARBOT). IEEE/ASME Trans Mechatron. 2013;18(6):1799–808.

[59] Tsoi Y H, Xie S Q. Impedance control of ankle rehabilitation robot. In: IEEE international conference on robotics & biomimetics. IEEE. 2009, p. 840–5.

[60] Tsoi Y H, Xie S Q, Graham A E. Design, modeling and control of an ankle rehabilitation robot. In: Liu D, et al., Eds. Design and control of intelligent robotic systems. Berlin: Springer. 2009, p. 377–99.

[61] Tsoi Y H, Xie S Q, Mallinson G D. Joint force control of parallel robot for ankle rehabilitation. In: IEEE international conference on control & automation. IEEE. 2010, p. 1856–61.

[62] Tsoi Y H. Modelling and adaptive interaction control of a parallel robot for ankle rehabilitation. University of Auckland. 2011, https://researchspace. auckland.ac.nz/handle/2292/6756.

[63] Li J, Fan W, Dong M. Research on control strategies for ankle rehabilitation using parallel mechanism. Cogn Comput Syst. 2020; 2(3):105–11

[64] Li J, Fan W, Dong M, et al. Implementation of passive compliance training on a parallel ankle rehabilitation robot to enhance safety. Ind Robot. 2020; 47(5):747–55.

[65] Dong M, Fan W, Li J, et al. A new ankle robotic system enabling wholestage compliance rehabilitation training. In: IEEE/ASME transactions on mechatronics, 2020, Early access, https://doi.org/10.1109/TMECH.2020. 3022165.

[66] Jamwal PK, Hussain S, Ghayesh MH, et al. Impedance control of an intrinsically compliant parallel ankle rehabilitation robot. IEEE Trans Ind Electron. 2016; 63(6):3638–47.

[67] Jamwal PK, Hussain S, Ghayesh MH, et al. Adaptive impedance control of parallel ankle rehabilitation robot. J Dynam Syst Meas Control. 2017; 139:1–7.

[68] Liu Q, Liu A, Meng W, et al. Hierarchical compliance control of a soft ankle rehabilitation robot actuated by pneumatic muscles. Front Neurorobot. 2017; 11:1–19.

[69] Zhang M, Xie SQ, Li X, et al. Adaptive patient-cooperative control of a compliant ankle rehabilitation robot (CARR) with enhanced training safety. IEEE Trans Ind Electron. 2018; 65(2):1398–407.

[70] Ayas MS, Altas IH. Fuzzy logic based adaptive admittance control of a redundantly actuated ankle rehabilitation robot. Control Eng Pract. 2017; 59:44 – 54.

[71] Zhu L, Shi X, Chen Z, et al. Adaptive servomechanism of pneumatic muscle actuators with uncertainties. IEEE Trans Ind Electron. 2016; 64(4):3329–37.

Нұрсұлтан Жетенбаев, магистр, Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, Алматы, Казахстан, nursultan.zhetenbaev@mail.ru

Акнур Дуйсебаева, докторант, Satbayev University, Алматы, Казахстан, aknurt2014@gmail.com

Гани Балбаев, PhD, ассоциированный профессор, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, g.balbayev@alt.edu.kz

Бейбит Шингисов, PhD, ассоциированный профессор, Академии логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, b.shingisov@alt.edu.kz

Динара Сейсенова, магистр, преподаватель, Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, Алматы, Казахстан, d.seisenova@aues.kz

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ РОБОТ-МАНИПУЛЯТОРОВ ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ

Аннотация. В данной статье подробно описаны типы параллельных робот-манипуляторов с пневматическим и электрическим приводом, а также изучены конфигурации исполнительных механизмов, с учетом различных методов контроля траектории и методов реабилитации. Рассмотренный параллельный робот-манипулятор показывает, что ему нужно еще больше работать над улучшением механического дизайна и интерактивных стратегий управления путем сравнения, анализа и обобщения различий и сходств между ними. Надеемся, что данная статья станет полезным ресурсом для будущих разработчиков роботов-помощников и будет способствовать дальнейшему развитию данной отрасли.

Ключевые слова. Параллельный робот-манипулятор, робот-манипулятор для реабилитации голеностопного сустава, медицинское устройство, тип привода, линейный электропривод, пневматический привод.

Nursultan Zhetenbayev, master's degree, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, nursultan.zhetenbaev@mail.ru

Aknur Duisebayeva, Doctoral student, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, aknurt2014@gmail.com

Gani Balbayev, PhD, associate professor, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, g.balbayev@alt.edu.kz

Beibit Shingissov, PhD, PhD, Associate Professor, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, b.shingisov@alt.edu.kz

Dinara Seisenova, master's degree, teacher, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, d.seisenova@aues.kz

THE CURRENT STATE OF PARALLEL ROBOT MANIPULATORS FOR REHABILITATION

Abstract. This paper presents describes in detail the types of parallel robot manipulators with a pneumatic and electric drive, and the configurations of executive mechanisms, taking into account various methods of trajectory control and rehabilitation methods, are studied. The considered parallel robot shows that even more work needs to be done to improve mechanical design and interactive control strategies by comparing, analyzing and generalizing the differences and similarities between the manipulator. We hope that this article will be a useful resource for future assistant robot developers and will contribute to the further development of this industry.

Keywords. Parallel robot manipulator, robot manipulator for ankle joint rehabilitation, Medecine device, drive type, linear electric drive, pneumatic drive.

****

МРНТИ 29.19.22; 29.19.21; 29.31.23 DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-501-508

А.Т. Акилбеков[1], А. Жумажанова[1,2], А.К.Даулетбекова[1], Г.М.Аралбаева[1]
[1] Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
[2] Астанинский филиал института ядерной физики, Астана, Казахстан
E-mail: agm_555@mail.ru

СТРУКТУРНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ ВЛИЯЮЩИЕ НА РАДИАЦИОННУЮ СТОЙКОСТЬ КЕРАМИКИ SI_3N_4

Аннотация. В работе представлены исследования влияния радиационных повреждений, на радиационную стойкость поликристаллической керамики нитрида кремния, облученного ионами ксенона с энергиями 167 и 220 МэВ. Показано создание латентных треков и формирование остаточных механических напряжений в облученном слое. Облученные образцы изучались методами рамановской спектроскопии на лазерном конфокальном сканирующем микроскопе Solver Specrtum, NT-MDT, а также проводился микроструктурный анализ на микроскопах JEOL JEM 2100 LaB6 Центра высокоразрешающей электронной микроскопии университета им. Н. Манделы, Порт-Элизабет, ЮАР. Расчеты потери энергии на ионизацию и упругое рассеяние, а также проективных пробегов ионов проводился с использованием программного пакета SRIM-2013. Удельные потери энергии на ионизацию в приповерхностном слое мишени (Si_3N_4) составили S_e =20,8 кэВ/нм (облученных ионами ^{132}Xe 167 МэВ флюенс $1\times10^{12}\div1,2\times10^{15}$см$^{-2}$), S_e =21,9 кэВ/нм (облученных ионами ^{132}Xe 220 МэВ флюенс $5\times10^{11}\div2\times10^{14}$ см$^{-2}$).

Ключевые слова. Керамика Si_3N_4, радиационная стойкость, удельные ионизационные потери, быстрые тяжелые ионы с энергиями осколков деления, аморфизация, латентные треки.

Введение.

В настоящее время в результате интенсивных исследований найдены диэлектрические материалы - керамики на основе нитридов, которые демонстрируют повышенную радиационную стойкость к высокоэнергетическому облучению тяжелыми ионами, моделирующему воздействие продуктов деления ядерного топлива. Как известно, структурная чувствительность твердых тел к этому виду излучения определяется, прежде всего, возможностью образования латентных треков, протяженных дефектов в наноразмерной области, окружающей траекторию иона. Повреждения структуры, индуцированные в твердых телах тяжелыми ионами высоких энергий (E ≥ 1 МэВ/нуклон), являются малоизученными по сравнению с воздействием других видов ядерных излучений. Основная причина заключается в сложности процессов дефектообразования в условиях высоких уровней удельных ионизационных потерь энергии. Помимо радиационных повреждений, формируемых в упругих столкновениях, в большом количестве материалов, начиная с некоторого порогового значения электронных потерь энергии, могут создаваться так называемые латентные треки – протяженные разупорядоченные области вокруг ионных траекторий, а также наноразмерные дефекты на поверхности.

Латентные треки не были обнаружены в ZrN, AlN, SiC даже при чрезвычайно высоких уровнях удельных ионизационных потерь энергии, выше 30 кэВ/нм, характерных для самых тяжелых одноатомных частиц, таких как уран, висмут или свинец, пучки которых можно получить на ускорителях тяжелых ионов [1, 2]. В то же время ионизация может влиять на эволюцию дефектной структуры в диэлектриках, даже не являясь

независимым источником радиационного повреждения, что особенно очевидно для кристаллов с ионными и смешанными ионно-ковалентными связями.

Si_3N_4 – это сложная керамика, представляющая интерес для радиационного материаловедения, поскольку является единственной нитридной керамикой, в которой были обнаружены латентные треки.

Как известно, существует два основных канала дефектообразования при облучении материалов: по каналу упругого (нейтроны и ионы низких энергий) и неупругого (ионы высоких энергий) рассеяния (взаимодействия налетающих частиц и атомов мишени). К настоящему времени уже большее количество исследований было посвящено отклику керамических материалов, в частности нитридных, при воздействии нейтронами и низкоэнергетическими ионами, их результаты позволяют создать достаточно полноценное и всестороннее понимание механизмов дефектообразования по данному каналу и, как следствие, радиационно стимулированные изменения свойств материалов. Влияние же структурных нарушений, образованных по второму каналу, все еще остается малоизученным, что дает дополнительную мотивацию для данной работы.

Так же необходимо отметить, что большая часть имеющихся работ посвящена исследованию протяженных треков и определению порогового уровня ионизационных потерь для их образования, что не дает необходимой информации о начале процесса разрушения кристаллической решетки, и, следовательно не позволяет оценить нижнюю границу радиационной стойкости материала.

Облучение тяжелыми ионами с энергиями 1-3 МэВ/нуклон характеризуется ярко выраженным неоднородными профилями электронных и ядерных потерь энергии. Электронные и ядерные потери ионов изменяются в материале в широком интервале значений. Возникает неоднородное распределение дефектов, и вследствие этого неоднородное распределение механических напряжений. При данных уровнях энергии ионов во многих диэлектриках возникают треки [1,2], но Si_3N_4 является единственной нитридной керамикой, в которой были обнаружены латентные треки быстрых тяжелых ионов [3-6]. Они представляют собой протяженные структурные дефекты, формируемые за счет ионизации высокой плотности, невоспроизводимые при других видах радиационного воздействия. Одним из следствий образования латентных треков являются локальные механические напряжения в области ионной траектории [7]. Поэтому параметры поля напряжений – уровень и пространственное распределение будут определяться плотностью таких областей и их интерференцией при перекрытии, особенно многократном, что происходит уже при флюенсах ~ 1×10^{13} см$^{-2}$. В настоящее время подобные процессы остаются малоисследованными.

Целью данной работы является исследование методами рамановской спектроскопии и просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения структурного состояния облученного высокоэнергетическими ионами ксенона.

Материалы и методы.

Объектами исследования данной работы были поликристаллические керамики нитрида кремния β-Si_3N_4, производства MTI Corporation (ρ~3.26 г/см^3). Размеры зёрен варьировались от нескольких сотен нанометров до нескольких микрон. По данным энерго-дисперсионного анализа в составе Si_3N_4 была зарегистрирована примесь алюминия в количестве ~ 3 ат. %, при этом в некоторых зернах концентрация алюминия находилась на не детектируемом уровне.

Основные параметры экспериментов по облучению Si_3N_4 представлены в таблице 1 (S_e – удельные потери энергии на ионизацию в приповерхностном слое мишени). Образцы облучались ионами ^{132}Xe с энергией 167, 220 МэВ при комнатной температуре. Расчет потерь энергии на ионизацию и упругое рассеяние, а также проективных пробегов ионов

проводился с использованием программного пакета SRIM-2013 [8]. Плотность потока ионов (~10^8 см$^{-2}$с$^{-1}$) в процессе облучения на всех ускорителях выбиралась таким образом, чтобы исключить возможные температурные эффекты.

Таблица 1 - Основные параметры эксперимента по облучению Si_3N_4

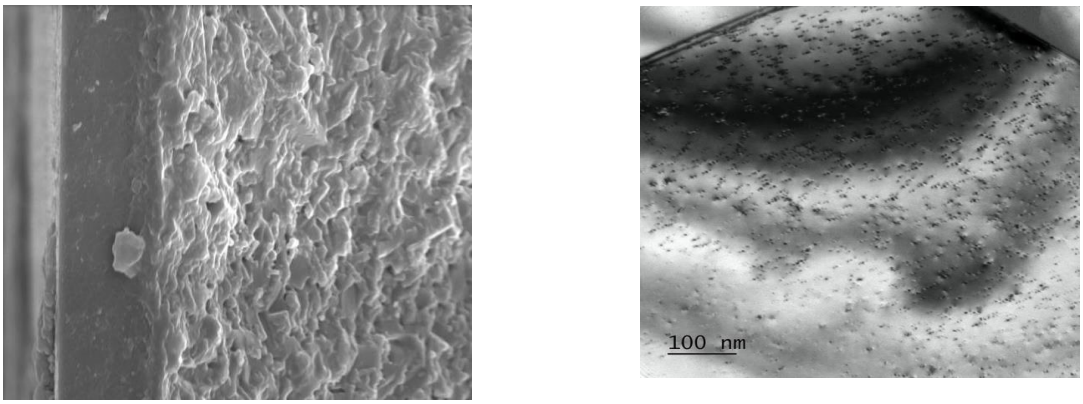
Ион	Энергия, МэВ	S_e, кэВ/нм	Флюенс, см$^{-2}$
^{132}Xe	167	20,8	$1\times10^{12}\div1{,}2\times10^{15}$
	220	21,9	$5\times10^{11}\div2\times10^{14}$

Микроструктурный анализ облученных мишеней проводился на микроскопах JEOL JEM 2100 LaB6 Центра высокоразрешающей электронной микроскопии университета им. Н. Манделы, Порт Элизабет, ЮАР и Talos F200i S/TEM ЛЯР ОИЯИ [9-11].

Облученные образцы изучались методами рамановской спектроскопии на лазерном конфокальном сканирующем микроскопе Solver Specrtum, NT-MDT. Для исследования образцов использовался синий лазер. Спектры комбинационного рассеяния, возбуждаемые на длине волны λ=473 нм, регистрировались как на поверхности и на поперечных отполированных сколах образцов вдоль траектории движения ионов. Сканирование начиналось на расстоянии около 4-5 мкм от переднего края поверхности образца. Шаг сканирования составлял 0,25 мкм. Размер лазерного пятна на образцах составлял около 1 мкм. Время измерения было оптимизировано для получения максимальной интенсивности и составляло 30 секунд.

Результаты.

Воздействие ионов ксенона с энергией 167 МэВ приводит к формированию прерывистых треков в поликристаллическом нитриде кремния [9]. Из рисунка 1 видна аморфизация поверхностного слоя при облучении керамики поликристаллического нитрида кремния ионами ксенона. На рисунке 2 это представлено в зависимости от флюенса облучения. Толщина аморфизованного слоя составляет порядка 8 мкм. Аморфные латентные треки и их увеличение с ростом флюенса представлены на рисунке 2 по предыдущим результатам [7].



а Б

Рисунок 1 - ПЭМ изображение Si3N4: а) поперечного скола, после облучения ионами 167 МэВ Xe до флюенса $3{,}2\times10^{13}$ см$^{-2}$ направление ионного пучка показано стрелкой [7] и б) поверхности, облучение ионами 220 МэВ Xe [10]

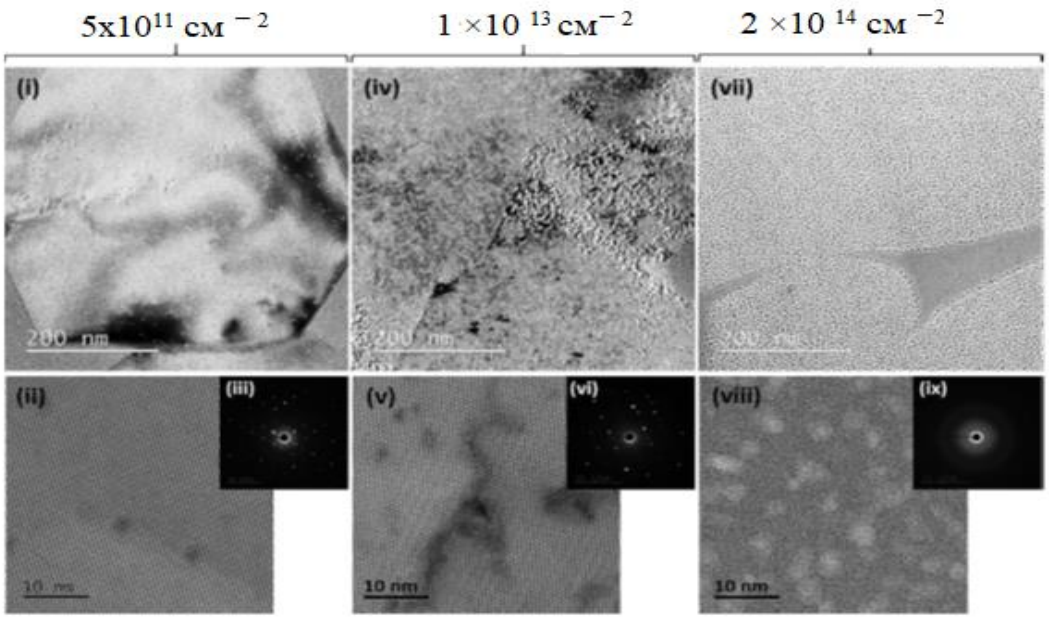
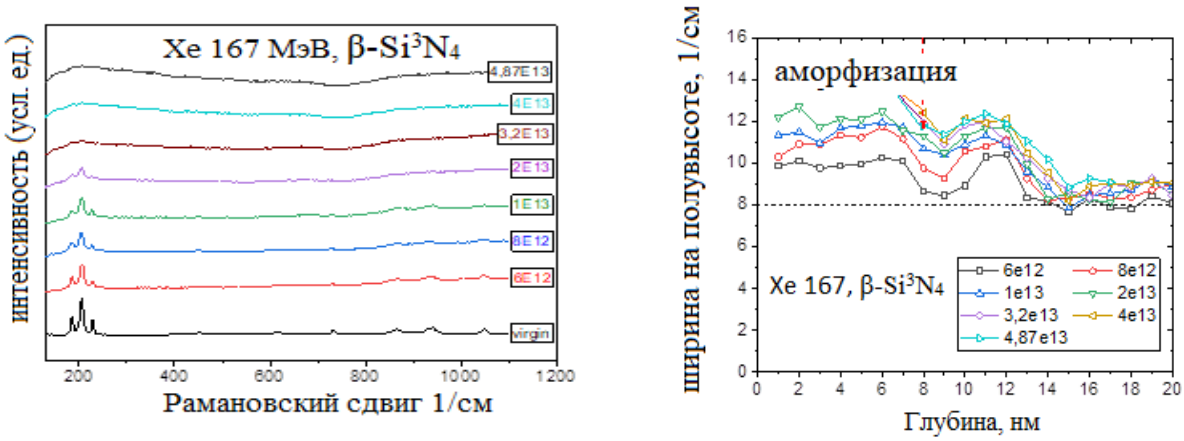


Рисунок 2 - ПЭМ изображения образцов Si_3N_4 облученном 220 МэВ Xe до флюенсов (левая колонка) 5 ×10 ^{11} см $^{-2}$, (средняя колонка) 1 ×10 ^{13} см$^{-2}$, (правая колонка) 2 ×10 ^{14} см $^{-2}$. Снимки представлены в светлопольном виде Matching image types are arranged (i, iv и vii), (ii, v и viii) кольцевое светлопольное и (iii, vii и ix) дифракционные снимки [11]

Далее были оценены радиационно-стимулированные напряжения, возникающие в материале с использованием результатов рамановской спектроскопии. На рисунке 3 представлены рамановские спектры поликристаллической керамики нитрида кремния после облучения ионами 167 МэВ ксенона.



а б

Рисунок 3 - а) Рамановские спектры Si_3N_4, б) Вариация спектрального положения линии 204 см$^{-1}$ по глубине облученного слоя для разных флюенсов ионов 167 МэВ Xe

Обсуждение.

В настоящее время известны двенадцать пиков, связанных с β-Si^3N_4: пять из них - Ag, два - E1g и пять - симметрии E2g. В данной работе спектр комбинационного рассеяния исходного образца нитрида кремния имеет 10 пиков (рисунок 3) [12-16]. Поскольку интенсивность сигнала сильно зависит от рельефа, в качестве параметра для

сравнения спектров по глубине был выбран такой параметр, как ширина на полувысоте (FWHM).

Увеличение флюенса ионов приводит к уширению всех линий спектра и, следовательно, к росту значений. На рисунке 3б показано изменение FWHM главной линии комбинационного рассеяния 204 см$^{-1}$ по толщине облученного ионами ксенона слоя Si_3N_4.

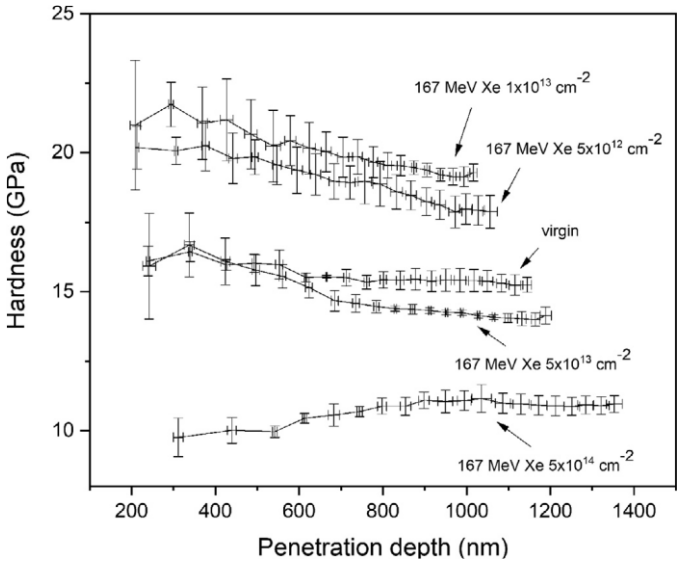


Рисунок 4 - Зависимость нанотвердости от глубины и флюенса для нитрида кремния, облученного ионами 167 МэВ Xe [11]

В предыдущей работе [7], по этой линии был оценен аморфизированный слой он составил около 8 мкм. По вариациям спектрального положения линии 862 см$^{-1}$ были определены механические напряжения. Так, начиная с поверхности до глубины, определяющей размер аморфизованного при высоких флюенсах слоя, регистрируются сжимающие напряжения, о чем говорит сдвиг частоты излучения в меньшую сторону. При больших глубинах знак напряжений изменяется на противоположный (растягивающие напряжения) с постепенным уменьшением до исходного уровня, на глубине, значительно превышающей пробег ионов. Максимальные положительные сдвиги линии 862 см$^{-1}$ составили около 6 см$^{-1}$ для ионов ксенона, что, с учетом приведенного выше PS коэффициента, составляет 13,2 ГПа. Также на поверхности наблюдается повышение твердости с последующим уменьшением по глубине облученного слоя, что связано с деформационными эффектами, рисунок 4 [11].

Одним из путей восстановления структуры является отжиг при достаточно высоких температурах. Очевидно, что происходит процесс рекристаллизации трековых областей, что будет приводить к уменьшению не только количества видимых дефектов, но и их размеров.

Заключение.

При облучении керамики поликристаллического нитрида кремния ионами 167 и 220 МэВ ионами, наблюдается аморфизация поверхности. Установлено, что в облученном слое аккумулируются как сжимающие, так и растягивающие механические напряжения. Предполагается, что область действия сжимающих напряжений ограничена зоной формирования латентных треков. За границей этой зоны регистрируются растягивающие

напряжения, детектируемые на глубинах, превышающих проективный пробег ионов ксенона и висмута.

Зависимость от дозы FWHM главной линии 204 см$^{-1}$ была использована для определения размера области, аморфизуемой в результате многократного перекрытия латентных треков. Полученные данные согласуются с результатами, полученными методом сканирующей электронной микроскопии.

Для восстановления поверхности предполагается будет хорошо работать пострадиационный отжиг.

Благодарность. Работа выполнена по гранту МОН РК AP 08856368 «Радиационная стойкость керамик на основе нитридов и карбидов по отношению к воздействию тяжелых ионов с энергиями осколков деления».

ЛИТЕРАТУРА

[1] Dauletbekova A., Skuratov V., Kirilkin N., Manika I., Maniks J., Zabels R., A. Akilbekov, Volkov A., Baizhumanov M., Zdorovets M., Seitbayev A. Depth profiles of aggregate centers and nanodefects in LiF crystals irradiated with 34 MeV 84Kr, 56 MeV 40Ar and 12 MeV 12C ions // Surface and Coatings Technology. - 2018. - V. 355. - C. 16-21.

[2] Janse van Vuuren A., Saifulin M. M., Skuratov V. A., O'Connell J. H., Aralbayeva G., Dauletbekova A., Zdorovets M. V. The influence of stopping power and temperature on latent track formation in YAP and YAG // Nucl. Instruments Methods Phys. Res. Sect. B Beam Interact. with Mater. Atoms. – 2019. – V.460. – C.67-73.

[3] Janse van Vuuren A., Skuratov V., Ibrayeva A., Zdorovets M. Microstructural Effects of Al Doping on Si_3N_4 Irradiated with Swift Heavy Ions // Acta Physica Polonica A. –2019. –T. 136. –C. 241-244.

[4].. Janse van Vuuren A., Ibrayeva A., Skuratov V., Zdorovets M. Analysis of the microstructural evolution of silicon nitride irradiated with swift Xe ions // Ceramics International. – 2020. –T. 46. – №. 6. – C. 7155-7160.

[5] Kitayama T., Morita Y., Nakajima K., Narumi K., Saitoh Y., Matsuda M., Sataka M., Tsujimoto M., Isoda S., Toulemonde M., Kimura, K. Formation of ion tracks in amorphous silicon nitride films with MeV C60 ions // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. –2015. –T. 356. – C. 22-27.

[6] Morita Y., Nakajima K., Suzuki M., Narumi K., Saitoh Y., Ishikawa N., Hojou K., Tsujimoto M., Isoda S., Kimura K. Surface effect on ion track formation in amorphous Si_3N_4 films // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. –2013. –T. 315. – C. 142-145.

[7] Zhumazhanova Ainash, Mutali Alisher, Ibrayeva Anel, Skuratov Vladimir, Dauletbekova Alma, Korneeva Ekaterina, Akilbekov Abdirash and Zdorovets Maxim. Raman Study of Polycrystalline Si3N4 Irradiated with Swift Heavy Ions // Crystals. – 2021. – V. 11. – № 1313. – C. 10.

[8] Ziegler J. F., Biersack J. P., Littmark U. The Stopping Range of Ions in Solids / Pergamon Press. New York. - 1985. – 321 C.

[9] Janse van Vuuren A., Skuratov V., Ibrayeva A., Zdorovets M. Microstructural Effects of Al Doping on Si_3N_4 Irradiated with Swift Heavy Ions // Acta Physica Polonica A. –2019. –T. 136. –C. 241-244.

[10] Janse van Vuuren Arno, Mutali Alisher, Ibrayeva Anel, Sohatsky Alexander, Skuratov Vladimir, Akilbekov Abdirash, Dauletbekova Alma and Maxim Zdorovets. High Energy Heavy Ion Tracks in Nanocrystalline Silicon Nitride // Crystals. - 2022 (in press).

[11] Korneeva E.A., Ibrayeva A., Janse van Vuuren A., Kurpaska L., Clozel M., Mulevska K., Kirilkin N.S.,. Skuratov V.A, Neethling J., Zdorovets M. Nanoindentation testing of Si_3N_4 irradiated with swift heavy ions // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B. -2021. – V. 555. – C. 153120.

[12] Vogelgesang R., Grimsditch M. and Wallace J.S., Polarized ultraviolet Raman spectroscopy of β-Si_3N_4. //Journal of Applied Physics. -2002. -V. 92. -№ 6. - C. 3103-3106.

[13] Dong J. and Sankey O. F., Assignment of the Raman active vibration modes of β-Si_3N_4 using micro-Raman scattering. // Journal of Applied Physics. - 2000. - V. 87. - № 2. - C. 958-959.

[14] Wada N., Solin S.A., Wong J. and Prochazk S. Raman and IR absorption spectroscopic studies on α, β, and amorphous Si_3N_4. // Journal of Non-Crystalline Solids. -1981. - V. 43. - C. 7-15.

[15] Honda K., Yokoyama S., Tanaka S. Assignment of the Raman active vibration modes of β-Si_3N_4 using micro-Raman scattering. // Journal of Applied Physics. - 1999. - V. 85. - C. 7380.

[16] Qingfeng Zeng, Litong Zhang, Laifei Cheng, Yongdong Xu. First-principles study of vibrational and dielectric properties of β-Si3N4. //Journal of Physical Review B. - 2006. - V. 74. -C. 174301

Абдираш Акилбеков, д.ф.-м.н, профессор, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, akilbek_ata@mail.ru

Айнаш Жумажанова, магистр, Астанинский филиал института ядерной физики, Астана, Казахстан, ainashzhumazhanova@gmail.com

Алма Даулетбекова, д.ф.-м.н, профессор, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, alma_dauletbek@mail.ru

Гульнара Аралбаева, PhD, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, agm_555@mail.ru

SI_3N_4 КЕРАМИКАСЫНЫҢ РАДИАЦИЯЛЫҚ ТӨЗІМДІЛІГІНЕ ӘСЕР ЕТЕТІН ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЗАҚЫМДАНУ

Аңдатпа. Мақалада 167 және 220 МэВ энергиялары бар ксенон иондарымен сәулеленген кремний нитридті поликристалды керамикасының радиациялық төзімділігіне әсер ететін радиациялық зақымданулардың әсері туралы зерттеулер келтірілген. Жасырын тректердің қалыптасуы және сәулеленген қабатта механикалық кернеулердің әсерінен пайда болған өзгерістер туралы айтылған. Сәулеленген үлгілер Raman спектроскопиясы арқылы Solver Specrtum, NT-MDT лазерлік конфокальды сканерлеу микроскопында және микроқұрылымдық талдау Порт-Элизабет, Оңтүстік Африка, Н.Мандела университеттің жоғары ажыратымдылықтағы электронды микроскопия орталығының JEOL JEM 2100 LaB6 микроскоптарында зерттеулер жүргізілген. Иондану және серпімді шашырау үшін энергия шығынын есептеу, сондай-ақ, иондардың проективті жүгірістері SRIM-2013 бағдарламалық пакетін қолдану арқылы жүргізілген. Нысананың беткі қабатындағы (Si3N4) ионданудың меншікті энергия шығыны Se =20,8 кэВ/нм тең (^{132}Xe 167 МэВ иондарымен сәулеленген флюенс $1\times10^{12}\div1{,}2\times10^{15}$ см$^{-2}$), Se =21,9 кэВ/нм (^{132}Xe 220 МэВ иондарымен сәулеленген флюенс $5\times10^{11}\div2\times10^{14}$ см$^{-2}$).

Түйінді сөздер. Диэлектриктер, радиациялық төзімді материалдар, энергия шығындары, иондар жүрген жолы, жылдам ауыр иондар, аморфизация, жасырын жолдар.

Abdirash Akilbekov, doctor of physical and mathematical sciences, professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, akilbek_ata@mail.ru

Ainash Zhumazhanova, master of physics, Astana Branch of the Institute of Nuclear Physics, Astana, Kazakhstan, ainashzhumazhanova@gmail.com

Alma Dauletbekova, doctor of physical and mathematical sciences, professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, alma_dauletbek@mail.ru

Gulnara Aralbayeva, PhD, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, agm_555@mail.ru

STRUCTURAL DAMAGE AFFECTING THE RADIATION RESISTANCE OF SI_3N_4 CERAMICS

Annotation. The paper presents studies of the influence of radiation damage affecting the radiation resistance of polycrystalline silicon nitride ceramics irradiated with Xe ions with energies of 167 and 220 MeV. The formation of latent tracks and the formation of residual mechanical stresses in the irradiated layer are shown. The irradiated samples were studied by Raman spectroscopy on a laser confocal scanning microscope Solver Specrtum, NT-MDT, and microstructural analysis was also carried out on microscopes JEOL JEM 2100 LaB6 of the Center for High-Resolution Electron Microscopy of the University. N. Mandela, Port Elizabeth, South Africa. Calculations of energy losses for ionization and elastic scattering, as well as projective ranges of ions, were carried out using the SRIM-2013 software package. The specific energy loss for ionization in the surface layer of the target (Si3N4) was Se = 20.8 keV/nm (fluence $1\times10^{12}\div1.2\times10^{15}$ cm^{-2} irradiated with $_{132}Xe$ ions), Se = 21.9 keV/nm (irradiated with $_{132}Xe$ ions 220 MeV fluence $5\times10^{11}\div2\times10^{14}$ cm^{-2}).

Keywords. Dielectrics, radiation-resistant materials, energy losses, ion range, fast heavy ions, amorphization, latent tracks.

****

УДК: 519.6 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-509-519**

Б.А.Тойганбаев, К.Т.Кошеков[1], А.К.Кошеков[1],
К.Алибеккызы[2]✉, А. Байдильдина[2]
[1]Академия гражданской авиации, Алматы, Казахстан
[2]Восточно-Казахстанский технический университет им. Д.Серикбаева,
Усть-Каменогорск, Казахстан
E-mail: Karlygash.eleusizova@mail.ru

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОВНЯ ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ АВИЦИОННОЙ ОТРАСЛИ

Аннотация. В статье поставлена цель разработки методики количественного оценивания и прогнозирования уровня цифровой зрелости предприятий и основных бизнес-процессов авиационной отрасли. Модель цифровой зрелости авиационной отрасли рассматривается как композиция экспертно-взвешенных по уровню значимости технологий системы цифровой трансформации. В структурно-функциональной модели цифровой трансформации авиапредприятия наиболее перспективными и практически значимыми технологическими направлениями являются: «Инфраструктура и инструменты»; «Процессы и продукты»; «Данные»; «Модели»; «Кадры». Кадры оцениваются индивидуально по совокупности индикаторов качества. Интегрирующим фактором и инструментом в среде цифровой трансформации является технологии - Big Data. Формализация процесса оценки уровня цифровой зрелости предприятия опирается на многоподходную методику с использованием разделов теории вероятностей, математической статистики, теории нечетких множеств, имитационного моделирования, метода экспертных оценок. Нечеткая модель оценки уровня цифровой зрелости представляет композицию цифровых технологий: «Инфраструктура и инструменты»; «Процессы и продукты»; «Данные»; «Модели»; «Кадры». Оптимизация параметров нечеткой модели осуществляется имитационным исследованием. Агрегирование результатов нечеткого имитационного и аналитического оценивания уровня цифровой зрелости авиационного предприятия опирается на нейронный подход.

Ключевые слова. Авиационная отрасль, цифровая трансформация, инструменты, технологии, модель, трансформация, вероятность, имитация, уровень зрелости.

Введение.

Цифровая трансформация породила глобальную конкуренцию на всех социально-экономических уровнях, преодолевая и разрушая государственные и континентальные границы, особенно в сфере электронных услуг. В подобной среде важнейшим фактором конкурентного преимущества проявляется необходимость и способность обработки и анализа больших объемов данных [1-5]. Системная динамика изменяющихся потребностей определяет устойчивость и перспективы развития бизнеса. С точки зрения специалистов предметный признак цифровой трансформации, который ее выделяет из фона равно функциональных понятий и определений, например, цифровизации – это интеграция платформ и переход от количества к качеству, решение сложных системных проблем во всех без исключения социально-экономических средах. Отраслевая специфика цифровой трансформации присутствует во всех бизнес-процессах и бизнес-средах, порождая новые, не только информационные, но и правовые связи. Еще сравнительно недавно считали, что цифровая трансформация это локальное (островковое) внедрение цифровых технологий для компьютеризации отдельных услуг или бизнес-процессов с

целью повышения производительности информационных документированных процедур. Но уже через 9 лет пришло понимание, что цифровая трансформация – это организация компанией бизнес-процессов и практик таким образом при которой представляется возможным успешно конкурировать в все более интегрированном цифровом мире. Для сравнительного анализа и оценки этого уровня необходим критерий, и в качестве подобного критерия был предложен «уровень цифровой зрелости» [6,7,8]. При реализации проектов повышения цифровой зрелости использовались следующие оценки: текущая цифровая зрелость; желаемый уровень цифровой зрелости и план действий в достижении целевого уровня цифровой зрелости.

Материалы и методы.

Методология исследования базируется на системном подходе. В данной интерпретации система рассматривается, как интегрированная совокупность управляющих цифровых агентов управления, где агентами могут быть цифровые технологии, находящиеся в системной связи друг с другом как определенная целостность, связанная с внешней средой. В качестве прикладных инструментов формализации методов системного подхода, в задачах оценки и прогнозирование технологической и эксплуатационной динамики, используются: экспертные оценки, технологические аналогии, функциональные зависимости, вероятностные и имитационные модели, нечеткие множества, агентные подходы. Для проведения компьютерного эксперимента используется программное приложение, разработанное в предыдущих исследованиях. Статистические данные для моделирования использованы из отчетных документов авиационных предприятий. Для исследования статистического материала на однородность использовались F- критерий Фишера и t - критерий Стьюдента. Для обработки результатов статистических исследований использовался пакет Statistica 10.

Результаты и обсуждение.

Цель исследования состоит в разработке формальной методики количественного оценивания уровня цифровой зрелости предприятий авиационной отрасли.

Рабочая гипотеза исследований состоит в подходе к цифровой трансформации – как к процессу, а к цифровой зрелости технологии - как механизму оценивания уровня цифровой трансформации.

Интегрированная оценка уровня цифровой зрелости предприятия авиационной отрасли является одним из ключевых проектов в его жизненном цикле. В связи с тем, что в системе управления бизнес-процессами сложных многопараметрических хозяйствующих субъектов принятие решений осуществляется в нечеткой параметрической среде и данных, количественная оценка текущего уровня и активности субъекта в процессе цифровой трансформации представляется крайне актуальной и сложной. В силу указанных обстоятельств, в мировой практике разрабатывается много подходов к решению этой задачи. Одна из методик расчета подобного Показателя, «достижение «цифровой зрелости» ключевых отраслей экономики и социальной сферы», представлена в документе [8]. В данной методике предлагается формальный подход и математическое выражение расчета искомого Показателя по следующей формуле:

$$ЦЗО = (0{,}25 \cdot У_{ии} + 0{,}25 \cdot У_{рцр} + 0{,}5 \cdot У_{цзо}),$$

где ЦЗО - достижение цифровой зрелости отраслей экономики и социальной сферы в процентах;

$У_{ии}$ - доля достижения целевого значения численности специалистов, интенсивно использующих ИКТ, занятых в экономике в процентах;

$У_{рцр}$ - доля достижения целевого значения роста расходов организаций на внедрение и использование современных цифровых решений в процентах;

$У_{цзо}$ - доля достижения целевого значения цифровой зрелости отраслей экономики и социальной сферы в процентах.

Главным недостатком данного метода является строго детерминированный подход, который неадекватен реальной обстановке.

В данном исследовании предлагается метод оценки показателя цифровой зрелости, который опирается на «нечеткий» подход, и использующий теорию нечетких множеств, что является характерным для решаемой задачи.

Предлагаемая «нечеткая» модель использует нейронный принцип агрегирования взвешенных ключевых цифровых технологий предприятия, которые представленны на рисунке1. Цифровые технологии в нечетких моделях и алгоритмах рассматриваются, как лингвистические переменные (ЛП) [22].

Наибольшее распространение получил форма в виде трапеции:

$$MF(x)=\begin{cases}1-\dfrac{b-x}{b-a}, & a\le x\le b\\ 1, & b\le x\le c\\ 1-\dfrac{x-c}{d-c}, & c\le x\le d\\ 0, \text{ в остальных случаях.}\end{cases}$$

Трапеция в графическом виде демонстрируется рисунком 3.

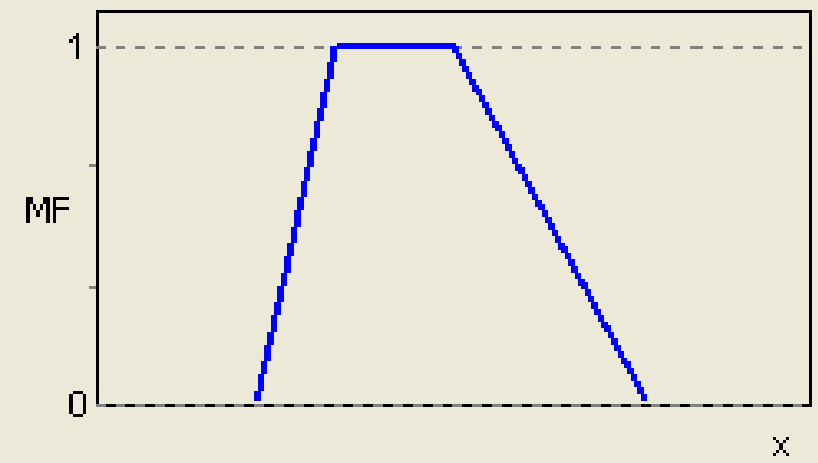


Рисунок 1 - Геометрия типовых функций принадлежности

В данной задаче предпочтение отдается трапеции с параметрами a,b,c,d, которые определяются экспертными методами, либо имитационным образом. Лингвистические переменные в данном случае представляются композицией следующих цифровых технологий-агентов: инфраструктура и инструменты; процессы и продукты; данные; модели; кадры. На рисунках 2-6 представлены графические модели нечетких ЛП.

1. Лингвистическая переменная К1- «Инфраструктура и инструменты» и функции принадлежности множества термов представлены на рисунке 2.

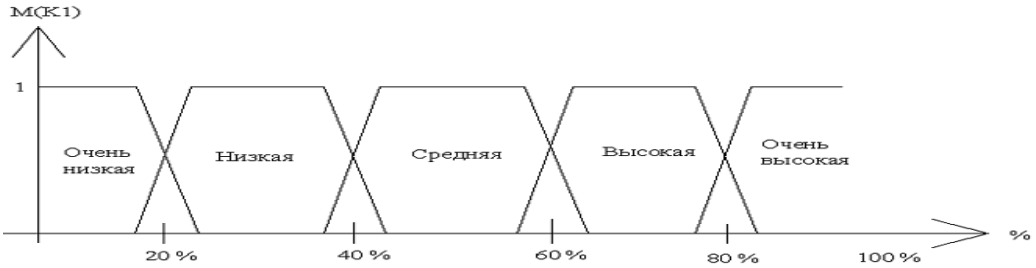


Рисунок 2 -Лингвистической переменная «Инфраструктура и инструменты»

2. Лингвистическая переменная К2 - «Процессы и продукты» представлены на рисунке 3. (К2) содержит пять термов: $К_{21}$ – очень низкая, $К_{22}$ – низкая, $К_{23}$ – средняя, $К_{24}$ – высокая, $К_{25}$ – очень высокая.

Рисунок 3 - Лигвистическая переменная К2 - «Процессы и продукты» и функции принадлежности лингвистической переменной

3. Лингвистическая переменная К3- «Данные» (качество данных). (К3) содержит четыре терма: $К_{31}$ – низкое, $К_{32}$ – среднее, $К_{33}$ – выше среднего, . $К_{34}$ – высокое.(рис.4).

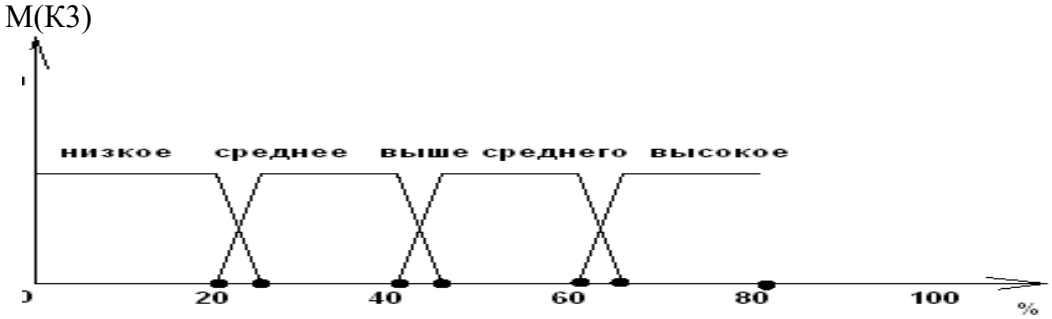


Рисунок 4 - Функция принадлежности лингвистической переменной «Данные»

4. Лингвистическая переменная К4 - «Модели» (качество моделирования). (К4) содержит пять термов: $К_{41}$ – низкое, $К_{42}$ – удовлетворительное, $К_{43}$ – среднее, $К_{44}$ – высокое, $К_{45}$ – высшее (рисунок 5).

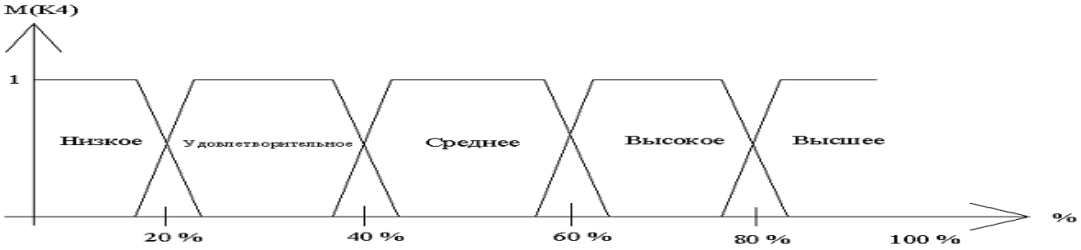


Рисунок 5 - Лингвистическая переменная «Модели»

5. Лингвистическая переменная К5-»Кадры» (компетентность). ($К_5$) содержит пять термов: $К_{51}$ – очень низкая, $К_{52}$ – низкая, $К_{53}$ – средняя, $К_{54}$ – высокая, $К_{55}$ – очень высокая. Функция принадлежности данной лингвистической переменной представлена на рисунке 6.

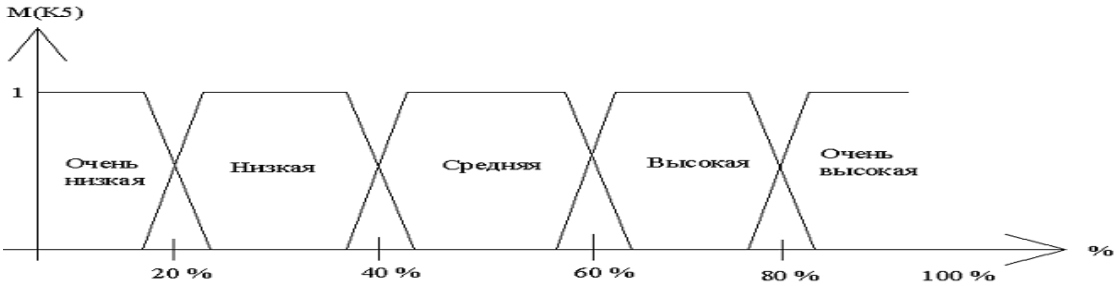


Рисунок 6 - Функция принадлежности лингвистической переменной «Кадры»

Для разработки интегрированного показатели цифровой зрелости предприятия авиаотрасли, необходимо реализовать главный принцип этой методологии – принцип «связности». Аналогично методом экспертизы осуществляется оценка цифровых технологий в работе [4]. Следуя данным выше рекомендациям, возникает необходимость экспертного оценивания «веса» лингвистических переменных, приведенных на рисунках 2-6. Результаты экспертного оценивания нечетких лингвистических переменных приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты экспертного оценивания нечетких лингвистических переменных

Эксперты	Вес экс	К1	К2	К3	К4	К5
1	17,2	0,144	0,096	0,058	0,135	0,087
2	17,8	0,126	0,087	0,068	0,107	0,078
3	17,4	0,111	0,074	0,083	0,12	0,093
4	15,8	0,127	0,1	0,073	0,155	0,055
5	15	0,094	0,113	0,047	0,151	0,075
Bj		0,121	0,093	0,066	0,132	0,078
Bjp		4	5	3	2	1

Для всех термов в лингвистических переменных методом экспертных оценок также были найдены «веса», представленные в таблице 2.

Таблица 2 - Веса термов

Наименование лингвистической переменной	Вес ЛП (Wi)	Вес термов				
		λ1	λ2	λ3	λ4	λ5
1. Инфраструктура и инструменты	0,121	0,0941	0,1665	0,1786	0,2704	0,2904
2. Процессы и продукты	0,093	0,2644	0,3057	0,1351	0,1866	0,1082
3. Данные»	0,066	0,2217	0,2720	0,2453	0,2609	-
4.Модели	0,132	0,173	0,2310	0,3328	0,3396	0,2026
5. Кадры	0,078	0,1039	0,2429	0,3286	0,3246	0,3057

Для оценки интегрального значения уровне цифровой зрелости авиационного предприятия был использован нейронный подход, структурно-функциональная модель которого представлена на рисунке 9. Данная модель реализует выражение (6).

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^{5} Yi}{\sum W_i}. \quad (6)$$

Q - интегральное значение уровня цифровой зрелости авиационного предприятия в относительной (процентной) форме. Значение Yi вычисляется по формуле (7).

$$Yi = Wi[X_{ij}\ (\alpha_{il} \times \lambda 1_{ij+}\ \alpha_{il+1} \times \lambda 1_{ij+1})], \quad (7)$$

где Yi – i-е взвешенное значение четкого Xij;
-Wi – «вес» i-й лингвистической переменной.

Выражение (6) реализует математическую функцию свертки. Эта формула поясняется рисунком 9.

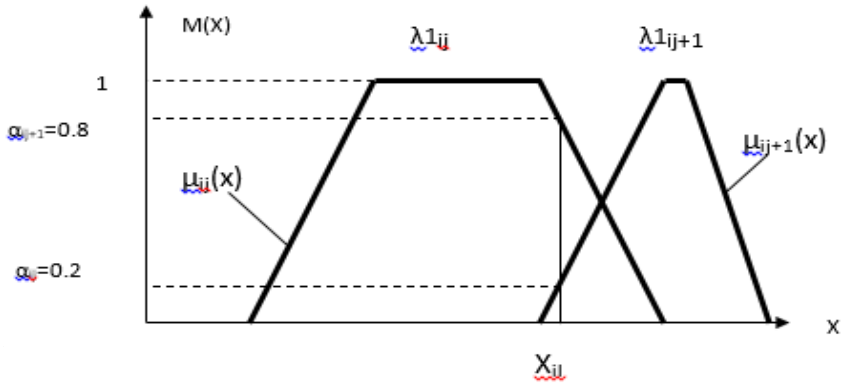


Рисунок о» форму

Значение искомого параметра, допустим, «Кадры» равно Xij. Так называемые альфа-срезы находятся, как показано на рисунке 7.

Задача следующего этапа состоит в статистическом исследовании полученных оценок множества {Уi} (i=1-5), и параметров a,b,c,d. Для этой цели была разработана имитационная модель, представленная на рисунке 8.

В имитационной модели значения параметров трапеций будут генерироваться случайным образом по нормальному закону. Гипотеза о нормальном законе, в данном случае может не отвергаться на основании предельного закона. Одно из требований предельного закона к гипотезе о нормальном распределении состоит в том, что объем выборки должен равен бесконечности. Это требование не может быть реализовано на практике, поэтому в ряде работ утверждается, что нормальный закон не существует, но он очень удобен для исследовательских целей.

В результате работы алгоритма имитационной модели выводятся случайные реализации значений среднего Y_{icp} и среднего квадратического σ_{yi}. Окончательное значение моделируемых параметров выбирается исследователем.

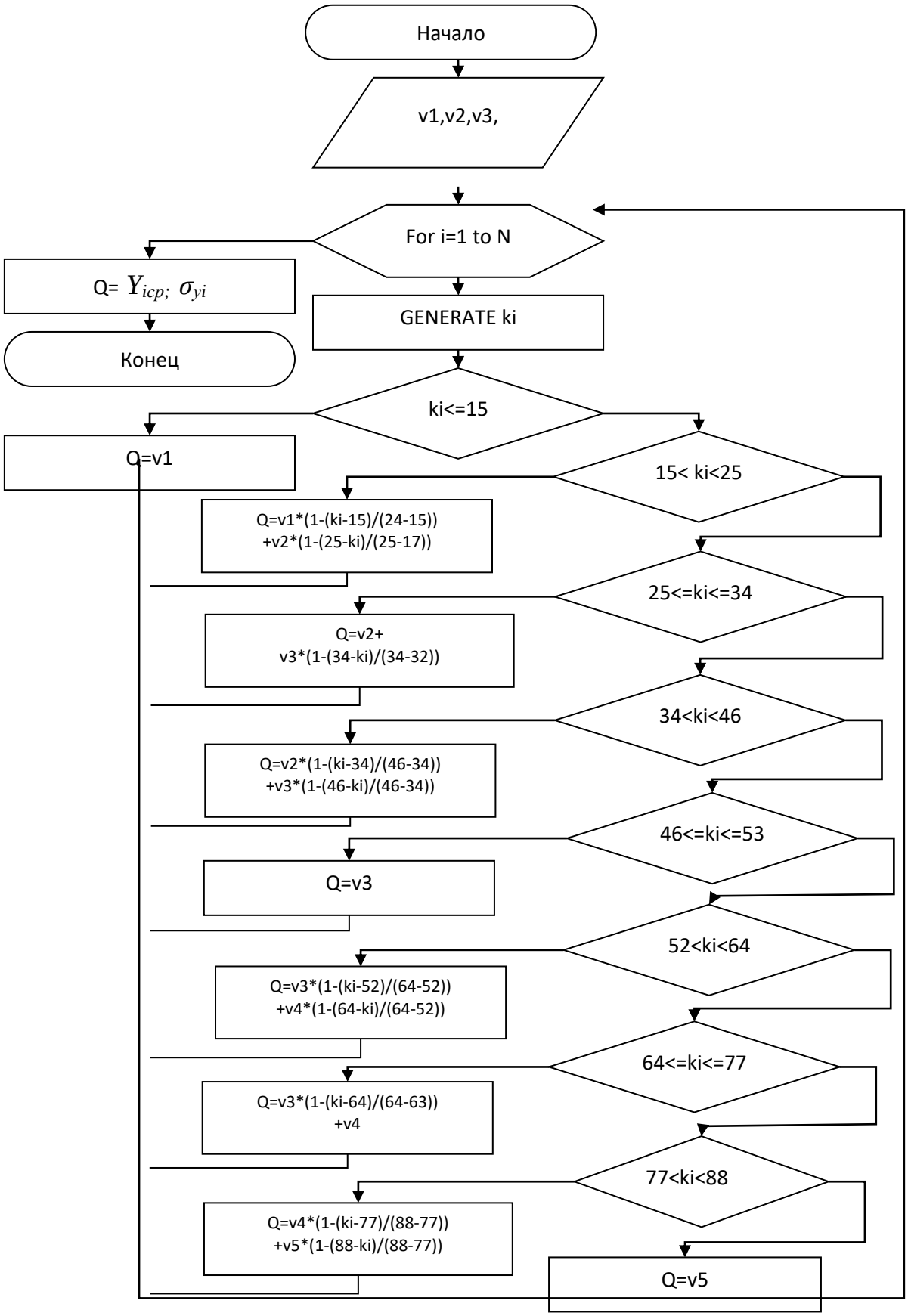


Рисунок 8 - Алгоритм СМАРТ оптимизации параметрической нечеткости в оценке уровня цифровой зрелости предприятия

Результаты численного моделирования, как правило, носят не абсолютный количественный вид, а относительную форму, или приведенную к некоторому значению, часто к максимальному значению. Чтобы представить результат моделирования в удобной для качественной интерпретации форме, рекомендуются некоторые преобразования (трансформации), например, известную функцию желательности Харрингтона.

Все приведенные математические, логические процедуры и операции в работе рекомендуется реализовать в форме нейронного Smart блока, структурно функциональная модель которой приведена на рисунке 9.

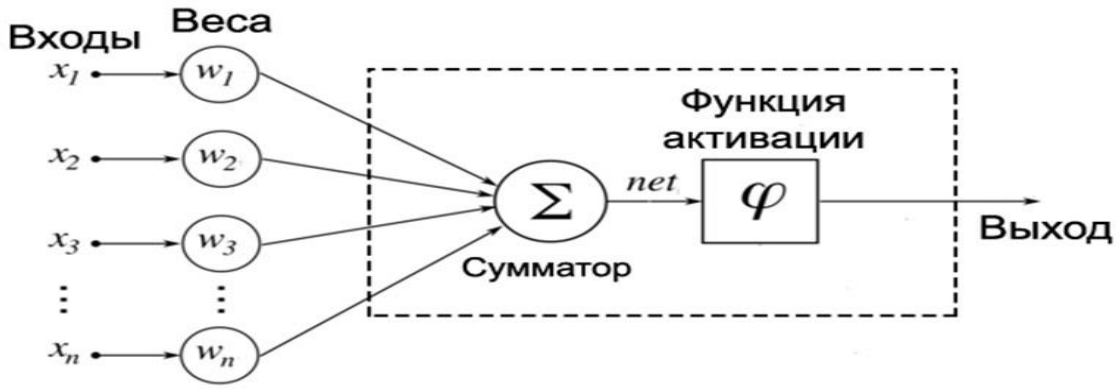


Рисунок 9 - Нейронная модель взвешенного суммирования результатов дифференцированного экспертного оценивания [19]

В данном случае нейронная модель (рисунок 9) выполняет роль интегрального функционала по пяти входам. В реальной системе управления авиапредприятием в условиях цифровой трансформации нейронная модель реализовывается в виде программного нейроблока. Вычисление результирующего интегрального значения экспертизы по вышеприведенным математическим и нечетким алгоритмам является функцией блока - «функция активации» (рисунок 9).

Заключение.

В статье поставлена цель разработки методики количественного оценивания и прогнозирования уровня цифровой зрелости предприятий и основных бизнес-процессов авиационной отрасли. Цифровая модель зрелости отрасли рассматривается как композиция экспертно-взвешенных по уровню значимости технологий в системе цифровой трансформации. В цифровой трансформации авиационной отрасли стратегически значимыми технологиями являются: «Нейротехнологии и искусственный интеллект»; «Новые производственные технологии»; «Технологии умного производства (Smart Manufacturing; «Компоненты робототехники и сенсорика»; «Технологии беспроводной связи»; «Бортовая СМАРТ диагностика» и «Цифровые двойники».

В структурно-функциональной модели цифровой трансформации авиационного предприятия наиболее перспективными и практически значимыми технологическими направлениями являются: «Инфраструктура и инструменты»; «Процессы и продукты»; «Данные»; «Модели»; «Кадры». Кадры оцениваются индивидуально по совокупности индикаторов качества. Важнейшим интегрирующим фактором и инструментом в среде цифровой трансформации является технологии - Big Data.

В системах искусственного интеллекта в настоящее время успешно внедряются нейронные технологии. Главной особенностью нейрона состоит в способности обучения. На вход нейрона поступает совокупность (вектор) данных или объектов. В нейроне

формируется сумма «взвешенных» данных входного вектора с дальнейшей аналитической и логической обработкой.

Формализация процесса оценки и мониторинга уровня цифровой зрелости опирается на многоподходную методику с использованием разделов теории вероятностей, математической статистики, теории нечетких множеств, имитационного моделирования, метода экспертных оценок. Нечеткая модель оценки уровня цифровой зрелости представляет композицию цифровых технологий: инфраструктура и инструменты; процессы и продукты; данные; модели; кадры. Оптимизация параметров нечеткой модели осуществляется имитационным исследованием**.** Агрегирование результатов нечеткого имитационного и аналитического оценивания уровня цифровой зрелости авиационного предприятия опирается на нейронный подход.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Роджерс Д.Л. Цифровая трансформация: практическое пособие / пер. с англ. М.: Точка, 2017. С. 7.

[2] Грибанов Ю.И. Цифровая трансформация социально-экономических систем на основе развития института сервисной интеграции: дис. ... д-ра экон. наук. СПб.: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2019. URL: https://unecon.ru/sites/default/files/dissgribanovui.pdf (дата обращения: 08.10.2020).

[3] Исаев Е.А., Коровкина Н.Л., ТабаковаМ.С. Оценка готовности ИТ-подразделения компании к цифровой трансформации бизнеса // Бизнес-информатика. 2018. № 2 (44). С. 55-64. DOI: 10.17323/1998-0663.2018.2.55.64.

[4] Методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием / Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. URL: https://digital.gov.ru/ uploaded/files/mr-po-tst-gk.pdf (дата обращения: 08.10.2020).

[5] Прохоров А., Коник Л. Цифровая трансформация: анализ, тренды, мировой опыт. М.: АльянсПринт, 2019. 368 с.

[6] Оценка цифровой зрелости //cdto.wiki›

[7] strategy.cdto.ranepa.ru›4-2-cifrov...

[8]Методика расчета показателя »достижение »цифровой зрелости»...//consultant.ru› document/cons_doc_la...

[9] Государственная Программа «Цифровой Казахстан»//Утверждена Постановлением Правительства Республики Казахстан от 12 декабря 2017 года № 827

[10] Абдрахманова Г.И., Быховский К.Б., Веселитская Н.Н., Вишневский К.О., Гохберг Л.М. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты. XXII Международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2021 г. с. 11-16.

[11] Алтухов А.И., Дудин М.Н., Анищенко А.Н. Цифровая трансформация как технологический прорыв и переход на новый уровень развития России// Продовольственная политика и безопасность. 2020. – Том 7. – № 2. – С. 81-96. – doi: 10.18334/ppib.7.2.100923.

[12] Исаев Е.А., Коровкина Н.Л., Табакова М.С. Оценка готовности ИТ-подразделения компании к цифровой трансформации бизнеса// Методические положения по интеграции высокотехнологичных предприятий промышленности в цифровое пространство (на примере предприятий авиастроительной отрасли)» //cyberleninka.ru›article/n/metodich...

[13] Big Data - что такое системы больших данных? Развитие...//promdevelop.ru›industry/big-data.

[14] Большие данные в авиации: 4 практических примера bigdataschool.ru›blog/большие-данн...

[15] Что такое цифровой двойник (Digital twin): технология и ее... future2day.ru›texnologiya-cifrovyx...

[16] Рахметуллина С.Ж., Бугубаева А.Ж. Применение технологии Data Mining с целью прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха//Вестник Восточно-Казахстанского технического университета им. Д. Серикбаева. – 2018. – №4 (82). – С. 177-183.

[17] Бююль А., Цефель П. SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей. ISBN: 5-93772-032-6 М.: ДиаСофт, 2001. – 608 с.

[18] Горбань А.Н. Обучение нейронных сетей [Текст]/ А.Н. Горбань. – М.: СССР-США СП «ПараГраф», 1990. – 160 с. 25.

[19] Методический подход к управлению рисками транспортно-логистического бизнес-блока холдинга «РЖД» // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2016. – No 9–1.– С.79–82.

[20] Цифровая трансформация и цифровая зрелость бизнеса//datalab-nsu.ru›digital-transformat...// Zadeh, Lotfi. Fuzzy Sets / Information and Control, 8(3), June 1965. – P. 338–52.

Беглан Тойганбаев, докторант, Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан, toiganbayev.b@gmail.com

Қайрат Кошеков, т.ғ.д., профессор, Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан, kkoshekov@mail.ru

Абай Кошеков, постдокторант, Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан, abai_koshekov@mail.ru

Қарлығаш Алибеккызы, PhD, аға оқытушы, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан, Karlygash.eleusizova@mail.ru

Айжан Байдильдина, PhD, қауымдастырылған профессор, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан, atj-43@mail.ru

АВИАЦИЯЛЫҚ САЛА КӘСІПОРЫНДАРЫНЫҢ САНДЫҚ ЖЕТІЛУ ДЕҢГЕЙІН БАҒАЛАУ ЖӘНЕ БОЛЖАУ МОДЕЛІ

Аңдатпа. Мақалада авиация саласындағы кәсіпорындар мен негізгі бизнес-процестердің сандық жетілу деңгейін сандық бағалау және болжау әдістемесін жасау мақсаты қойылған. Авиация саласының цифрлық жетілу моделі цифрлық трансформация жүйесі технологияларының маңыздылығы бойынша сараптамалық - сараланған композиция ретінде қарастырылады. Авиакәсіпорынды цифрлық трансформациялаудың құрылымдық-функционалдық моделінде неғұрлым перспективалы және іс жүзінде маңызды технологиялық бағыттар: «инфрақұрылым және құралдар»; «процестер мен өнімдер»; «деректер»; «модельдер»; «кадрлар» болып табылады. Кадрлар сапа индикаторларының жиынтығы бойынша жеке бағаланады. Цифрлық трансформация ортасындағы біріктіруші фактор мен құрал Big Data технологиясы болып табылады.

Кәсіпорынның сандық жетілу деңгейін бағалау процесін формализациялау ықтималдық теориясының, математикалық статистиканың, анық емес жиынтықтар теориясының, модельдеудің және сараптамалық бағалау әдісінің бөлімдерін қолдана отырып, көп Ішкі әдіске сүйенеді. Цифрлық жетілу деңгейін бағалаудың анық емес моделі

цифрлық технологиялардың құрамын білдіреді: «инфрақұрылым және құралдар»; «процестер мен өнімдер»;» деректер»; «модельдер»; «Кадрлар». Бұлыңғыр модельдің параметрлерін оңтайландыру Имитациялық зерттеу арқылы жүзеге асырылады. Авиациялық кәсіпорынның цифрлық жетілу деңгейін анық емес модельдеу және аналитикалық бағалау нәтижелерінің жинақталуы нейрондық тәсілге негізделген.

Түйінді сөздер. Авиация саласы, цифрлық трансформация, құралдар, технологиялар, модель, трансформация, ықтималдық, имитация, жетілу деңгейі.

Beglan Toyganbayev, doctoral student, Academy of Civil Aviation, Almaty, Kazakhstan, toiganbayev.b@gmail.com

Kairat Koshekov, doctor of technical sciences, professor, Academy of Civil Aviation, Almaty, Kazakhstan, kkoshekov@mail.ru

Abai Koshekov, postdoctoral student, Academy of Civil Aviation, Almaty, Kazakhstan, abai_koshekov@mail.ru

Karlygash Alibekkyzy, PhD, senior lecturer, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, Karlygash.eleusizova@mail.ru

Aizhan Baidildina, PhD, associate professor, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, atj-43@mail.ru

A MODEL FOR ASSESSING AND PREDICTING THE LEVEL OF DIGITAL MATURITY OF AVIATION INDUSTRY ENTERPRISES

Annotation. The article aims to develop a methodology for quantifying and predicting the level of digital maturity of enterprises and the main business processes of the aviation industry. The model of digital maturity of the aviation industry is considered as a composition of expert-weighted technologies of the digital transformation system. In the structural and functional model of the airline's digital transformation, the most promising and practically significant technological areas are: «Infrastructure and tools»; «Processes and products»; «Data»; «Models»; «Personnel». Personnel are evaluated individually according to a set of quality indicators. The integrating factor and tool in the digital transformation environment is technology - Big Data. The formalization of the process of assessing the level of digital maturity of an enterprise is based on a multi-approach methodology using sections of probability theory, mathematical statistics, fuzzy set theory, simulation modeling, and the method of expert assessments. A fuzzy model for assessing the level of digital maturity represents a composition of digital technologies: «Infrastructure and tools»; «Processes and products»; «Data»; «Models»; «Frames». Optimization of the parameters of the fuzzy model is carried out by simulation research. Aggregation of the results of fuzzy simulation and analytical assessment of the level of digital maturity of an aviation enterprise is based on a neural approach.

Keywords. Aviation industry, digital transformation, tools, technologies, model, transformation, probability, simulation, maturity level.

****

УДК 538.9; 536.911; 536.912 DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-520-528

А.Т. Акилбеков[1], А.Т. Жумажанова[1,2], А.К. Даулетбекова[1]
[1] Евразийский национальный университет им.Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
[2] Астанинский филиал Института ядерной физики, Астана, Казахстан
E-mail: ainashzhumazhanova@gmail.com

ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕКОВ В НИТРИДЕ КРЕМНИЯ: МОДЕЛИРОВАНИЕ

Аннотация. В настоящей работе рассмотрены структурные изменения в нитриде кремния, облучаемом быстрыми тяжелыми ионами, исследованы с помощью комбинированной численной модели. Использованный подход состоит из Монте-Карло кода TREKIS и классической молекулярной динамики. Кинетика электронной подсистемы описывается с помощью Монте-Карло код TREKIS, а релаксация кристаллической решетки отслеживается методом молекулярной динамики. Достоверность данных о возбуждении электронной подсистемы с помощью TREKIS была осуществлена путем сравнения расчетных структурных повреждений, вызванных прохождением иона, с экспериментальными данными просвечивающей электронной микроскопии. Моделирование воздействия облучения быстрыми тяжелыми ионами на аморфный Si_3N_4 показывает, что релаксация поглощенной энергии приводит к образованию цилиндрической области (трека) с пониженной плотностью и диаметром около 3,5 нм, окруженной оболочкой с повышенная плотность. Рассчитанные размеры треков (диаметр) для ионов различных масс и энергий, определенные по ширине профиля плотности на половине высоты, аналогично экспериментальной методике, показали хорошее совпадение с данными просвечивающей электронной микроскопии. Изучение образования треков вблизи границы между кристаллитами с одинаковой структурой, но разной ориентацией в пространстве показало, что эта граничная область повреждается сильнее, чем окружающий материал.

Ключевые слова. Нитрид кремния; облучение быстрыми тяжелыми ионами с энергиями осколков деления, треки, код Monte Carlo, молекулярная динамика.

Введение.

В настоящее время, в результате интенсивных исследований установлено, что керамики на основе нитридов и карбидов характеризуются высокой радиационной стабильностью к облучению быстрыми тяжелыми ионами (БТИ), моделирующему воздействие продуктов деления ядерного топлива.

Электронное торможение быстрого тяжелого иона (БТИ) в твердом теле и дальнейшая релаксация избыточной энергии возбужденных электронной и атомной подсистем приводят к образованию наноразмерных областей с модифицированной структурой вокруг пути иона – латентный трек высокоэнергетическо тяжелогого иона. Следствием изменения структуры является изменение физическо-химических, механических свойств и радиационной стабильности материала к другим видам облучения [1], данные свойства новых материалов являются определяющими для ядерно-энергетических приложений. Кроме того, такие свойства треков делают облучение БТИ уникальным инструментом для наноразмерных модификаций материалов, что уже реализовано в различных практических приложениях [2–4].

Во многих литературных источниках доказано, что латентные треки не были обнаружены в таких керамиках как AlN, SiC, ZrN даже при экстремально высоких уровнях электронных потерь энергии, более 30 кэВ/нм, характерных для самых тяжелых

моноатомных частиц, таких как U, Bi, или Pb. Ионизация не является самостоятельным источником радиационных изменений, но достаточно сильно воздействует на модификацию дефектной структуры диэлектрика.

Единственной нитридной керамикой, в которой были обнаружены латентные треки, является Si_3N_4. Для формирования непрерывных треков удельные ионизационные потери должны быть на уровне ~13 кэВ/нм для аморфного нитрида кремния [5].

Фундаментальный интерес к эффектам в треках быстрых тяжелых ионов обусловлен чрезвычайно высоким уровнем возбуждения материала и ультракороткими пространственными и временными масштабами кинетики. Это ограничивает применимость моделей, основанных на макроскопических и равновесных концепциях, и требует разработки микроскопических подходов, подходящих для таких экстремальных условий [1,3,6,7].

В настоящей работе подобная гибридная модель [8–10], не использующая подгоночных параметров и основанная на общих фундаментальных принципах, применялась для описания структурных модификаций в a-Si_3N_4, и β-Si_3N_4, облучаемым БТИ. Эта модель объединяет модель Монте-Карло (МК), описывающую возбуждение электронной подсистемы и передачу избыточной энергии в решетку мишени, а также моделирование дальнейшей релаксации атомной подсистемы методом молекулярной динамики (МД).

Материалы и методы.

В настоящей работе моделирование движение БТИ в a-Si_3N_4, и β-Si_3N_4 проводилось в рамках подхода, состоящего из оригинального кода Монте-Карло TREKIS [11], а также моделирование методом классической МД [12].

Для количественного представления кинетики процесса возбуждения электронной подсистемы бомбардирующими заряженными частицами необходимо определить сечение взаимодействия этих частиц с электронами.

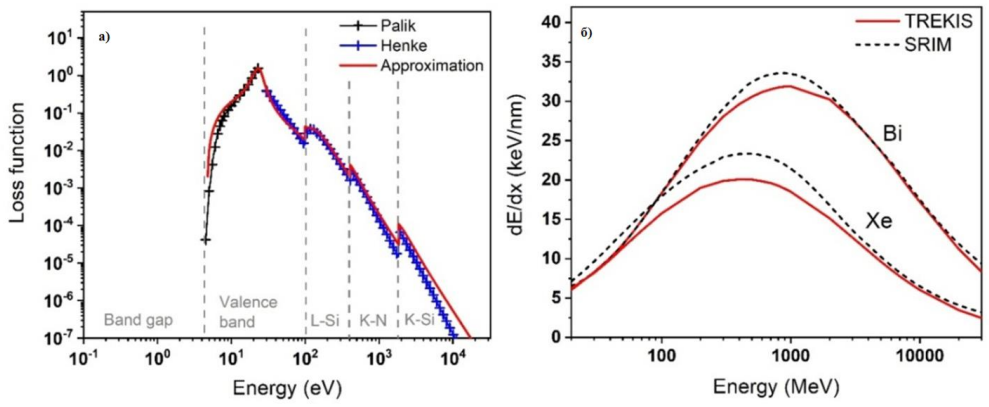
В коде Монте-Карло TREKIS используются сечения рассеяния заряженных частиц, рассчитанные в рамках формализма динамического структурного фактора - комплексной диэлектрической функции (функции потерь энергии). Согласно борновскому приближению [13] сечение рассеяния σ можно найти дифференциальное сечение [14]:

$$\frac{d^2\sigma}{d(\hbar\omega)d(\hbar q)} = \frac{2[Z_e(v,q)e]^2}{\pi\hbar^2 v^2}\frac{1}{\hbar q} Im\left[\frac{-1}{\varepsilon(\omega,q)}\right], \quad (1)$$

где $\hbar\omega$ – энергия переданная электрону, $Z_e(v,q)$ – эффективный заряд иона в материале в зависимости от скорости v и импульса q, $Im\left[\frac{-1}{\varepsilon(\omega,q)}\right]$ — это функция энергетических потерь (ФЭП).

ФЭП включает в себя характеристики материала, такие как формирование плазмонов в ансамбле электронов и решеточные фононы. Для оценки ФЭП она была восстановлена как сумма осцилляторных функций [11, 13] из экспериментальных [15] и вычисленных [16] значений по фотоабсорбции.

Приближения функции потерь энергии Si_3N_4 отражены на рисунке 1а. Функции потерь энергии необходимы для расчета сечений рассеяния ионов и электронов. На рисунке 1б представлено сравнение результатов моделирования удельных ионизационных потерь ионов Bi и Xe в зависимости от энергии налетающего иона с результатами расчетов SRIM [17]. Как видно из рисунка 1б результаты моделирования и расчеты SRIM показали хорошее согласие между собой.



а) экспериментальная и расчетная функция энергетических потерь и аппроксимирующие осцилляторные функции; б) график сравнения результатов удельных ионизационных потерь ионов Bi и Xe в нитриде кремния.
Рисунок 1 – Потери энергии.

Представленный путь определения сечений взаимодействия применялся для моделирования кинетики электронов в треке БТИ с помощью кода TREKIS. Данная модель представляет:

1) первоначальный вход БТИ с последующей ионизацией атомов;

б) рассеяние электронов с дальнейшими упругими и неупругими взаимодействиями;

в) релаксация глубоких дырок;

г) перераспределение в пространстве и взаимодействие с матрицей валентных дырок.

На рисунке 2 изображены вычисленные результаты распределения избыточной энергии в нитриде кремния, которые затем использовались для моделирования релаксации решетки методами молекулярной динамики МД.

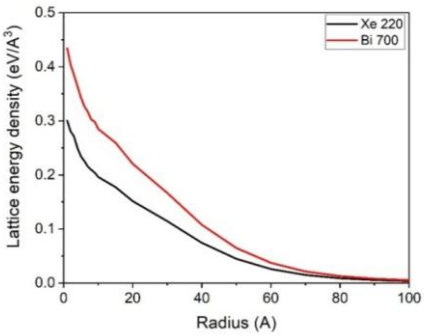


Рисунок 2 – Распределение избыточной энергии ионной подсистемы нитрида кремния при 100 фс после прохождения ионов 220 МэВ Xe и 700 МэВ Bi

Кристаллическая структура нитрида кремния достаточно сложна, межатомная связь в Si_3N_4 носит как ионный, так и ковалентный характер. Парные потенциалы применимы только к узкому кругу кристаллов, с ионной и ван-дер-ваальсовой межатомной связью. Приближения данной модели не дают полное описание всех свойств исследуемого материала. Трёхчастотные потенциалы вида Tersoff и Vashishta являются более подходящими для решения наших задач. В данной работе для описания релаксации решетки Si_3N_4 исследовалась применимость двух наборов параметров потенциалов из

работ [14,18]. В работе используются потенциалы вида Tersoff и Vashishta, так как они корректно описывают основные параметры исследуемых материалов, такие как структурные характеристики, температура плавления и упругие константы.

Расчеты равномерного нагрева ячейки Si_3N_4, когда взаимодействие между атомами описывается потенциальными силами в виде Tersoff и Vashishta показаны на рисунке 3. Была исследована зависимость смещения атомов от изменения температуры. Флуктуации атомов происходят вблизи узлов кристаллической решетки, тем самым данные флуктуакции придовят к незначительным средним смещениям атомов. При переходе из одной фазы в другую происходит резкий скачок среднего смещения атомов. Экспериментально доказано, что температура плавления составляет $T_m = 2170\ K$. С помощь потенциала Tersoff и Vashishta были рассчитаны температуры, при которых происходит фазовый переход, ~3300K и ~3000K соответственно, что превышают экспериментальное значение температуры плавления. Установлено, что рассчитанные с помощью потенциала Vashishta значения среднего смещения, хорошо согласуются с экспериментальными данными.

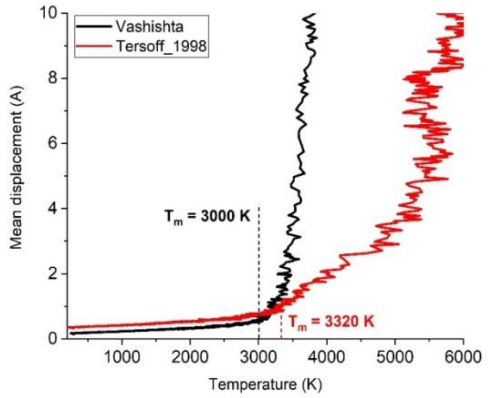


Рисунок 3 – Среднее смещение атомов от температуры для двух типов потенциала

В работе Vogelgesang [19] были экспериментально измерены значения упругих констант для нитрида кремния. Экспериментальные значения из [19] хорошо согласуются с моделированием с помощью потенциала Vashishta, в отличие от результатов рассчитанных с помощью потенциала Tersoff, которые дают резко отличающиеся значения. Анализируя полученные результаты: структурные параметры, величины температуры плавления и смещение атомов, которые хорошо согласуются с экспериментальными значениями, следует, что для моделирования кристаллического Si_3N_4 методами МД рекомендуется использовать потенциал Vashishta.

Результаты и обсуждение.

Первым шагом в моделировании радиационных эффектов в a-Si_3N_4 являлось создание аморфной ячейки нитрида кремния. Ячейка создавалась из кристаллического Si_3N_4. Ячейка медленно нагревалась до температуры плавления, затем медленно остывала при постоянном давлении. В результате расчетов была получена аморфная ячейка с плотностью 2.41 г/см^3, эти данные хорошо согласуется с экспериментальным значением плотности 2.6 г/см^3 [20]. Далее был проведен расчет парной корреляционной функции полученной ячейки, которая показывает отсутствие дальнего порядка, что является характерным для аморфной фазы. Наблюдается хорошее согласие положения рассчитанных пиков парной функции распределения с экспериментальными данными из работы [20] наблюдаемое различие в ширине пиков обусловлено относительно небольшой статистикой в рамках МД.

Отметим, что кинетика возбуждения и релаксации аморфного нитрида кремния БТИ моделировалась с использованием модели МК, использующей сечения взаимодействия заряженной частицы в рамках формализма КДФ, как показано выше, и так как в литературе не было найдено данных по фотопоглощению в аморфном нитриде кремния, необходимых для построения сечений, в модели МК использовалась функция потерь энергии для поликристаллического нитрида кремния с плотностью для аморфного Si_3N_4.

Так как прямое наблюдение и определение размеров треков в аморфных образцах в рамках МД затруднено, для исследования диаметров треков использовался подход, применяемый при проведении исследования методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) [21]. В работе [22] определили профиль плотности в области трека и аппроксимировали профиль с функцией Гаусса. Значение полной ширины на полувысоте (FWHM) кривой функции Гаусса эквивалентно среднему диаметру трека. Сопоставление рассчитанного МД и экспериментального [21] профиля плотности для трека иона 700 МэВ Bi было посчитано в работе [5]. Результаты моделирования и результаты ПЭМ хорошо согласуются между собой, 3,47 нм и 3,0 нм соответственно.

Расчетные радиусы треков в зависимости от энергетических потерь ионов Xe и Bi в аморфном нитриде кремния в сравнении с экспериментальными данными представлены в работе [22]. Во всем диапазоне потерь энергии наблюдается хорошее согласие, кроме значений ниже 20 кэВ/нм. Экспериментальные данные, полученые для тонких пленок толщиной ~20-30 нм, из Kitayama et al. [5] сравнивать с данными для массивных образцов напрямую нельзя.

На рисунке 4а изображены расчеты моделирования взаимодействия иона Xe с энергией 220 МэВ с Si_3N_4. В результате расчетов диаметр трека составил 1,4 нм. Диаметр трека был определен как ширина профиля плотности на его полувысоте. На рисунке 4б изображена МД ячейка после пролета иона Bi с энергией 700 МэВ. В результате облучения мы имеем аморфную область в форме непрерывного цилиндра с диаметром 3,1 нм.

Для моделирования эффектов БТИ в поликристаллическом Si_3N_4 была создана структура, состоящая из кристаллитов β-фазы нитрида кремния. Рассматривались две модельные структуры: нанокристаллит сферической формы с диаметром 20 нм и нанокристаллит кубической формы со стороной 20 нм (Рис 5 а, б). Эти результаты находятся в хорошем согласии с экспериментом [5].

Пространственная решетка кристаллита также является β-фазой нитрида кремния, однако ориентация плоскостей выбрана произвольным образом для имитации границы раздела зерен. Полученная таким образом структура была нагрета до 300К, далее температура удерживалась в течение 500 пс для создания равновесной системы.

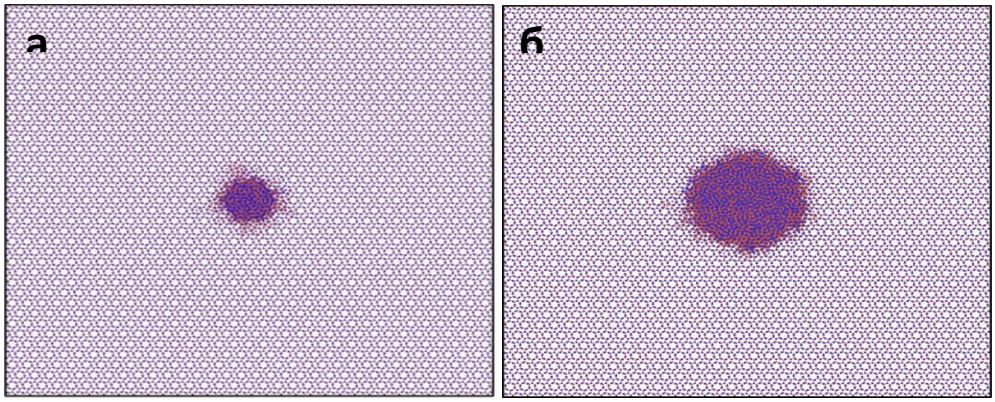


Рисунок 4 – Моделирование пролета иона в Si_3N_4.
а) Xe 220 МэВ и б) Bi 700 МэВ

На рисунке 5 показана морфология полученных структур до и после облучения ионом 700 МэВ Bi. Можно наблюдать, что приграничная область зерен в обоих случаях аморфизуется в большей степени, чем окружающий материал. Это является следствием того, что плавление такой дефектной области как граница зерна происходит при меньшей температуре. Размер трека в обеих частях поликристаллита не различается и близок к расчетному значению, полученному для монокристаллического нитрида кремния. Таким образом, в данном материале не наблюдается зависимость структурных повреждений быстрыми тяжелыми ионами от ориентации кристаллической решетки.

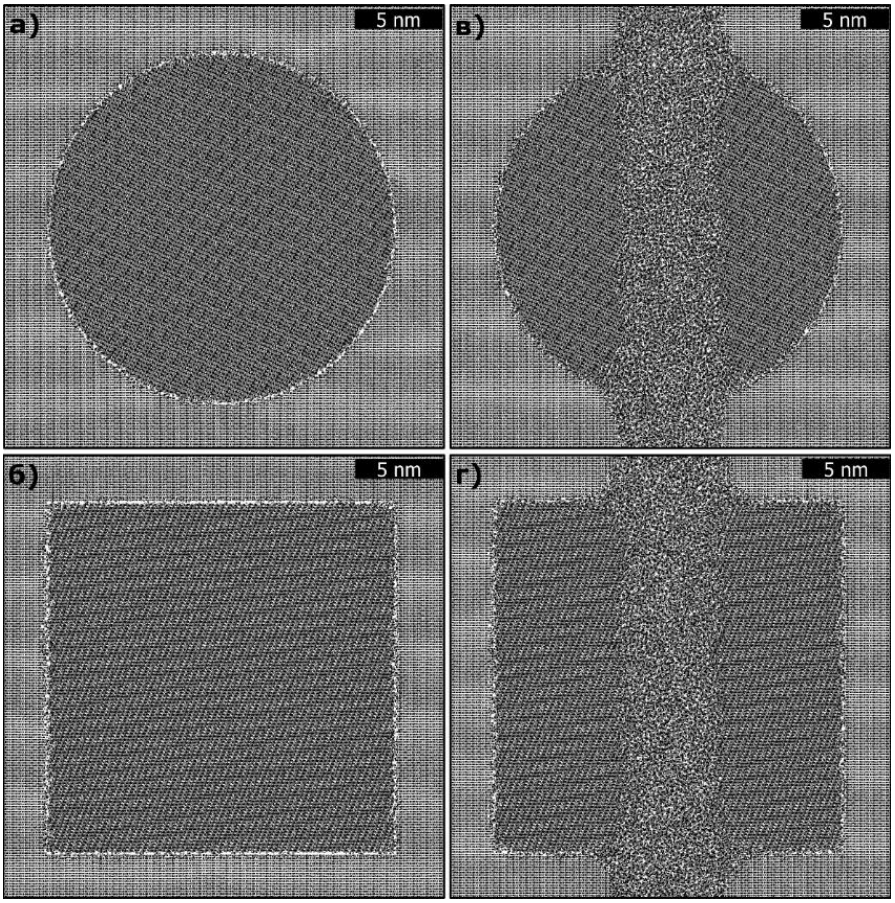


Рисунок 5 - Изображение МД ячейки β-Si_3N_4 с зерном (а) сферической и (б) кубической формы до облучения и после пролета иона 700 МэВ Bi (в, г). На рисунке изображены срезы толщиной 2 нм.

Заключение.

В работе проведено моделирование процессов образования треков в a-Si_3N_4, показавшее, что релаксация избыточной энергии решетки приводит к образованию цилиндрической области с пониженной плотностью и диаметром около 3,1 нм для иона висмута и 1.4 нм для ксенона, которая находиться в плотной оболочке. Размер диаметра трека определялся как ширина профиля плотности на его полувысоте, аналогично экспериментальной методике, и показал хорошее согласие с данными ПЭМ. Рассчитанные размеры треков для ионов различных масс и энергий хорошо согласуются с данными просвечивающей электронной микроскопии. Исследование образования треков в поликристаллическом нитриде кремния выявило, что приграничная область между нанокристаллитами повреждается сильнее, чем окружающий материал.

Финансирование. Исследование финансируется грантом № AP08856368 Министерства образования и науки Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Komarov, Fadei F. "Defect and track formation in solids irradiated by superhigh-energy ions." Physics-Uspekhi 46.12 (2003): 1253.

[2] Komarov, Fadei F. "Nano-and microstructuring of solids by swift heavy ions." Physics-Uspekhi 60.5 (2017): 435.

[3] Wesch, Werner, and Elke Wendler. "Ion beam modification of solids." Series in Surf. Sci 61 (2016).

[4] Akilbekov, A., et al. "Ion track template technique for fabrication of $ZnSe_2O_5$ nanocrystals." Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms 476 (2020): 10-13.

[5] Kitayama, T., et al. "Formation of ion tracks in amorphous silicon nitride films with MeV C60 ions."Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms 356 (2015): 22-27.

[6] Chadderton, Lewis T. "Nuclear tracks in solids: registration physics and the compound spike."Radiation measurements 36.1-6 (2003): 13-34.

[7] Miterev, Anatolii M. "Theoretical aspects of the formation and evolution of charged particle tracks."Physics-Uspekhi 45.10 (2002): 1019.

[8] Terekhin, P. N., et al. "Effect of valence holes on swift heavy ion track formation in Al_2O_3."Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms 354 (2015): 200-204.

[9] Rymzhanov, R. A., N. A. Medvedev, and A. E. Volkov. "Effect of valence holes kinetics on material excitation in tracks of swift heavy ions." Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms 365 (2015): 462-467.

[10] Medvedev, N. A., et al. "Formation of the defect halo of swift heavy ion tracks in LiF due to spatial redistribution of valence holes."Physica status solidi (b) 250.4 (2013): 850-857.

[11] Medvedev, N. A., R. A. Rymzhanov, and A. E. Volkov. "Time-resolved electron kinetics in swift heavy ion irradiated solids."Journal of Physics D: Applied Physics 48.35 (2015): 355303.

[12] Rymzhanov, R. A., N. Medvedev, and A. E. Volkov. "Damage threshold and structure of swift heavy ion tracks in Al_2O_3."Journal of Physics D: Applied Physics 50.47 (2017): 475301.

[13] Ritchie, R. H., and A. Howie. "Electron excitation and the optical potential in electron microscopy." Philosophical Magazine 36.2 (1977): 463-481.

[14] Walsh, Phillip, et al. "Nanoindentation of silicon nitride: A multimillion-atom molecular dynamics study."Applied physics letters 82.1 (2003): 118-120.

[15] Van Hove, Léon. "Correlations in space and time and Born approximation scattering in systems of interacting particles."Physical Review 95.1 (1954): 249.

[16] Aspnes, D. E., and E. D. Palik. "Handbook of optical constants of solids."Academic, New York (1985): 89-112.

[17] Henke, Burton L., Eric M. Gullikson, and John C. Davis. "X-ray interactions: photoabsorption, scattering, transmission, and reflection at E= 50-30,000 eV, Z= 1-92."Atomic data and nuclear data tables 54.2 (1993): 181-342.

[18] Ziegler, J. F., and J. P. Biersack. "U. LITTMARK The stopping and range of ions in solids." The Stopping and Ranges of Ions in Matter (eds) JF Ziegler (New York: Pergamon) Vol 1 (1985).

[19] de Brito Mota, F., J. F. Justo, and A. Fazzio. "Structural properties of amorphous silicon nitride." Physical Review B 58.13 (1998): 8323.

[20] Vogelgesang [20] Misawa, M. "J. Non-Cryst. Solids 34 313 Crossref Google Scholar Aiyama T. et al. 1979." J. Non-Cryst. Solids 33 (1979): 131.

[21] van Vuuren, Arno Janse, et al. "Latent ion tracks in amorphous and radiation amorphized silicon nitride." Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms 473 (2020): 16-23.

[22] Rymzhanov, R. A., et al. "Modelling of track formation in nanocrystalline inclusions in Si_3N_4." Journal of Applied Physics 132.8 (2022): 085903.

Абдіраш Ақилбеков, ф.-м.ғ.д., профессор, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, akilbekov_at@enu.kz

Айнаш Жумажанова, магистр, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, ainashzhumazhanova@gmail.com

Алма Даулетбекова, ф.-м.ғ.д., профессор, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, alma_dauletbek@mail.ru

КРЕМНИЙ НИТРИДІНДЕГІ ТРЕКТЕРДІҢ ТҮЗІЛУІ: МОДЕЛЬДЕУ

Аңдатпа. Бұл жұмыста жылдам ауыр иондармен сәулелендірілген кремний нитридтің құрылымдық өзгерістері біріктірілген сандық модель арқылы зерттеледі. Пайдаланылған тәсіл Монте-Карло кодынан және классикалық молекулалық динамикадан тұрады. Электронды ішкі жүйенің кинетикасың Монте-Карло TREKIS коды, ал кристалдық тор атомдарының релаксациясы классикалық молекулалық динамика әдісімен бақыланады. Модельдеу TREKIS электронды ішкі жүйесін қоздырудың әзірленген моделін ионның ұшып өтуінен туындаған есептелген құрылымдық зақымдарды сәуле түсіруші электрондық микроскоптың эксперименттік деректерімен салыстыру арқылы тексеру үшін қолданылды. Аморфты Si_3N_4 жылдам ауыр иондарымен сәулелену әсерін модельдеу сіңірілген энергияның релаксациясы, тығыздығы жоғары қабықпен қоршалған, тығыздығы төмен және диаметрі шамамен 3,5 нм болатын цилиндрлік аймақтың (тректің) пайда болуына әкелетінін көрсетеді. Әртүрлі массалар мен энергиялардың иондары үшін тректердің есептелген өлшемдері (диаметрі) эксперименттік әдістемеге ұқсас оның жартылай биіктігіндегі тығыздық бейінінің ені ретінде айқындалып, сәуле түсіруші электрондық микроскопия деректерімен жақсы келісетіндігін көрсетті. Құрылымы бірдей, бірақ кеңістіктегі әртүрлі бағдарлары бар кристаллиттер арасындағы шекараның жанында тректердің пайда болуын зерттеу, бұл шекара аймағы, қоршаған материалға қарағанда қатты зақымдалғанын көрсетті.

Түйінді сөздер. Кремний нитриді, бөліну фрагменттерінің энергиясымен жылдам ауыр иондармен сәулелендіру, тректер, Monte Carlo модельдеу, молекулалық динамика.

Abdirash Akilbekov, doctor of physical and mathematical sciences, professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, akilbek_ata@mail.ru

Ainash Zhumazhanova, master of physics, Astana Branch of the Institute of Nuclear Physics, Astana, Kazakhstan, ainashzhumazhanova@gmail.com

Alma Dauletbekova, doctor of physical and mathematical sciences, professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, alma_dauletbek@mail.ru

TRACK FORMATION IN SILICON NITRIDE: SIMULATION

Abstract. In this work, structural changes in silicon nitride irradiated with swift heavy ions are investigated using a multiscale simulation. The approach used consists of the TREKIS Monte Carlo code and classical molecular dynamics. The kinetics of the electronic subsystem is described using the TREKIS Monte Carlo code, and the relaxation of the crystal lattice is monitored by the molecular dynamics method. The reliability of data on the excitation of the electron subsystem using TREKIS was realized by comparing the calculated structural damage caused by the passage of an ion with experimental data from transmission electron microscopy. Modeling the effect of swift heavy ions irradiation on amorphous Si_3N_4 shows that the relaxation of the absorbed energy leads to the formation of a cylindrical region (track) with a reduced density and a diameter of about 3.5 nm, which is surrounded by a shell with an increased density. The calculated track sizes (diameter) for ions of various masses and energies were determined as the width of the density profile at half height, similar to the experimental technique, showed good agreement with the data of transmission electron microscopy. The study of the formation of tracks near the boundary between crystallites with the same structure, but different orientations in space, showed that this boundary region is damaged more strongly than the surrounding material.

Keywords. Silicon nitride, irradiation with swift heavy ions with the energies of fission fragments, track, Monte Carlo simulation, molecular dynamics.

****

ӘОЖ 004.77 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-529-536**

М.А.Сыдыбаева[1], Т.С.Қартбаев[2], К.Ө.Тогжанова[2], Л.С.Күнтүнова[3], Г.С.Бекетова[3]
[1]Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан
[2]Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан
[3]Ғ.Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: G.Beketova@aues.kz

ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙ АЙМАҒЫНАН АДАМДАРДЫ ЭВАКУАЦИЯЛАУДЫ ҰЙЫМДАСТЫРУ БАРЫСЫНДА ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУДЫ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ

Аңдатпа. Төтенше жағдай аймағынан адамдарды эвакуациялауды ұйымдастырудың тиімділігін арттыру үшін сымсыз желі (WN) ресурстарын басқару және қайта бөлу мәселелерін шешуге бағытталған компьютерлік жүйе болып табылатын әзірленген шешімдерді қабылдауды қолдау жүйесін (ШҚҚЖ Evacuation_Net) тестілеу нәтижелері болып табылады. Әзірленген шешім қабылдауды қолдау жүйесі Evacuation_Net бағдарламалық өнімінде анық емес жиындар теориясын қолдану негізінде төтенше жағдай аймағынан адамдарды эвакуациялауды ұйымдастыру тапсырмаларында қолжетімділік СЖ таңдаудың жетілдірілген әдісі енгізілген. Бөлек модульде алдағы эвакуация туралы SMS хабарламалар жіберу тапсырмасы жүзеге асырылады. Сондай-ақ, жеке модульде адам ағынының қалыптасуын сипаттайтын шешім қабылдауды қолдау жүйесі Evacuation_Net есептеу ядросы үшін математикалық модель жүзеге асырылады. Бұл абоненттің (эвакуацияланушының) орналасқан жері деректерін басшылыққа ала отырып, үй-жайдан шығуға ең қысқа жолды модельдеуге мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер. Хабарландыру, сымсыз желілер, шешімдерді қолдау, модельдеу, модуль.

Кіріспе.

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар (АКТ) соңғы уақытта табиғи және техногендік сипаттағы төтенше жағдайларға (ТЖ) ден қою тиімділігін арттыруда маңызды рөл атқарды. Төтенше жағдайлар туралы халықты және тиісті мамандандырылған мемлекеттік құрылымдарды дер кезінде ескертпей және хабардар етпей, төтенше жағдайлардың жағымсыз салдарын болдырмау немесе барынша азайту үшін қабылдануы тиіс нұсқаулықтар мен іс-шараларды жоспарлаусыз шешімдер қабылдауды қолдау және тиімді басқару мүмкін емес.

Бұл, әсіресе, өнеркәсіптік және табиғи апаттар орасан зор әлеуметтік-экологиялық және экономикалық шығындар әкелетін біздің заманымызда өте маңызды. Тек Еуропада соңғы онжылдықта табиғи апаттардан келген шығын 12 миллиард АҚШ долларын құрады [1-4].

Бүгінгі күні Қазақстанда қолданыстағы техникалық құралдар мен ескерту жүйелері, атап айтқанда қашықтан басқарылатын сиреналар, радио және радиохабар тарату желілері, теледидар төтенше жағдай туралы жедел хабарлау кезінде оң нәтижеге кепілдік бере алмайды.

Олар не жеткіліксіз ақпараттандырылған, не төтенше жағдайлар кезінде қол жеткізулері қиын, бұл, мысалы, өнеркәсіптік электрмен жабдықтаудағы үзілістерге, кабельдік (оптикалық талшықты және сымды) байланыс желілерінің істен шығуына байланысты. Жоғарыда аталған құралдар мен жүйелер жеке хабарлауға арналмаған

(белгілі бір аймақтардағы табиғи апаттар, өндірістік технологиялық апаттар, жауын-шашынның көбеюі және т.б.) [5-8].

Зерттеу мақсаты - Төтенше жағдай аймағынан адамдарды эвакуациялауды ұйымдастыру процесіне қатысатын СЖ ресурстарын басқару және қайта бөлу міндеттері үшін шешім қабылдауды қолдау жүйесін (ШҚҚЖ Evacuation_Net) әзірлеу нәтижелерін ұсыну.

Материалдар мен тәсілдер.

Әзірленген шешім қабылдауды қолдау жүйесі Evacuation_Net блок-схемасы 1-суретте көрсетілген шешім қабылдауды қолдау жүйесі Evacuation_Net блоктық-модульдік архитектурасына ие, ол тәуелсіз бағдарламалық өнімдер ретінде де, басқа шешім қабылдауды қолдау жүйесі ішкі жүйелерімен үйлесімде де жұмыс істей алатын бірнеше модульдерді қамтиды. Енгізу/шығару құрылғылары пайдаланушыларға қазіргі уақытта төтенше жағдайда тұрған СЖ абоненттерінің саны туралы деректерді жүктеп алуға мүмкіндік береді. Егер бұл, мысалы, сауда және ойын-сауық орталығы, әуежай, вокзал немесе басқа күрделі инфрақұрылымдық құрылым болса, онда деректерді үй-жайға кіруді басқару жүйесінің сенсорларынан қосымша алуға болады.

Интерфейстің ішкі жүйесі пайдаланушыны (шешім қабылдаушы – бұдан әрі – шешім қабылдаушы), шешім қабылдауды қолдау жүйесі Evacuation_Net ішкі элементтерін, сыртқы сақтау құрылғыларын және енгізу-шығару құрылғыларын байланыстырады. Evacuation_Net ШҚҚЖ интерфейсі шешім қабылдаушыларға сыртқы деректерді де жүктеп алуға және жүйеге деректерді енгізуге, Evacuation_Net ШҚҚЖ өңдейтін ақпаратты оңай оқуға болатын графиктер немесе диаграммалар түрінде визуализациялау және нәтижелерді бөлек файлдарда сақтау, мысалы, мұрағаттау үшін.

Evacuation_Net ШҚҚЖ жүйесіндегі ақпаратты сақтаудың ішкі жүйесі жалпы деректер базасынан ДБ, модельдік базадан (МБ) және білім қорынан (БҚ) тұрады.

Evacuation_Net ШҚҚЖ талдауының негізгі ішкі жүйесі эвакуацияны жүзеге асыруға қажет болатын әртүрлі инфрақұрылым объектілерінде интернет қызметтерін ұсынатын ұялы байланыс операторлары мен провайдерлерінен алынған деректерді талдауға арналған.

Деректермен жұмыс істеу блогы эвакуация туралы хабарлама үшін оңтайлы СЖ құрылымын іздеуге арналған.

Эвакуацияны басқару блогы екі модульді қамтиды:

1) Эвакуациялау маршрутын іздеу модулі;

2) Жер бедерін визуализациялау модулі.

Жер бедерін визуализациялау модулі Anylogic бағдарламалық өнімін пайдалана отырып, модельдеуді пайдалануға негізделген.

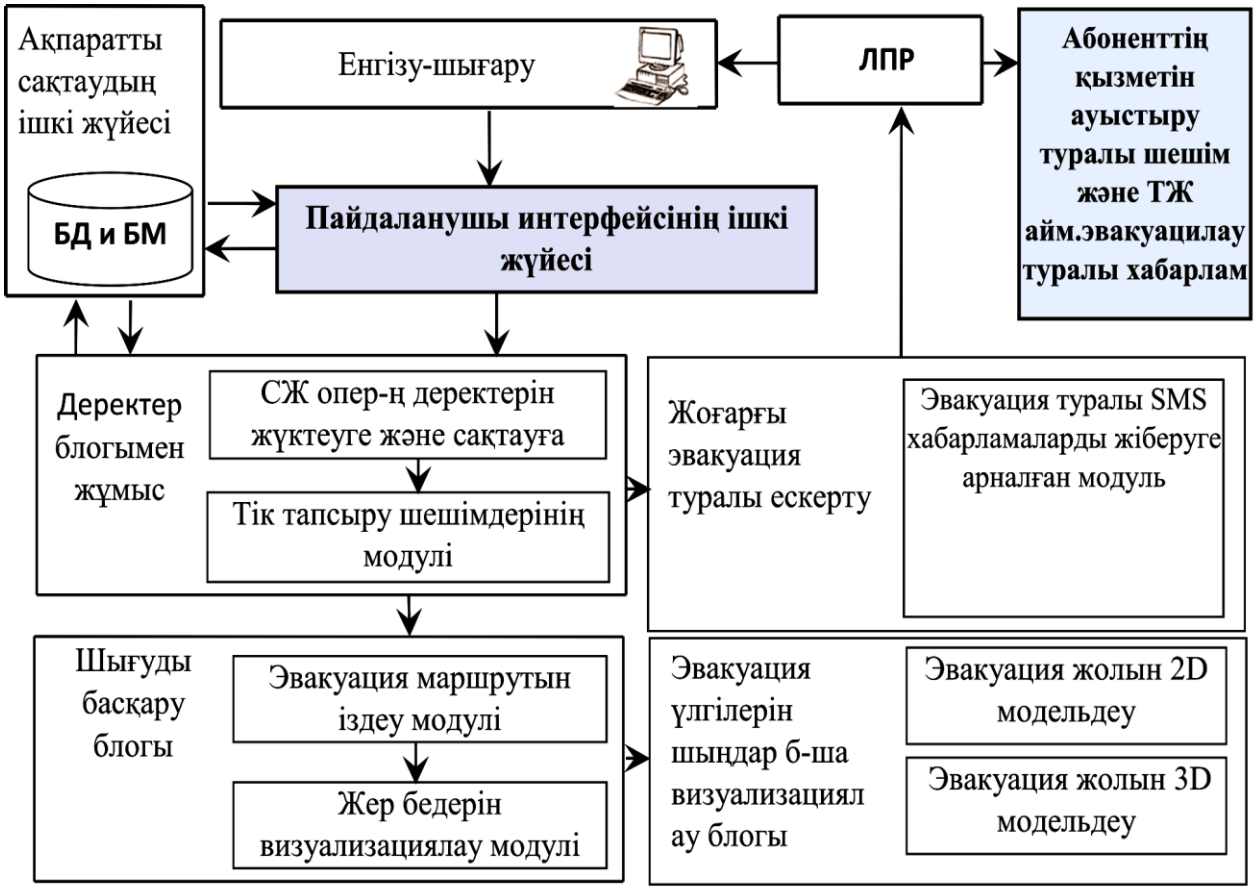
Эвакуация туралы хабарландыру блогы қазіргі уақытта эвакуация туралы хабарламаны SMS арқылы жіберуге арналған модульді ғана қамтиды. Шешім қабылдауды қолдау жүйесі Evacuation_Net архитектурасы блоктық-модульдік құрылымға ие болғандықтан, бұл жоба дамып келе жатқанда, оны басқа модульдермен толықтыруға болады, мысалы, СЖ көмегімен эвакуацияланушыларға ақпаратты басқа жолмен беру мүмкіндігін (сурет форматындағы эвакуация жоспары, дыбыстық дабыл және т.б.).

Эвакуация үлгілерін визуализациялауға арналған блок екі модульді қамтиды: 1) эвакуация маршрутын 2D модельдеуге арналған модуль; 2) эвакуациялау жолын 3D модельдеуге арналған модуль. Бұл модульдер Anylogic бағдарламалық өнімі арқылы жүзеге асырылады.

Шешім қабылдауды қолдау жүйесі Evacuation_Net енгізу үшін Rad Studio 10.4 дизайн ортасы пайдаланылды. Сондай-ақ, 2D және 3D форматында эвакуациялау процесін

модельдеу және визуализациялау мәселелерін шешуге арналған кейбір модульдер Anylogic модельдеу ортасында жүзеге асырылады.

Rad Studio 10.4 әзірлеу ортасы тиімді нысанға бағытталған бағдарламалау құралы болғандықтан таңдалды. Rad Studio 10.4 қасиеттері мен әдістерін мұрагерлікпен класс иерархиясы түрінде әзірленген алгоритмдерді тиімді енгізуге мүмкіндік берді. Бұл блок-модульдік шешім қабылдауды қолдау жүйесі Evacuation_Net түріндегі тиімді және сенімді бағдарламалық өнімді, осы бағытта әрі қарай зерттеулер жүргізу үшін икемді жүйені алуға мүмкіндік берді.



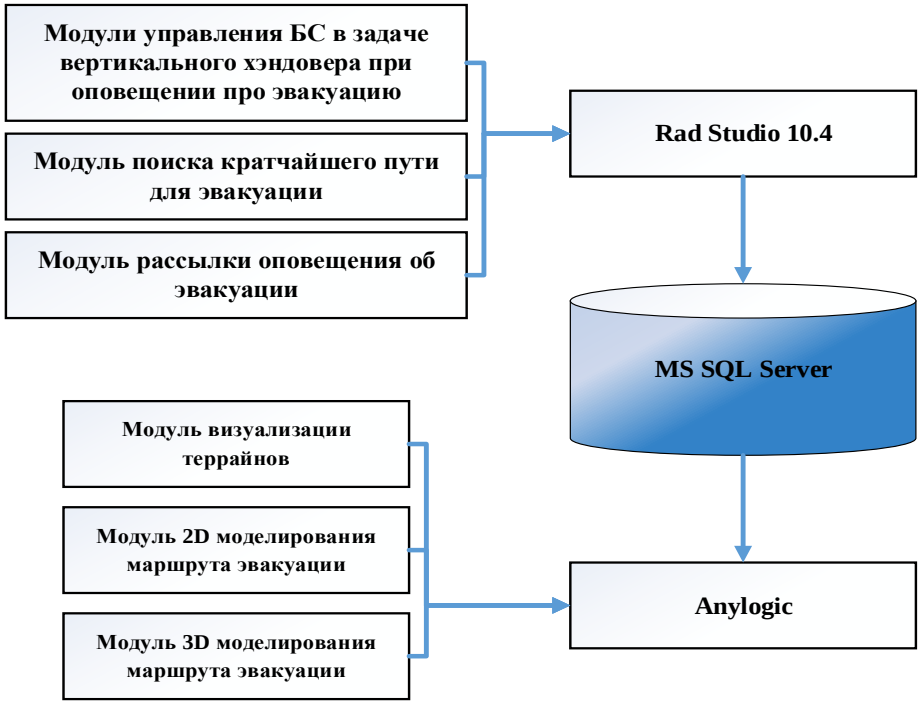
ШҚҚЖ Evacuation_Net іске асыру бағдарламалық моделі

1 сурет – DSS Evacuation_Net архитектурасы (іске асырылған модульдер)

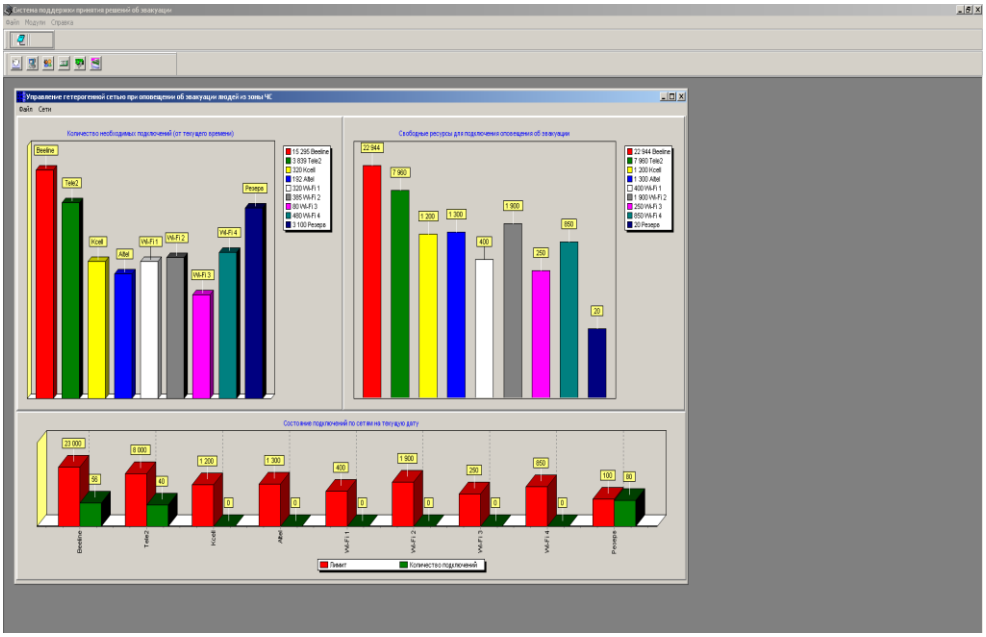
Барлық әзірленген модельдерді Evacuation_Net ШҚҚЖ бағдарламалық пакетіне біріктіру 2-суретте көрсетілген схемаға сәйкес жүзеге асырылды.

Шешім қабылдауды қолдау жүйесі Evacuation_Net блок-модульдік архитектурасына ие. Шешім қабылдауды қолдау жүйесі Evacuation_Net блоктары мен модульдері MDI қосымшасы түрінде жүзеге асырылады. Бұл операторға немесе шешім қабылдаушыға негізгі пішінмен жұмыс істеуге, одан шешім қабылдауды қолдау жүйесі Evacuation_Net еншілес модульдері мен пішіндеріне тікелей қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Evacuation_Net шешім қабылдауды қолдау жүйесі қосымшасының негізгі MDI формасы 3-суретте көрсетілген.

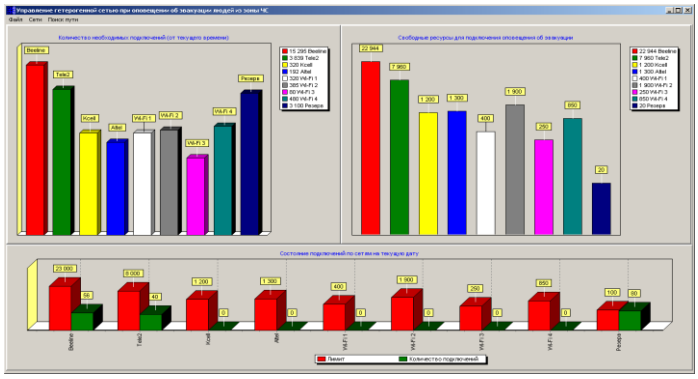


2 сурет – Evacuation_Net ШҚҚЖ бағдарламалық пакетінде әзірленген үлгілерді біріктіру



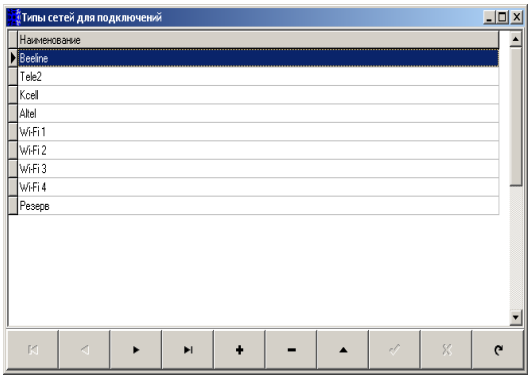
3 сурет - ШҚҚЖ Evacuation_Net негізгі формасының жалпы көрінісі

Негізгі пішінде MDI қолданбаларының классикалық көрінісі бар, ол операторға негізгі шешім қабылдауды қолдау жүйесі модульдеріне бірден қол жеткізуге мүмкіндік береді. Мәселен, мысалы, 4-суретте СЖ операторларының деректерін жүктеу және сақтау модулі көрсетілген. Бұл эвакуация процесін басқаратын операторға қазіргі уақытта төтенше жағдай аймағында қандай ұялы байланыс операторлары, сондай-ақ провайдерлер бар екендігі туралы гистограммалар немесе графиктер түрінде визуалды түрде нақты түсінік береді.



4 сурет – Төтенше жағдай аймағынан адамдарды эвакуациялау туралы хабарламаға арналған жалпы БС басқару модулі

Бұл модульде ұялы байланыс операторларының тізімін және төтенше жағдай аймағындағы кіру нүктелерін тікелей алуға болады, 5 суретті көрсетілген. Дәл осы деректер адамдарды эвакуациялау туралы хабарлау тапсырмасында абонентті беру механизмін пайдалану қажеттілігі туралы шешім қабылдауға көмектеседі. Сондай-ақ, негізгі оператор ретінде таңдалған оператор өзінің жабдықтары мен бағдарламалық құралдары арқылы эвакуация туралы хабарламалар мен эвакуацияны ұйымдастыру жоспарларын жібере алады.

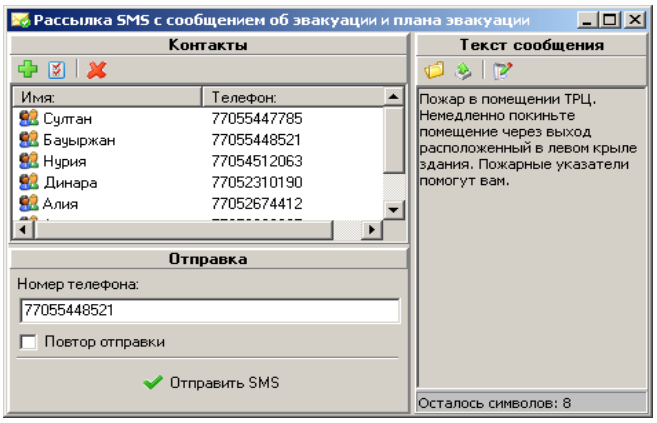


5 сурет – ТЖ аймағындағы СЖ туралы ақпаратты қамтитын деректер қоры кестесімен жұмыс істеудің жалпы формасы

Сонымен қатар, тік ганновер туралы шешім қабылдаушы үшін операторлардың қайсысында базалық станцияға қосылу резерві бар екенін түсіну маңызды, егер, мысалы, эвакуация туралы хабарламаны жіберу және барлығына хабарлама жіберу міндеті болса. BS абоненттері аймақта, мысалы, өртте әрекет ету нұсқаулары бар.

Әдетте БС диапазоны шамамен 25 км болса да және олар 6 мыңға дейін абонентке қызмет көрсетуге (және/немесе 1000-ға жуық абонентті мобильді интернетпен қамтамасыз етуге) мүмкіндік берсе де, төтенше жағдайларда БС жүктемесі бірнеше есе артады. Жұмыстың бірінші тарауында жүргізілген әдеби дереккөздерді талдау көрсеткендей, төтенше жағдайда ТЖ аймағындағы жазылушылардың өздерінен басқа, туыстары, достары, жедел әрекет ету қызметі, жедел жәрдем қызметі және т.б. олармен байланыста. Яғни эвакуациялау және басқарушыны эвакуациялау туралы шешім қабылдаушылар үшін төтенше жағдай аймағында орналасқан СЖ резервін түсіну маңызды.

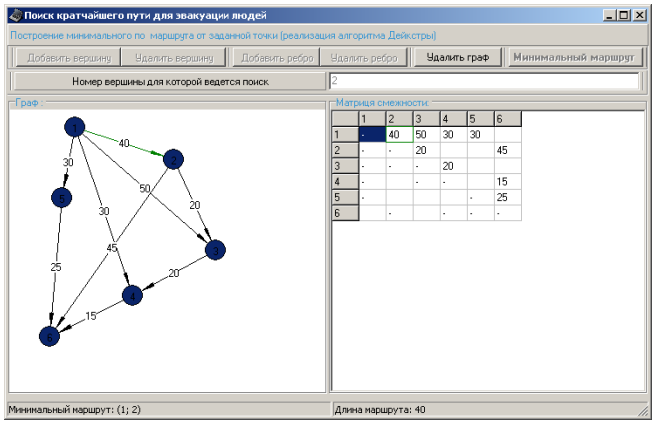
Төтенше жағдай аймағындағы адамдарды эвакуациялау туралы шешім қабылдаған кезде SMS хабарлама жіберуге болады. Келесі Evacuation_Net СППР модулі осы мақсатқа арналған, 6-суретте көрсетілген.



6 сурет – Эвакуация туралы SMS хабарламаларды ұжымдық немесе жеке таратудың жалпы нысаны

Эвакуация маршрутын іздеу модулі де жобаланған. Жалпы бұл модуль Дийкстра алгоритміне сәйкес апаттық аймақтан ең қысқа жолды табудың классикалық есебін шешуге негізделген. Дегенмен, Evacuation_Net СППР есептеу модулі, бар аналогтардан айырмашылығы, эвакуация жолындағы кедергілерден құралған кездейсоқ импульстік ағындарды ескереді. Бұл абоненттің (эвакуацияланушының) орналасқан жері туралы деректерді басшылыққа ала отырып, үй-жайдан шығудың өткізу қабілетін дәлірек модельдеуге мүмкіндік береді. Бұл деректерді, сонымен қатар, BS қызметтерінен және Big Data серверлерінен алуға болады. Нысанның сол жағында төтенше жағдай аймағынан адамдарды немесе бір адамды эвакуациялауды ұйымдастырудың ықтимал бағыттарының графигі көрсетілген (мысалы, өрт кезінде).

Сонымен қатар, сол жақ бөлікте пішінге сәйкес бөлменің жер бедерін (жоспарын) қоюға болады. 7-суретте осы модульдің негізгі формасы көрсетілген.



7 сурет - Төтенше жағдай аймағынан адамдарды эвакуациялаудың ең қысқа жолын табуға арналған модульдің жалпы көрінісі

Модуль төтенше жағдай аймағындағы адамдардың координаттары немесе орналасқан жері туралы деректер негізінде (мысалы, қозғалыс сенсорлары мен бейнебақылау камераларынан алынған деректер және т.б.) эвакуациялаудың ең жақсы бағытын жасауға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда, жоғарыда айтылғандай, модуль эвакуация жолындағы кедергілерден пайда болатын кездейсоқ импульстік ағындарды ескереді.

Қорытынды.

Төтенше жағдай аймағынан адамдарды эвакуациялауды ұйымдастыру тиімділігін арттыру үшін BS ресурстарын басқару және қайта бөлу мәселелерін шешуге бағытталған компьютерлік жүйе болып табылатын шешімдерді қолдау жүйесі (DSS Evacuation_Net) әзірленді. Әзірленген DSS Evacuation_Net бағдарламалық өнімінде анық емес жиындар теориясын қолдану негізінде төтенше жағдай аймағынан адамдарды эвакуациялауды ұйымдастыру тапсырмаларында қолжетімділік СЖ таңдаудың жетілдірілген әдісі енгізілген.

Бөлек модульде алдағы эвакуация туралы SMS хабарламалар жіберу тапсырмасы жүзеге асырылады. Сондай-ақ, жеке модульде адам ағынының қалыптасуын сипаттайтын шешім қабылдауды қолдау жүйесі Evacuation_Net есептеу ядросы үшін математикалық модель жүзеге асырылады. Бұл абоненттің (эвакуацияланушының) орналасқан жері деректерін басшылыққа ала отырып, үй-жайдан шығуға ең қысқа жолды модельдеуге мүмкіндік береді.

Evacuation_Net DSS талдауының негізгі ішкі жүйесі эвакуацияны жүзеге асыру қажет болатын әртүрлі инфрақұрылым объектілерінде интернет қызметтерін ұсынатын ұялы байланыс операторлары мен провайдерлерінен алынған деректерді талдауға арналған.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] The Information System of Mass Notification in Emergency Situations with an Algorithm of Optimization of Evacuation Plans Based on the Client—Server Architecture. Problemele Energeticii Regionale / Arutiunean, V. (2019). 40(1-1), 36-44.

[2] Development of in-building transmission device utilizing DOCSIS standard and IP encapsulation method for 4K/8K multi-channel IP broadcast. In 2020 IEEE International Conference on Consumer Electronics /] Kusunoki, T., Kurakake, T., Kawamura, Y., Imamura, K., & Saito, K. (2020, January). (ICCE) (pp. 1-5). IEEE.

[3] Civil Protection Portal Site of Japan // http://www.kokuminhogo.go.jp/en/pc-index_e.html

[4] Memorandum of Agreement (MOA) with the Federal Emergency Management Agency (FEMA) // https://www.fema.gov/media-library-data/14382691926l664f850f94ddc59227fe0c8612fb5900b/OpenDevelopers_07162015.pdf

[5] National IPAWS EAS Test Final Report (2017) // https://www.fema.gov/media-library-data/1523303270960-0ddf8c45ca3eac68c4a4256c39da431c/2017_IPAWS_EAS_National_Test_Final_Report_FINAL.pdf

[6] National IPAWS EAS Test Final Report IPAWS National Test of the Emergency Alert System (2017) // https://www.fema.gov/media-library-data/1504571521594-321936d30da02b5570a7fe005bdcdfbd/2017_IPAWS_National_Test_Statement.pdf

[7] Alert-IMGW oraz RSO // http://antyapps.pl/alert-imgw/

Madina Sydybayeva, doctoral student, International University of Information Technologies, Almaty, Kazakhstan, M.sydybayeva@aues.kz

Timur Kartbayev, PhD, professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, kartbayev_t@mail.ru

Kulzhan Togzhanova, PhD, docent, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, togzhanova_kuljan@mail.ru

Leila Kuntunova, senior lecturer, Almaty University of Energy and Communications named after G.Daukeev, Almaty, Kazakhstan, l.kuntunova@aues .kz

Gulzhanat Beketova, PhD, docent, Almaty University of Energy and Communications named after G.Daukeev, Almaty, Kazakhstan, G.Beketova@aues.kz

DEVELOPMENT OF A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR ORGANIZING THE EVACUATION OF PEOPLE FROM THE EMERGENCY ZONE

Annotation. These are the results of testing the developed decision support system (DSS Evacuation_Net), which is a computer system aimed at solving the problems of managing and redistributing wireless network (BS) resources to improve the efficiency of organizing the evacuation of people from the emergency zone. In the developed software product DSS Evacuation_Net, based on the use of the theory of fuzzy sets, an improved method for selecting accessibility parameters in the tasks of organizing the evacuation of people from the emergency zone is introduced. In a separate module, the task of sending SMS messages about the upcoming evacuation was made. Also, in a separate module, a mathematical model of the Evacuation_Net DSS calculation core is implemented, which describes the formation of a human flow. This allows you to simulate the shortest way out of the premises, focusing on the location data of the subscriber (evacuee).

Keywords. Notification, wireless networks, decision support, modeling, module.

Мадина Сыдыбаева, докторант, Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан, M.sydybayeva@aues.kz

Тимур Картбаев, PhD, профессор, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, kartbayev_t@mail.ru

Кульжан Тогжанова, PhD**,** доцент**,** Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, togzhanova_kuljan@mail.ru

Лейля Кунтунова, старший преподаватель, Алматинский университет энергети и связи имени Г.Даукеева, Алматы, Казахстан, l.kuntunova@aues.kz

Гулжанат Бекетова, PhD, доцент, Алматинский университет энергетики и связи имени Г.Даукеева, Алматы, Казахстан, G.Beketova@aues.kz

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗОНЫ ЧС

Аннотация. Таковы результаты тестирования разработанной системы поддержки принятия решений (СППР Evacuation_Net), представляющей собой компьютерную систему, направленную на решение задач управления и перераспределения ресурсов беспроводной сети (БС) для повышения эффективности организации эвакуации людей из зоны ЧС. В разработанном программном продукте Evacuation_Net, основанном на использовании теории нечетких множеств, внедрен усовершенствованный метод выбора параметров доступности в задачах организации эвакуации людей из зоны ЧС. В отдельном модуле вынесена задача отправки СМС сообщений о предстоящей эвакуации. Также в отдельном модуле реализована математическая модель расчетного ядра СППР Evacuation_Net, описывающая формирование людского потока. Это позволяет моделировать кратчайший путь выхода из помещения, ориентируясь на данные о местоположении абонента (эвакуируемого).

Ключевые слова. Уведомление, беспроводные сети, поддержка принятия решений, моделирование, модуль.

****

ӘОЖ 621.3 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-537-545**

Кашаганова Г.Б.[1,2]
[1]Туран Университеті, Алматы, Қазақстан
[2]Satbayev University, Алматы, Қазақстан
E-mail: guljan_k70@mail.ru

КӨЛБЕУ ТАЛШЫҚТЫ БРЭГГ ТОРЛАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН ТАЛШЫҚТЫ ДАТЧИКТЕРДІҢ НЕГІЗГІ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЖӘНЕ ОЛАРҒА СЫРТҚЫ ФАКТОРЛАРДЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл мақалада жол жабынының бақылау үшін көлбеу талшықты Брэгг торларына (КТБТ) негізделген талшықты датчиктерді қолдану сипатталған. Көлбеу талшықты Брэгг торларға негізделген талшықты датчиктер (ТД) жол жабынының құрылымдарын бақылау үшін деформация мен температураны бір уақытта өлшеу мүмкіндігін қамтамасыз ете алады.

Көлбеу талшықты Брэгг торы – бұл белгілі бір қабық режимдерін таңдамалы түрде қоздыруға арналған әмбебап құрылғы, ол арқылы оптикалық датчиктерде жүзеге асырылуы мүмкін тордың спектрлік реакциясын бақылау арқылы қоршаған орта күйінің өзгеруін тіркеуге болады.

Көлбеу талшықты Брэгг торлары қашықтықтан өндеу қабілеті сияқты дәстүрлі торларға негізделген датчиктердің барлық артықшылықтарын сақтайды және өте аз салмақ пен өлшемдегі көп параметрлі датчиктерді жасау үшін қолданылады, бұл датчиктерді зерттелетін құрылымдарға ендіруге немесе бекітуге мүмкіндік береді. Температура мен деформацияны өлшеу көлбеу талшықты Брэгг торлары негізгі режимнің толқын ұзындығының ығысуына негізделген. Температураға сезімталдық шамамен 10 мкм/^{0}С құрайды. КТБТ спектрлік сипаттамалары және олардың сыртқы факторларына әсері қарастырылады.

Түйінді сөздер. Талшықты датчиктер, көлбеу талшықты Брэгг торлары, температура, деформация, жол жабыны, параметрлер.

Кіріспе.

Қазіргі уақытта талшықты датчиктерді қолдана отырып, нақты уақыт режимінде жол жабынын бақылау жүйелері үшін біз жол жабыннының күйі, олардың деформация, температура, қаттылық және тығыздық сияқты сипаттамаларының жауаптары туралы нақты деректерді ала аламыз. Датчиктерден алынған ақпаратты жол жабынының өнімділігі мен жарамдылығын талдау және бағалау үшін, әсіресе жаңа материалдарды, қоспаларды жобалау процедураларын немесе жол жабының құрылымдарын бағалау және қолдану үшін пайдалануға болады. Талшықты датчиктер жол жабынының күйі мен өнімділігін бақылау және бағалау үшін жылдам, тұрақты, арзан және мультиплекстеу жүйесін нақты уақыт режимінде қамтамасыз етеді. Нақты уақыттағы мониторинг жүйелері объектінің күйін бақылауға мүмкіндік береді, осылайша ерте кезеңде апаттық жағдайлардың туындау мүмкіндігін анықтап, тиісті қызметтерді хабардар етеді. Бұл апаттар қаупін азайтуды және объектілерді пайдалану кезінде экономикалық тиімділікті арттыруды қамтамасыз етеді.

Жол жабынын жобалау негізінен және әдетте жалпы жол құрылымының барлық деңгейлерінде көлік жүктемелерінің тиімді таралуын қамтамасыз ету үшін қажет құрылымды ұзақ мерзімді бағалау үрдісі болып табылады. Жолдың жалпы құрылымы жоғарғы қабаттан, бір немесе бірнеше негізгі қабаттардан, негізден және жер төсемінен

тұрады. Осы деңгейлерде пайда болатын кернеулер мен деформациялар қолданылатын материалдардың шегінде болуы керек. Жол жабынын жобалаудың мақсаты-жұмыс шығындарын (материалдар, құрылыс, техникалық қызмет көрсету және қалдық құнын) қоса алғанда, бүкіл қызмет мерзімі ішінде жол жабынының құнын азайту арқылы таңдалған жүктеме параметрлері шегінде көлік жүктемелерін тиімді бөлетін инженерлік құрылымды құру; пайдаланушының шығындары (қозғалыстың кешігуі, жол жұмыстарындағы апаттар, сырғанау). бақытсыз жағдайлар, отын шығыны/шиналардың тозуы және қалдық қоры); қоршаған ортаға әсері және т.б.

Жол жабынын өлшеу үшін қолданылатын датчиктер жол жамылғысы материалдарының гетерогенді табиғаты мен механикалық қасиеттеріне соншалықты сәйкес келуі керек. Біріншіден, датчиктер битум қабаттарында тым жабысқақ болмауы үшін мүмкіндігінше аз болуы керек. Екіншіден, деформацияны өлшеу үшін сенсорлардың қаттылығы жол жабынының механикалық қасиеттерін дұрыс өлшеу үшін асфальт-бетон қоспасының қаттылығына сәйкес келуі керек. Сонымен қатар, кіріктірілген датчиктер жол жабынын салу рдісінде (жоғары температура мен қысу) ең жоғары жүктемелерге төтеп беруі керек. Осыдан кейін, егер ұзақ мерзімді бақылау қарастырылса, бұл датчиктер коррозияға және термомеханикалық шаршау жағдайларына төзімді болар еді [1].

Бақылау жүйелерін құрудың негізі дұрыс датчик түрлерін таңдау болып табылады. Жоғарыда аталған мәселелерді шешудің бір нұсқасы – әртүрлі типтегі талшықты датчиктерге негізделген кіріктірілген басқару жүйелерін қолдану.

Мұндай жүйелерді қолдану құрылымдық, химиялық және механикалық үйлесімділік тұрғысынан технологиялық тұрғыдан негізделген, минималды массалық сипаттамалармен, жарылыс және өрт қауіпсіздігі, электр оттары жүйесінің жұмысына әсер етпеу, радиоэлектрондық жабдықтармен электромагниттік үйлесімділік, мультиплекстеу және жұмыс факторларының әсерінен талшықты датчиктердің тұрақтылығы.

Жоғарыда аталған талаптар талшықты Брэгг торларға (ТБТ) негізделген талшықты датчиктерге сәйкес келеді. Атап айтқанда, өзімізде зерттеулер біз көлбеу талшықты Брэгг торларына негізделген талшықты датчиктерді қарастырамыз.

ТБТ – ұзындығы бірнеше миллиметрлік оптикалық талшықтардың кішкене бөлігі, онда дифракциялық тор ультракүлгін әсерімен жазылады. Бұл тордың оптикалық қасиеті-түсетін спектрдің жақын оптикалық жолағын көрсету. ТБТ жылу және механикалық тітіркендіргіштерге сезімтал болу үшін туа біткен қасиеттерге ие. Брэгг толқын ұзындығы температураның өзгеруіне және/немесе деформацияға пропорционалды болады.

Жаңа мыңжылдықтың басынан бастап талшықты-оптикалық Брэгг құрылымдарына қызығушылық артып келеді. Олардың қолданылуының үлкен саны, олардың арасында жүйелерді атап өтуге болмайды өнеркәсіптік ағынды суларды бақылау, сыну көрсеткішін өлшеу Жарық, кернеу, акустикалық толқын, деформация, температура, діріл, ылғалдылық, сұйықтық деңгейі, күштер, ауытқулар, магнит өрісі, геомеханикалық шамалар, биіктік пен қысымды өлшеу, мысалы, авиацияда, күйді өлшеу механикалық құрылымдар, соның ішінде бетон, көпірлер, тіректер, теміржол құрылымдары, құбырлар, бақылау датчиктері оларды қолданудың жаңа тәсілдеріне деген қызығушылықтың күрт өсуіне себеп болды.

Бұл жұмыста жол жабындарының күйін бақылау үшін КТБТ негізделген талшықты датчиктерді қолдануды зерттейтін боламыз.

Материалдар мен тәсілдер.

Талшықты датчиктерді шартты түрде нүктелік, квази-үлестірілген және үлестірілген деп жіктеуге болады. Нүктелік ТД деп бақылау объектісіндегі датчиктің өзі орналасқан жергілікті аймақта бақыланатын параметрлерді (деформация, температура, орын ауыстыру және т.б.) өлшейтін датчиктер түсініледі.

Нүктелік ТД ретінде ультракүлгін жазу әдісімен немесе фемтосекундтық әдіспен қалыптасқан ТБТ әртүрлі түрлері (суперқұрылымды, көлбеу, аподизацияланған және т.б.) жиі қолданылады.

Квази-бөлінген талшықты датчиктер, олар нүктелік массивтер болып табылады талшықты датчик, олар бір талшықты жарық өткізгіште де, Көп арналы мәліметтер алу құрылғыларын пайдалануды ескере отырып, бірнеше талшықты жарық өткізгіштерде де орналасуы мүмкін, әдетте 4 немесе одан да көп. Бақылау объектісіне монтаждау нүктелік дәнекерлеу әдісімен, әдетте металл конструкциялар үшін, бетіне желімдеу әдісімен немесе темірбетон конструкциялары жағдайында жүзеге асырылады, содан кейін ол бетонмен құйылады.

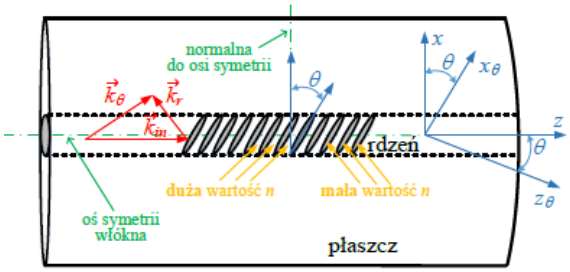
Құбыр және газ құбырлары сияқты ұзартылған объектілерді бақылау үшін Рэлей, Раман және Мандельштам-Бриллюен эффектілеріне негізделген таратылған бақылау жүйелері қолданылады. Мұндай талшықты датчик шын мәнінде талшықты жарық өткізгіш (кабель) болып табылады, онда параметрлерді өлшеу берілген рұқсат ету қабілетімен жүзеге асырылады, ондаған сантиметрден ондаған метрге дейін, егер біз 30, 50 және тіпті 100 км ұзын объектілерді бақылау туралы айтатын болсақ. әдетте, мұндай талшықты датчиктер бақылау объектісіне арнайы байланыстардың көмегімен орнатылады немесе. периметрлерді бақылау немесе, мысалы, пойыздардың қозғалысы жағдайында олар жерге қажетті тереңдікке көміліп, мониторинг жүргізіледі.

ТБТ – жарықтың белгілі бір толқын ұзындығын көрсететін және басқалардың барлығын жіберетін/өткізетін қысқа талшық сегменттерінде жасалған типтік таратылған Брэгг рефлекторлары. Бұған талшықтың өзегінде белгілі бір толқын ұзындығын көрсететін диэлектрлік айна түзетін сыну коэффициентін мезгіл-мезгіл өзгерту арқылы қол жеткізіледі.

ТБТ құрылымы сыну көрсеткішінің мәндеріне және/немесе тор кезеңіне байланысты өзгеруі мүмкін. Тор кезеңі бірдей немесе өзгермелі болуы мүмкін, оны локализациялауға немесе суперқұрылым шеңберінде таратуға болады. Сыну көрсеткішінің екі негізгі сипаттамасы бар: сыну көрсеткішінің профилі және орын ауыстыру. Әдетте сыну көрсеткішінің профилі бірдей/біркелкі немесе аподизацияланған болуы мүмкін, ал сыну көрсеткішінің сысуы оң немесе нөлге тең болуы мүмкін.

ТБТ бірнеше ерекше түрлері бар: чирпирленген [4], көлбеу [5], бірнеше ТБТ суперпозициялары [6, 7] және фазалық ығысу торлары [8, 9]. Дифракциялық құрылымдардың соңғы түрлері-бұл екі аймаққа шартты түрде бөлінген ТБТ, олардың жалпы сәулеленуі Брэгг резонансының толқын ұзындығында фазаға қарсы болады. Мұндай құрылымдар шағылысу жолағында тар өткізу аймағын, бірнеше ондаған немесе пикометрлердің бірліктерін байқауға мүмкіндік береді.

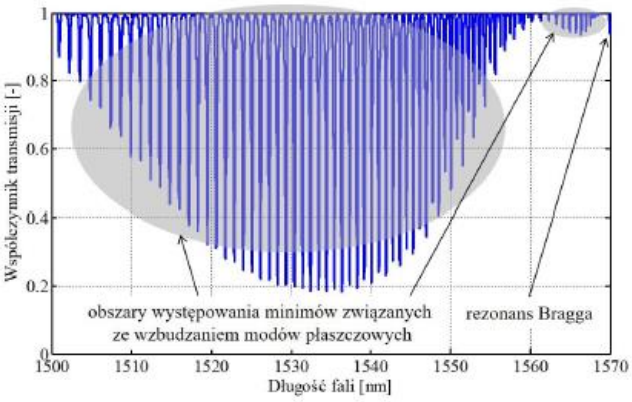
Мұндай датчиктердің жалпы жұмыс принципі сыртқы әсерлердің әсерінен Брэгг толқын ұзындығының өзгеруіне негізделген. Дегенмен, сенсорлық элементтердің ықтимал конструкцияларының спектрі классикалық Брэгг құрылымдарымен шектелмейді. Мұндай құрылғылардың қатарында КТБТ ерекше орын алады.



1 сурет – Көлбеу талшықты Брэггт торы

Жарық өткізгіштегі көлбеу сызықшалар арқасында мұндай торда қабықша режимдерінің дискретті жиынтығы қозғалады, ол өткізу спектрінде толқын ұзындығының кең диапазонында спектрлік құлдырау түрінде көрінеді. Қабықша сәулелену режимдері жарық өткізгіштің сыртқы бетімен әрекеттесетіндіктен, бұл қасиет сыртқы ортаның физикалық параметрлерін өлшеу үшін сенсорлық жүйелерде қолданылуы мүмкін. 1-суретте қабықша режимдерін қоздыру принципі айқын көрсетілген. Айта кету керек, векторлардың мұндай құрылысы жалғыз мүмкін емес. Әр түрлі тиімділігі бар ТБТ жарықты әр түрлі бұрыштарға шашырата алады, бұл бұрыштардың секторы сызықшалардың бұрышына байланысты. Сондықтан, қабықша режимдерінің жиынтығы әр түрлі болуы мүмкін, олардың фазалық қозуы жағдайын қанағаттандырады және тордың дифракциясының тиімді бұрыштары секторында жатыр. Геометриялық оптика тұрғысынан бұл режимдер жарық өткізгіштің бетіне әртүрлі бұрыштарда таралатын сәулелерге сәйкес келеді деп айтуға болады, бұл әрі қарай КТБТ сенсорлық элементтер ретінде қолданудың маңызды факторы болып табылады.

КТБТ өткізу спектрінде қабықша режимдерінің тез әлсіреуіне байланысты шағылысу спектрінде жоқ бірнеше резонанстық шыңдар бар. Қабықша режимдерінің таралу бағыты θint торының көлбеу бұрышына байланысты болады (сурет. 1). Егер θint $<45^0$ болса, онда ядро режимі қарама-қарсы бағытта таралатын қабық режимімен әрекеттеседі, ал егер θint $> 45^0$ болса, онда сол бағытта.



2 сурет – 6^0 тең бұрышқа көлбеуленген сыну көрсеткіші модуляцияланған КТБТ спектрлік сипаттамалары

Мұндай КТБТ өткізу спектрі әдеттегі Брэгг торымен салыстырғанда едәуір күрделі және қозған қабық режимдеріне сәйкес келетін толқын ұзындығында спектрлік құлдырауды қамтиды. 2-суретте сызықшалар бұрышы 6^0 болатын КТБТ спектрінің мысалы келтірілген. Рефлексияның негізгі Брэгг шыңы спектрдің оң жағында көрінеді, барлық басқа шыңдар қабық режимдеріне сәйкес келеді. Айта кету керек, мұндай тордың шағылысу спектрінде тек Брэгг шыңы көрінеді. Осылайша, әр түрлі қабық режимдерінің таралуы сыртқы ортаның параметрлеріне, атап айтқанда оның сыну көрсеткішіне байланысты.

Оптикалық талшық ядросындағы сыну көрсеткішінің модуляциясының көлбеуі мүлдем жаңа қасиеттерге және олардың дамуы мен қолданылуына байланысты мүмкіндіктерге әкеледі.

КТБТ ерекше қызығушылығы перспективалы плазмалық сенсорлардың негізі болып табылады. Яғни , беттік плазмондық резонанс әсерімен жұмыс істейтін датчиктер.

Нәтижелері мен талқылау.

Жол жабынының жағдайына келесідей факторларәсер етеді: топырақтың шөгуі, қоршаған ортаның температурасы, жүк көлігінің қарқынды қозғалысы. Жол жабынын

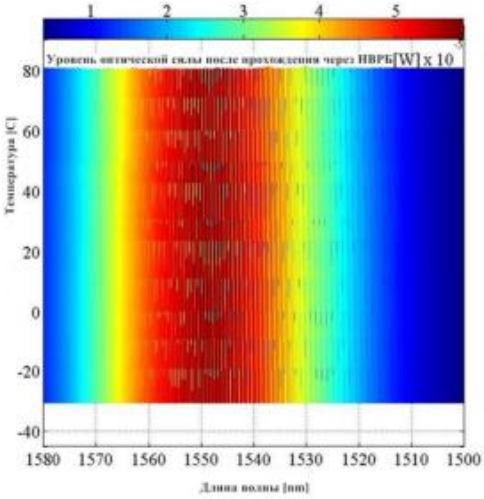
жобалау өте күрделі үрдіс, өйткені қабатты серпімділік теориясы жол жабыннының нақты күйіне сәйкес келмейтін есептеу нәтижелерін ұсынады, бұл жол жабынының материалдарының кернеуі мен деформациясының біркелкі емес және сызықты емес қатынасын елемейді.

КТБТ негізделген талшықты датчиктер жол жабынының күйін бақылау үшін деформация мен температураны бір уақытта өлшеуге мүмкіндік береді. Осы типтегі датчиктермен температураны өлшеу кезінде сенімділік пен ұзақ мерзімді тұрақтылықты датчиктерді асфальт пен бетон үлгілерінің бетіне орнату арқылы тексеруге болады.

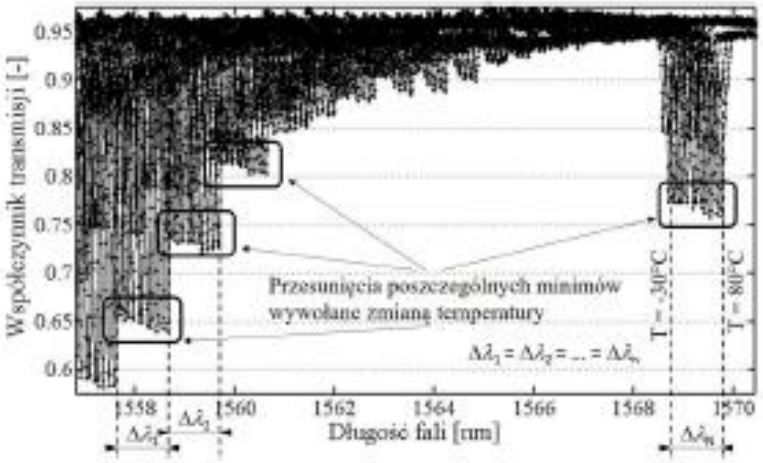
КТБТ спектрлік сипаттамаларының температураға тәуелділігін қарастырыңыз.

КТБТ сипаттамаларына температураның әсерін Люблин техникалық университетінің зертханасында жүргізілген зерттеулер нәтижесінде алынған. Температура: -30°С-тан 80°С-қа дейін өзгерді, шағылысу бұрышы - 6°тең.

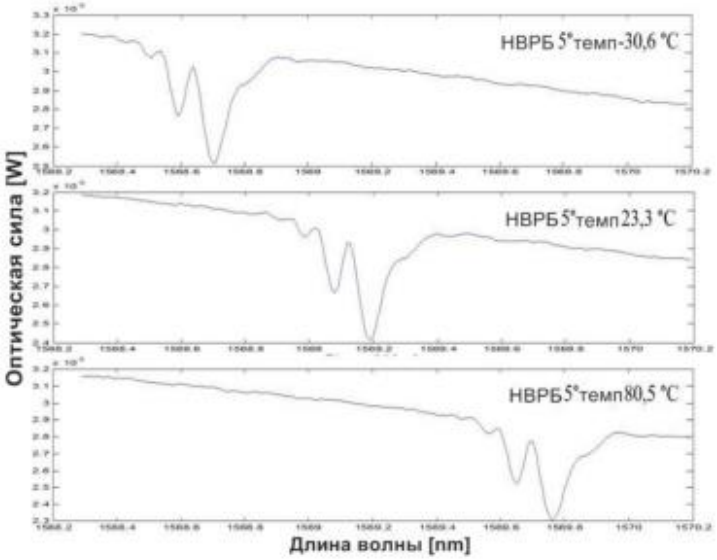
3-суретте температураның жоғарылауына байланысты спектрдің ұзын толқын ұзындығына қарай жылжуы көрсетілген. Бұл құбылыс қарапайым БТ сияқты, тор жазылған оптикалық талшықтың термиялық кеңеюінен және талшықтың термиялық кеңеюінің басым әсерімен фотоэластикалық тұрақтының өзгеруінен туындайды. Бұл аймақтар негізгі Брэгг резонансына және қабықша режимдерінің болуымен байланысты таңдалған шыңдарға сәйкес келетін толқын ұзындығына жақын орналасқан.



3 сурет – Температураға байланысты КТБТ өткізу спектрінің өзгеруі

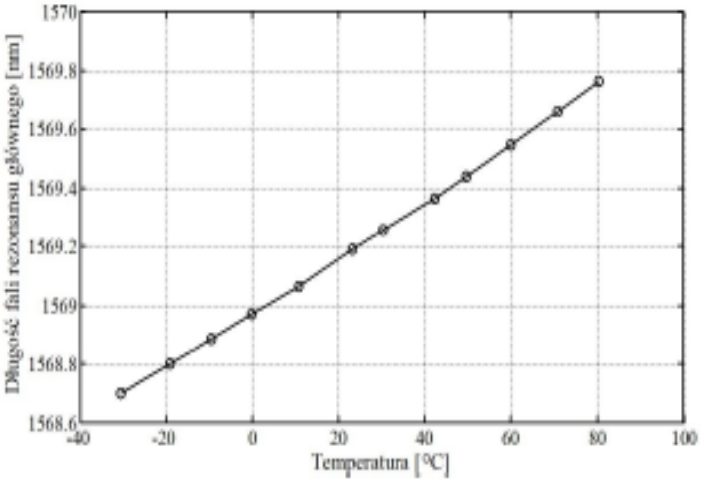


4 сурет – -30°С-тан + 80°С-қа дейінгі температураның өзгеруінен туындаған КТБТ берілу сипаттамаларының таңдалған бөлігінің ауысуы



5 сурет – Температураның өзгеруіне байланысты КТБТ негізгі Брэгг резонансының ауысуы

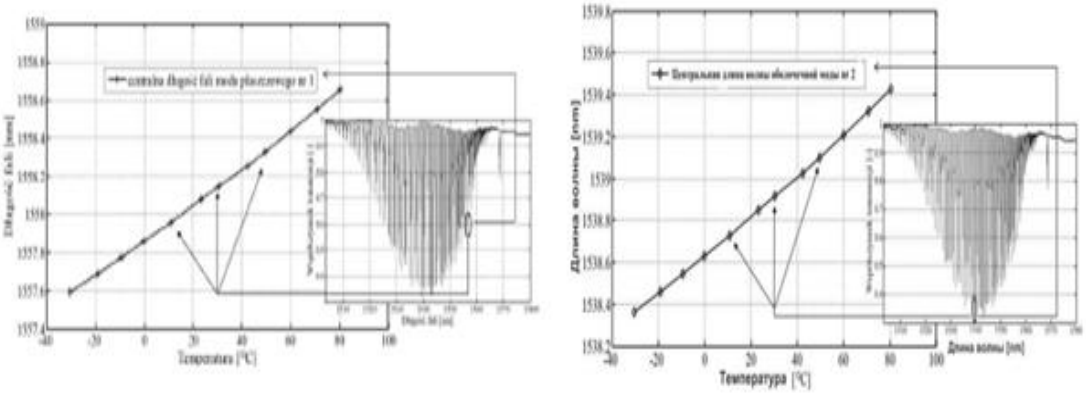
Брэгг резонансымен байланысты КТБТ берілу сипаттамаларындағы спектрлік бөліктің пішіні өзгермейді. Тек минималды беріліс болатын толқын ұзындығы өзгереді. Спектрлік сипаттамалар біржақты және толқын ұзындығын өзгерту үшін мұндай құрылымның температуралық түрлендіру сипаттамаларының пішіні 6-суретте көрсетілген.



6 сурет – Температураны өлшеу кезінде қолданылатын 6° КТБТ резонансының негізгі толқын ұзындығының өзгеруі (Брэгг резонансы)

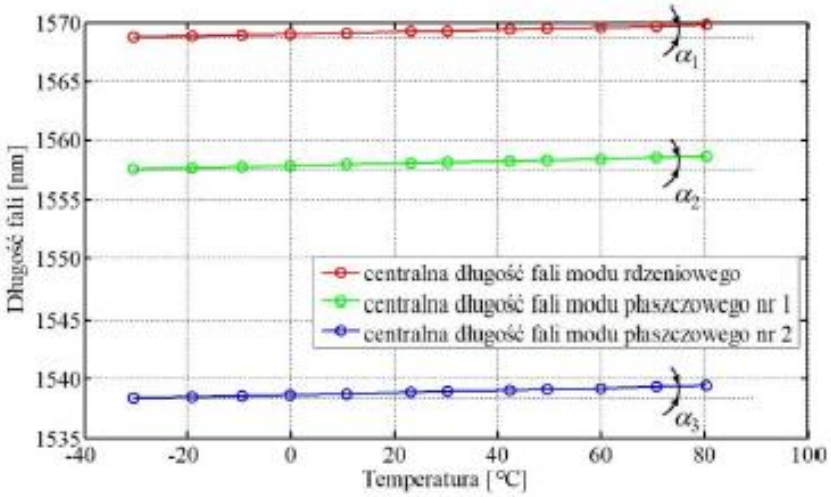
КТБТ ең үлкен толқын ұзындығына ие және спектрлік сипаттамалардағы сәйкес шың ең тар болып табылады. Резонанстың негізгі толқын ұзындығы стандартты Брэгг түзу торымен бірдей температуралық сезімталдықпен (~ 10пм /°С), сондай-ақ ТБТ осьтік кернеуге бірдей сезімталдығымен сипатталады. Сыналатын диапазонда, яғни -30,5°С-тан 80,5°С-қа дейінгі температуралар үшін КТБТ құрылымының негізгі режимінің температураға сезімталдық коэффициенті 10 мкм/°С құрайды. Брэгг резонансының толқын ұзындығының температураға тәуелділігі сызықтық болып табылады және ТБТ құрылымының теориялық сезімталдығына сәйкес келеді.

7-суретте -30,5 ° С-тан 80,5 ° С-қа дейінгі температура өзгерген кезде толқын ұзындығының өзгеру сипаттамалары, сондай-ақ қабықша режимдерінің спектрлік сипаттамаларының резонанстық талдауы сипатталған. Талшық №1 және №2 қабықшалары, сонымен қатар жоғары ретті қабықшалар режимдерінің нәтижелеріінің ұқсастығын көреге болады.



7 сурет – №1 және № 2 қабықша режимі үшін температурадан толқын ұзындығының өзгеруі (КТБТ 6°)

Салыстыру үшін 8-суретте температураның таңдалған үш резонанс үшін минимумның ығысу әсер ету сипаттамалары жинақталған.



8 сурет – Температураның толқын ұзындығына әсер ету сипаттамалары

Жұмыста КТБТ барлық резонанстарының температуралық сезімталдығы бірдей және, мысалы, қабықша режимінің тәртібіне тәуелді емес екенін көрсететін спектрлік сынақтардың нәтижелері келтірілген.

Алынған нәтижелерден КТБТ толқын ұзындығының температураға сызықтық тәуелділігі және бұл КТБТ негізделген талшықты датчиктердің спектрлік сипаттамалары қоршаған орта температурасының өзгеруінен өзгермейтіндігін білдіреді.

Қорытынды.

КТБТ негізіндегі датчиктер жол жабынын бақылауда қолданудың айтарлықтай маңызы зор.

КТБТ спектрлік қасиеттерін анықтайтын ең маңызды параметр – бұл талшықтың көлденең қимасының жазықтығына қатысты сыну көрсеткішінің жолақтарының көлбеу бұрышы. Бұл тордың модификациясы ішкі құрылым байланысқан жарықтың қабықша режимдері ретінде қабық өзегінің шекарасына ішінара берілуін тудырады, бұл оларды ортаның сыну көрсеткішіне сезімтал етеді.

Зерттеулер көрсеткендей, КТБТ толқын ұзындығының қоршаған орта температурасына сызықтық тәуелділігі. Демек, КТБТ толқын ұзындығының мәнін қоршаған орта температурасының өзгеруінің көрсеткіші ретінде пайдалануға болады. Толқын ұзындығының бұл сипаттамасы жол жабынын бақылау үшін өндірісте тәжірибелік қолдану тұрғысынан үлкен қызығушылық тудырады. Бұл үшін КТБТ басқа көлбеу бұрыштары үшін бірдей толқын ұзындығын өлшеуді қайталау керек деп санаймыз.

КТБТ тегістелген кең спектрлік сипаттамаларын жасау қабілеті талшықты датчиктерді қалыптастыруда қолдануға кең мүмкіндіктер ашады.

Қаржыландыру. Зерттеу «Жас ғалым» ГҚ № AP 14972921 «Жол жабындарыңын жай-күйін мониторингтеуге арналған талшықты датчикті зерттеу және әзірлеу» жобасы шеңберінде жүргізілді.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Kisała, P., Wójcik W Kalizhanova A. Kashaganova G., Amirgaliyeva, S.N. Spectral properties of tilted bragg gratings with different tilt angles and variable surrounding conditions Przeglad Elektrotechniczny Warsaw, Poland, 2019.– 185-188p. ISSN: 0033-2097

[2] Кашаганова Г.Б., Козбакова А.Х., Тогжанова К.О. Жол жабынын бақылау үшін талшықты брэгг торлары негізінде талшықты датчиктерді зерттеу ҚазККА Хабаршысы № 3 (122), 2022, 263-270б

[3] Chapeleau, X.; Blanc, J.; Hornych, P.; Gautier, J.-L.; Carroget, J. Assessment of cracks detection in pavement by a distributed fiber optic sensing technology. J. Civ. Struct. Health Monit. 2017, 7, 459–470.

[4] Byron K.C., Sugden K., Bricheno T., Bennion I. Fabrication of chirped bragg gratings in photosensitive fibre. Electronics Letters, 1993, vol. 29, no. 18, pp. 1659–1660. doi: 10.1049/el:19931104

[5] Meltz G., Morey W.W., Glenn W.H. In-fibre Bragg grating tap. Optical Fiber Communication Conference. San Francisco, 1990. doi: 10.1364/ofc.1990.tug1

[6] Othonos A., Lee X., Measures R.M. Superimposed multiple В.А. Новикова, С.В. Варжель, А.А. Дмитриев, Ю.К. Залесская, Р.Ф. Идрисов Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2018, том 18, № 5 757 Bragg gratings // Electronics Letters. 1994. V. 30. N 23. P. 1972–1974. doi: 10.1049/el:19941359

[7] Arigiris A., Konstantaki M., Ikiades A., Chronis D., Florias P., Kallimani K., Pagiatakis G. Fabrication of high-reflectivity superimposed multiple-fiber Bragg gratings with unequal wavelength spacing // Optics Letters. 2002. V. 27. N 15. P. 1306–1308.

[8] Littler I.C.M., Rochette M., Eggleton B.J. Adjustable bandwidth dispersionless bandpass FBG optical filter // Optics Express. 2005. V. 13. N 9. P. 3397–3407. doi: 10.1364/opex.13.003397

[9] Wang H. A Phase-Shifted Fiber Bragg Grating Based Humidity Sensor. PhD Thesis. Canada, Ontario, 2013. 55 p.

Gulzhan Kashaganova, PhD, Turan University, *Satbayev University*, Almaty, Kazakhstan, guljan_k70@mail.ru

RESEARCH OF THE MAIN PARAMETERS OF FIBER SENSORS BASED ON INCLINED FIBER BRAGG GRATINGS AND THE INFLUENCE OF EXTERNAL FACTORS ON THEM

Annotation. This article describes the use of fiber sensors based on tilted fiber Bragg gratings (TFBG) for road surface monitoring. Fiber sensor (FS) based on tilted fiber Bragg gratings can provide the possibility of simultaneous measurement of deformation and temperature for monitoring pavement structures.

The TFBG is a universal device for selective excitation of certain shell modes, whereby it is possible to register changes in the state of the environment by monitoring the spectral response of the lattice, which can be implemented in optical sensors.

TFBG retain all the advantages of sensors based on traditional grids, such as the ability of remote sensing, and are used to create multiparameter sensors of extremely small weight and size, which allows embedding or attaching sensors to the structures under study. The temperature and strain measurements of the TFBG are based on the shift of the wavelength of the main mode. The temperature sensitivity is approximately 10 microns/oS. The spectral characteristics of TFBG and the influence of external factors on them are considered.

Keywords. Fiber sensors, tilted fiber Bragg gratings, temperature, deformation, road surface, parameters.

Гулжан Кашаганова, PhD, Университет Туран, *Satbayev University*, Алматы, Казахстан, guljan_k70@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКОВ НА ОСНОВЕ НАКЛОННЫХ ВОЛОКОННЫХ РЕШЕТОК БРЭГГА И ВЛИЯНИЕ НА НИХ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ

Аннотация. В данной статье описывается применение волоконных датчиков на основе наклонных волоконных решеток Брэгга (НВРБ) для мониторинга дорожного покрытия. Волоконные датчик (ВД) на основе наклонных волоконных решеток Брэгга могут обеспечить возможность одновременного измерения деформации и температуры для мониторинга конструкций дорожного покрытия.

НВРБ представляет собой универсальное устройство для выборочного возбуждения определенных мод оболочки, посредством чего имеется возможность регистрировать изменение состояния окружающей среды, контролируя спектральный отклик решетки, что может быть реализовано в оптических датчиках.

НВРБ сохраняют все преимущества датчиков на основе традиционных решеток, таких как способность дистанционного зондирования, и используются для создания многопараметрических датчиков чрезвычайно малого веса и размера, что позволяет встраивать или прикреплять датчики к исследуемым конструкциям. Измерения температуры и деформации НВРБ основаны на сдвиге длины волны основного режима. Температурная чувствительность составляет приблизительно 10 мкм/^{o}С. Рассмотрены спектральные характеристики НВРБ и влияние на их внешние факторы.

Ключевые слова. Волоконные датчики, наклонные волоконные решетки Брэгга, температура, деформация, дорожное покрытие, параметры.

****

ЭКОНОМИКА, ЭКОЛОГИЯ ЖӘНЕ ӨМІРТІРШІЛІК ҚАУІПСІЗДІГІ
ЭКОНОМИКА, ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ECONOMICS, ECOLOGY AND LIFE SAFETY

УДК 581.5(574.2) **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-546-555**

А.У. Бугубаева[1], А.Н. Куприянов[2], С.Б. Куанышбаев[1], А.Б. Нугманов[1], В.Н. Чашков[1]
[1]А. Байтұрсынов атындағы Қостанай Өңірлік университеті, Қостанай, Қазақстан
[2]Кузбасс ботаникалық бағы, Ресей Ғылым академиясының Федералды көмір және көмір химиясын зерттеу орталығы, Кемерово, Ресей
E-mail: alia-almas@mail.ru

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СООБЩЕСТВА НА БЕРЕГУ ВОДОЕМА РУДНИКА ГРАЧЕВСКОГО УРАНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЗАХСТАНА

Аннотация. Изучено состояние растительного сообщества и его продуктивность на берегу водоема - накопителя радиоактивных стоков, образующихся в результате воздействия осадков естественного происхождения (дождь, снег) и выхода грунтовых вод на поверхность рекультивированных отвалов производственных отходов Грачевского уранового рудника, прилегающих к водоему. Растительный покров участков берега водоема находится на разных стадиях сингенеза и представлен пионерными группировками, группово-зарослевыми сообществами и диффузными сообществами. В пределах берегов водоема складываются благоприятные экологические условия для поселения и развития растений. На пойменной террасе сформирован антропогенно-измененный суходольный луг с участием типичных для степной зоны растений. Существующий уровень ионизирующего излучения не оказывает видимого угнетения фитоценозов.

Ключевые слова. Мониторинг окружающей среды, урановый рудник, урановое месторождение, рекультивированный отвал, ионизирующее излучение, популяция, растительное сообщество, экологические условия, проективное покрытие видов, флористический состав, ценопопуляция, мезофит, общее проективное покрытие.

Введение.

Важность восстановления растительного покрова на территории уранодобывающих рудников является безусловно актуальной задачей, что отражено в Межгосударственной целевой программе стран участниц Содружества независимых государств от 21 ноября 2014 года [1].

В ходе выполняемых работ по изучению процессов восстановления деградированных земель сельскохозяйственного назначения Северного Казахстана и отработки технологии по биообработке урансодержащих руд были наряду с другими поставлены задачи по изучению процессов восстановления растительного покрова земельных участков, прилегающих к водоемам, используемым в качестве накопителей естественных стоков с отвалов отработанных промышленных отходов уранового рудника [2-7].

Водная растительность Северного Казахстана изучалась Л.А. Демченко, В.М. Катанской, Б.Ф. Свириденко [8;9;10]. По данным Б.Ф. Свириденко в водоемах Северного Казахстана встречается около 300 видов водорослей, мхов, сосудистых растений [10].

Наличие большой группы плейстоценовых реликтов в озерах Северного Казахстана, изолированных в настоящее время от основного ареала, может служить индикатором геологического возраста и доказательства тесной связи с бореальными

областями Голарктики. Значительное участие в растительности водоемов принимают высшие харовые водоросли. Среди сосудистых растений наибольшей парциальной активностью в Северном Казахстане обладают Phragmites australis, Typha angustifolia, T. latyfolia, T. laxmannii, Scirpus lacustris, S. tabernaemontani, Bolboschoenus maritimus, Eleocharis palustris, Carex acuta, C. atherodes, C. omskiana, C. riparia, C. rhynchophysa, C. vesicaria, Equisetum fluviatile, Nymphaea candida, Nuphar lutea, Potamogeton crispus, P. lucens, P. pectinatus, P. perfoliatus, P praelongus, P. pusillus, Myriophyllum spicatum, Urticularia vulgaris, Ceratophyllum demersum [8;9;10].

Изучение зарастания берегов водоемов, бывших накопителей радиоактивных стоков, является актуальным как в связи с необходимостью понимания динамических особенностей растительного покрова техногенных ландшафтов, так и для возможности практического использования полученных сведений в процессе планирования работ по рекультивации урановых рудников, выведенных из эксплуатации, а также для оценки воздействия радиоактивных веществ на фитоценозы.

В рамках данной работы было изучено растительное сообщество на берегах водоема, располагающегося на территории Грачевского рудника. Данный водоем является накопителем естественных стоков с поверхности прилегающих культивированных отвалов промышленных отходов уранового рудника. Интенсивность ионизирующего излучения на водоеме составила 10-20 мкР/час. Флора, формирующаяся на берегу водоема в определенной степени, могла бы стать эталонной для других водоемов на территориях урановых родников.

В связи с тем, что ранее детального изучения процессов зарастания берегов водоемов накопителей радиоактивных стоков урановых рудников практически не проводилось, было интересно проследить формирование околоводной растительности данного водоема. Это также представляет собой интерес для понимания фундаментальных закономерностей формирования растительного покрова техногенных ландшафтов и дальнейшего практического использования полученных данных.

Научные исследования выполнялись в рамках грантового финансирования исследований молодых ученых по проекту «Жас ғалым» на 2022-2024 годы ИРН AP15473275 «Экологическая оценка последствий добычи и переработки рудного и техногенного сырья, содержащего уран и золото» и источника финансирования (Комитет науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан).

Материалы и методы.

Исследования проводились на территории Грачевского (Володаровского) уранового месторождения (координаты расположения 53º18'42"N, 68º01'18"E, высота над уровнем моря 321 м), расположенного в северо – западном направлении в трех километрах от поселка Саумалколь. Саумалколь является административным центром Айыртауского района Северо-Казахстанской области Казахстана (рисунок 1) [11].

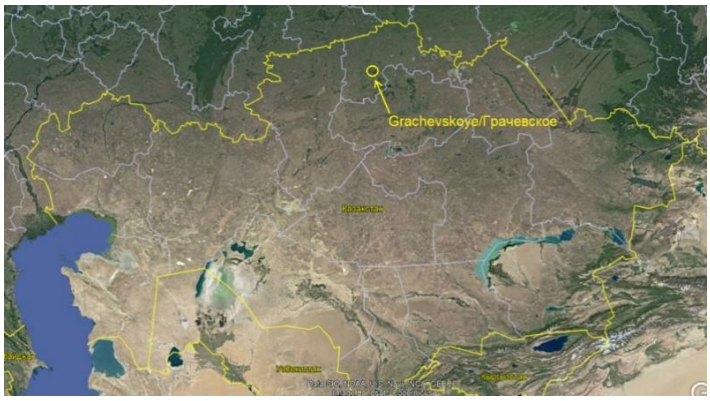


Рисунок 1 - Грачевское месторождение на карте Республики Казахстан.

Грачевский урановый рудник был самым крупным предприятием по добыче урановой руды в Северо-Казахстанской области. Добычу урана производили с 1965 года. В 1998 году работа рудника была остановлена, его законсервировали и соответствии с постановлением правительства Республики Казахстан от 25 июля 2001 года N 1006 были утверждены мероприятия по консервации уранодобывающего предприятия и ликвидации последствий разработки урановых месторождений на период 2001-2010 годы [12-14]. Необходимо отметить, что в процессе разработки мероприятий широко использовался опыт горнодобывающих и геологоразведочных предприятий по консервации и рекультивации месторождений, выведенных из эксплуатации [12-14].

Рудник располагается в лесостепной зоне и в соответствии с агроклиматическим районированием расположен в умеренно влажном умеренно-теплой области Северного Казахстана. Основным элементом рельефа региона является равнина с разбросанными по ее поверхности изолированными сопками или группами возвышенностей.

Климат региона резко континентальный, относится к Западно-Сибирской климатической области умеренного пояса. Зима холодная и продолжительная, лето сравнительно жаркое, с преобладанием ясной, часто засушливой погоды [15]. Среднемесячная температура воздуха в районе Грачевского месторождения достигает наибольшего значения в июле, а наименьшего - в январе. Средняя за июль температура воздуха составляет 19,1 ºС, а средняя за январь - минус 14,9 ºС. В июле в среднем суточный размах температуры воздуха колеблется в пределах 12,1-14,4 ºС. Годовая сумма осадков составляет 370-420мм. Значение коэффициента увлажнения составляет К=1,0-1,2, что соответствует оптимальной и устойчивой влагообеспеченности вегетационного периода. Годовая сумма суммарной солнечной радиации (MQ) по территории Северо-Казахстанской области колеблется в пределах 5900-6100 МДж/м^2 при ясном небе и в пределах 4100-4600 МДж/м при средних условиях облачности. При таком раскладе фактически на земную поверхность поступает около 72% от возможной суммарной радиации. Месячные суммы суммарной радиации при ясном небе колеблются от 92-121 МДж/м^2 в декабре до 913 МДж/м^2 в июне [15]. Почвы месторождения относятся к черноземам обыкновенным. Механический состав почв соответствует среднесуглинистому и легкосуглинистому [15].

Для территории, примыкающей к водоему, характерен степной тип растительности, здесь распространены морковниково-красноковыльниковые степи (*Silaum silaem* + *Stipa zalesski*i) [16].

Объектом исследования стал водоем на Грачевском месторождении площадью 0,01 км^2, примыкающий к восточной части рекультивированных отвалов производственных отходов, располагающихся в юго–восточной части рудника и занимающих его значительную часть (рисунок 2).

Рисунок 2 - Общий вид Грачевского рудника. Спутниковый снимок

Водоем является естественным накопителем стоков с прилегающих отвалов (дожди, грунтовые воды). Перепад между верхней частью центрального основного отвала и водным зеркалом водоема составляет порядка 12 метров (рисунок 3). Юго-восточная часть водоема имеет отчетливые прямоугольные границы, что свидетельствует о его техногенном происхождении. Примерный периметр водоема составляет порядка 0,5 км.

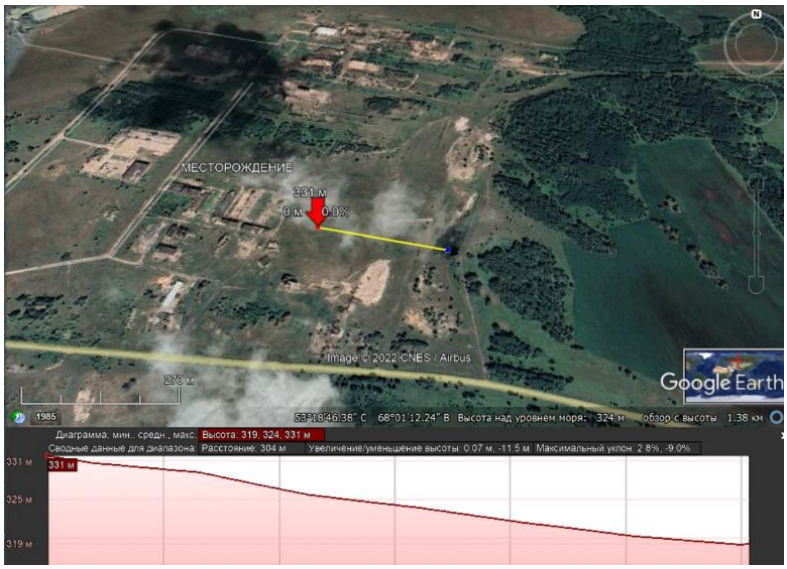


Рисунок 3 - Уровень перепада высот. Спутниковый снимок

Северная половина водоема на момент исследования (июль 2022 г.) была практически высохшая (рисунок 4). Уровень ионизирующего излучения варьирует от 10 до 20 мкР/час.

Рисунок 4 - Общий вид водоема

Нами проводились стандартные геоботанические описания [17-18] на площади 100 м^2, определялось общее и частное проективное покрытие каждого вида. Исследования проводились в супралиторальной зоне (зона гигрофитов), на береговой части (зона мезофитов), в верхней части склона (зона мезо-ксерофитов) и на антропогенно-измененном суходольном лугу (табл.1). Стадии сингенеза определялась по Шенникову [19].

Таблица 1 - Общая характеристика флористического состава берега полу-естественного водоема

№ Цено-попу-ляции	Экотоп	ОПП (общее проек-тивное покры-тие), %	Доминанты	Коли-чество видов, шт.
ЦП-1	Супралиторальная зона (зона гигрофитов):	25	*Agrostis gigantea,* Alisma gramineum, *Chenopodium rubrum, Puccinellia distans, Taraxacum officinale*	14
ЦП-2	Береговая часть (зона мезофитов)	80	*Calamagrostis epigeios, Tussilago farfara, Typha angustifolia*	15
ЦП-3	Верхняя часть склона (зона мезо-ксерофитов)	45	*Artemisia absinthium, Calamagrostis epigeios, Euphorbia uralensis*	17
ЦП-4	Надпойменная терраса (антропогенно-измененный суходольный луг	65	*Calamagrostis epigeios, Festuca valesiaca, Lathyrus tuberosus, Medicago falcata*	24

Результаты и обсуждение.

На берегу полу-естественного водоема, находящегося на промышленной площадке Грачевского уранового рудника, отмечено 48 видов (табл. 2).

В зоне гигрофитов (супралиторальная зона, возникшая в результате обсыхания водоема) отмечено 14 видов, большинство из них Agrostis gigantea, Alisma gramineum, Puccinellia distans, Lythrum salicaria, Juncus nastanthus - виды более характерные для береговой линии пресноводных озер [8;10], чем для зарастания береговой линии отвалов [20]. Но здесь же отмечены рудеральные виды, такие как Chenopodium rubrum, Taraxacum officinale, Tussilago farfara. Проективное покрытие составляет 25%. Образуется пионерное сообщество с преобладанием одно- или малолетних видов растений, характерное для большого количества пресноводных водоемов, и названное Г.С. Тараном пойменным эфемеретумом [21].

Выше уреза воды в зоне мезофитов отмечено максимальное проективное покрытие – 80%, что связано с хорошим увлажнением почвы. Безусловным доминантами являются три вида: Calamagrostis epigeios, Tussilago farfara, Typha laxmannii , проективное покрытие которых в сумме составляет 70% из 80 % ОПП. Следует отметить, что нахождение видов рода Typha L. довольно типично для береговой зоны [9], но в северном Казахстане этот вид встречается довольно редко [10;25]. Основу травостоя составляют многолетние длиннокорневищные растения, что характерно для группово-зарослевого сообщества зарастания отвалов [22].

На верхней части склона, зона мезо-ксерофитов формируется сообщество, в котором доминантом является Calamagrostis epigeios, образующим значительные пятна с проективным покрытием 30%. Здесь же отмечено большое количество сорных видов: Artemisia absinthium, Centaurea scabiosa, Cichorium intybus, Taraxacum officinale, Lappula microcarpa. Единично встречаются характерные виды для суходольных лугов

центрального и Северного Казахстана: Astragalus onobrychis, Lathyrus pratensis, Medicago falcata, Vicia tenuifolia [16], что характерно для сложного диффузного сообщества [19].

Антропогенно-измененный суходольный луг сформирован на участке бывшей мелкодерновинной степи. Следует отметить, что достаточно большое обилие имеет Festuca valesiaca (10%) и степное разнотравье: Lathyrus tuberosus, Medicago falcata, Oxytropis pilosa, Astragalus sulcatus и др., виды, характерные для луговых степей степной и лесостепной зоны Казахстана [23;24;25]. Так же многочисленны рудеральные виды: Artemisia absinthium, Centaurea scabiosa, Taraxacum officinale, Erigeron acris и др.

Таблица 2 - Проективное покрытие (%) видов, поселяющихся на берегу полу-естественного водоема

Виды растений	ЦП-1	ЦП-2	ЦП-3	ЦП-4
ОПП (общее проективное покрытие), %	25	80	45	65
Achillea × *kasakstanica* Kupr. et Kulemin				+
Achillea nobilis L.				+
Agrostis gigantea Roth	5	3		
Alisma gramineum Lej.	5			
Artemisia absinthium L.			5	+
Artemisia dracunculus L.				+
Asparagus officinalis L.				+
Astragalus onobrychis L.			+	
Astragalus sulcatus L.				+
Batrachium circinatum (Sibth.) Spach +				
Bidens tripartita L.		+		
Calamagrostis epigeios (L.) Roth		10	30	30
Centaurea scabiosa L.			+	+
Chenopodium rubrum L.	5			
Cichorium intybus L.			+	
Cirsium setosum (Willd.) Besser		+		
Conyza canadensis (L.) Cronquist.		+		
Erigeron acris L.				+
Erysimum cheiranthoides L.				+
Euphorbia uralensis Fisch. ex Link.			5	+
Festuca valesiaca Gaudin				10
Gentiana macrophylla Pall.			+	3
Gypsophila altissima L.				+
Juncus gerardii Loisel.		+		
Juncus nastanthus V.I.Krecz. & Gontsch.	+			
Lactuca serriola L.		+		
Lappula microcarpa (Ledeb.) Guerke			+	
Lathyrus pratensis L.		+	+	5
Lathyrus tuberosus L.			+	3
Lupinaster pentaphyllus Moench				+
Lythrum salicaria L.	+	+		
Medicago falcata L.			+	3
Medicago lupulina L.	+	+		
Onobrychis arenaria (Kit.) DC.				+
Oxytropis pilosa (L.) DC.				+

Persicaria hydropiper (L.) Spach	+			
Picris hieracioides L.				+
Polygonum aviculare L.			+	
Polygonum gracilius (Ledeb.) Klok.	+			+
Puccinellia distans (Jacq.) Parl.	5			
Ranunculus sceleratus L.	+			
Rumex stenophyllus Ledeb.		+		
Salix triandra L.		+		
Seseli libanotis (L.) W. D. J. Koch.			+	3
Taraxacum officinale F.H.Wigg.	5		+	3
Tephroseris palustris (L.) Reichenb.	+	3		
Tussilago farfara L.	+	10	+	
Typha laxmannii Lepech.	+	50		
Vicia tenuifolia Roth			+	
Количество видов 48	14	15	17	24

Примечание: 1) числовое значение означает процент ЦП; 2) «+» означает единичное присутствие; 3) пустая ячейка означает отсутствие выявленных образцов.

Заключение.

На основании проведенного исследования получены следующие результаты.

Изучено состояние растительных сообществ на берегу полу-естественного водоема-накопителя радиоактивных стоков Грачевского уранового рудника, образующихся под влиянием осадков естественного происхождения (дождь, снег) и грунтовых вод с поверхности рекультивированных отвалов производственных отходов рудника, примыкающих к водоему.

Зарастание берега полу-естественного озера укладывается в классическую схему сингенеза: формирование пионерного сообщества (пойменный эфемеретум) по обсыхающему берегу, группово-зарослевое сообщество на берегу озера, диффузное сообщество на склоне и антропогенно-измененный суходольный луг на пойменной террасе с участием типичных для степной зоны растений.

По изученным параметрам сформировавшихся к настоящему времени фитоценозов интенсивность ионизирующего излучения существенно не влияет на формирование растительного сообщества. Более того можно предположить наличие стимулирующего эффекта. Об этом свидетельствует разнообразие видового состава и продуктивность фитоценозов. Таким образом, берег исследованного водоема, в целом, является благоприятным экотопом для поселения и развития растений, а наблюдаемая картина может служить иллюстрацией наиболее вероятного типа зарастания прибрежных территорий водоемов урановых рудников при невысоких уровнях радиационного фона. Следует констатировать успешную рекультивацию данного участка.

Необходимо подчеркнуть, что проведенные исследования являются ценным и актуальным материалом, который может использоваться при разработке процессов восстановления территорий урановых рудников, включая водные объекты, на соответствие нормативным требованиям Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Межгосударственная целевая программа «Рекультивация территорий государств, подвергшихся воздействию уранодобывающих производств» // http://sng-atom.com/page277.html (ссылка по состоянию на 30.10.2022 г.).

[2] Бугубаева А.У., ведущий научный сотрудник, ответственный исполнитель проекта «Система поливидовых агрофитоценозов для восстановления деградированных пастбищ в северных регионах Казахстана». КН МОН РК. 2021-2022 гг. Регистрационный номер 0121РК00522 AP09562508.

[3] Article. Нугманов А.Б., Мамихин С.В., Валиев Х.Х., Бугубаева А.У., Токушева А.С., Тулькубаева С.А., Булаев А.Г. "POLY-SPECIES PHYTOCENOSES FOR ECOSYSTEM RESTORATION OF DEGRADED SOIL COVERS / ПОЛИВИДОВЫЕ ФИТОЦЕНОЗЫ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ПОЧВЕННЫХ ПОКРОВОВ" прошла рецензирование в журнале OnLine Journal of Biological Sciences (ISSN16084217-UAE).

[4] Almabek Nugmanov, Assel Tokusheva, Asiya Ansabayeva, Marden Baidalin, Almagul Kalyaskarova, Aliya Bugubaeva // Assessing the influence of cereal-legume mixtures on the productivity of degraded pastures in the Kostanay region of northern Kazakhstan/Evaluación de la influencia de las mezclas de cereales y leguminosas en la productividad de pastos degradados en la región de Kostanay, en el norte de Kazajstán. DOI: https://doi.org/10.15446/rfnam.v75n1.95199 Evaluación de la influencia de las mezclas de cereales y leguminosas en la productividad de pastos degradados en la región de Kostanay, en el norte de Kazajstán | Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín (unal.edu.co).

[5] Бугубаева А.У., ведущий научный сотрудник, ответственный исполнитель проекта КН МОН РК по теме: «Интенсификация процесса извлечения урана биотехнологическим способом из бедных руд Северного региона Казахстана». КН МОН РК. 2018-2020 гг. Регистрационный номер 0118РК00403 AP05132276.

[6] «Аборигенная микробиота уранового месторождения «Восток»//ABORIGENE MICROBIOT OF URANIUM FIELD "VOSTOK" (Article), «Известия» ТулГУ» PROCEEDINGS OF THE TULA STATES UNIVERSITY-SCIENCES OF EARTH, выпуск 3, 2018.стр.18-27.ISSN 2218-5194. Ссылка доступа в

WoS: https://app.webofknowledge.com/author/record/39749290?lang=ru_RU

[7] Выщелачивание урана и молибдена из руды месторождения «Восток»//URANIUMANDMOLYBDENUMLEACHINGFROMTHEOREOF "VOSTOK" DEPOSIT (Article) «Известия Тульского Государственного университета «Наука о земле»//PROCEEDINGSOFTHETULASTATESUNIVERSITY-SCIENCESOFEARTH. Выпуск 4, 2019. Стр. 92-99, ISSN 2218-5194. Ссылка доступа в WoS: https://app.webofknowledge.com/author/record/39749290?lang=ru_RU.

[8] Демченко Л.А. Водная растительность оз. Боровое // Тр. Госуд. Заповед. «Боровое». - Алма-Ата. 1948. – С. 52–62.

[9] Катанская В.М. Растительность степных озер Северного Казахстана и сопредельных с ним территорий //Озера семиаридной зоны СССР. Л. 1970. – С. 95 – 135

[10] Свириденко Б.Ф. Флора и растительность водоемов Северного Казахстана. - Омск. 2000. – 196 с.

[11] Саумалколь (каз. Саумалкөл) — село, административный центр Айыртауского района Северо-Казахстанской области Казахстана //https://ru.wikipedia.org/wiki/ Саумалколь_(село) (ссылка по состоянию на 30.10.2022 г.).

[12] Об утверждении Инструкции по разработке проектов рекультивации нарушенных земель Приказ и.о. Министра национальной экономики Республики Казахстан от 17 апреля 2015 года № 346. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 3 июня 2015 года № 11256

[13] Постановление Правительства Республики Казахстан от 25 июля 2001 года N 1006 Об утверждении Программы консервации уранодобывающих предприятий и ликвидации последствий разработки урановых месторождений на 2001-2010 годы.

[14] Постановление Правительства Республики Казахстан от 21 декабря 1998 года № 1311 О создании Республиканского государственного предприятия "Уранликвидрудник"

[15] Агроклиматические ресурсы Северо-Казахстанской области: научноприкладной справочник / Под ред. С.С. Байшоланова. - Астана, 2017. - 125 с.

[16] Карамышева З. В., Рачковская Е. И. Ботаническая география степной части Центрального Казахстана. - Л.: Наука. 1973. – 278 с.

[17] Артаев О.Н., Башмаков Д.И., Безина О.В. [и др.]. Методы полевых экологических исследований: учеб, пособие. - Саранск: Изд-во Мордов. Ун-та, 2014. - 412 с.

[18] Раменский Л.Г. Избранные работы. - Л.: Наука, 1971. 333 с.13.

[19] Шенников А.П. Введение в геоботанику. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. 447 с.

[20] Куприянов А.Н. Биологическая рекультивация отвалов в субаридной зоне, Алма-Ата, 1989. – 104 с.

[21] Таран Г.С. Малоизвестный класс растительности бывшего СССР - пойменный эфемеретум (Isoeto-Nanojuncetea Br.-Bl. et Tx. 43) // Сиб. экол. журн. 1995. Т. 2, № 4. С. 373-382.

[22] Куприянов А.Н. Морсакова Ю.В. Естественное зарастание отвалов Кузбасса // Вестник Кузбасского государственного университета. № 3. 2006. С.48-52.

[23] Сафронова И.Н. К географии и фитоценологии степных кустарников Центрально-Казахстанского мелкосопочника//Ботан. журн. Т. 52. № 6. 1967. – С. 844–851.

[24] Карамышева З.В. Формирование степной растительности на каменистых местообитаниях в Центрально-Казахстанском мелкосопочнике//Ботан. журн. Т. 42. № 8. 1960. – С. 1185–1196.

[25] Редкие виды растений Северного Казахстана: монография//Г.Ж. Султангазина, А.Н. Куприянов, С.В. Боронникова [и др.]; под научной ред. А.Н. Куприянова – Костанай, 2020. – 260 с.: ил., карты, табл. ISBN 978-601-7640-09-5

Алия Бугубаева, а.ш.ғ.к., аға оқытушы, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай Өңірлік университеті, Қостанай, Қазақстан, alia-almas@mail.ru

Андрей Куприянов, б.ғ.д., профессор, Кузбасс ботаникалық бағы, Ресей Федерациясының РҒА көмір және көмір химиясын зерттеу орталығы, Кемерово, Ресей, Kupr-42@yandex.ru

Сеитбек Куанышбаев, г.ғ.д., А. Байтұрсынов атындағы Қостанай Өңірлік университетінің Басқарма төрағасы - ректоры, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай Өңірлік университеті, Қостанай, Қазақстан, kuanyshbayev65@bk.ru

Алмабек Нугманов, а.ш.ғ.к., ауыл шаруашылығы институтының директоры. В. Двуреченский, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай Өңірлік университеті, Қостанай, Қазақстан, almabek@list.ru

Вадим Чашков, магистр, аға оқытушы, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай Өңірлік университеті, Қостанай, Қазақстан, vadimnc@mail.ru

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ГРАЧЕВ УРАН КЕН ОРНЫ КЕНІШІНІҢ СУ ҚОЙМАСЫНЫҢ ЖАҒАСЫНДАҒЫ ӨСІМДІКТЕР ҚАУЫМДАСТЫҒЫНЫҢ ЖАЙ КҮЙІН БАҒАЛАУ

Аңдатпа. Табиғи шыққан жауын - шашынның (жаңбыр, қар) әсерінен және су қоймасына іргелес Грачев уран кенішінің өндірістік қалдықтарының қалпына келтірілген үйінділерінің бетіне жер асты суларының шығуы нәтижесінде пайда болатын радиоактивті ағындардың жинақтаушы су қоймасының жағасындағы өсімдіктер

қауымдастығының жай-күйі және оның өнімділігі зерттелді. Су қоймасының жағалау учаскелерінің өсімдік жамылғысы сингенездің әртүрлі кезеңдерінде орналасқан және Пионер топтарымен, топтық-таулы қауымдастықтармен және диффузиялық қауымдастықтармен ұсынылған. Су қоймасының жағасында өсімдіктердің қоныстануы мен дамуы үшін қолайлы экологиялық жағдайлар қалыптасады. Жайылма террассада дала аймағына тән өсімдіктердің қатысуымен антропогендік-өзгертілген құрғақ шалғын қалыптасқан. Иондаушы сәулеленудің қазіргі деңгейі фитоценоздардың көрінетін тежелуін көрсетпейді.

Түйінді сөздер. Қоршаған ортаны бақылау, уран кеніші, уран кен орны, қалпына келтірілген үйінді, иондаушы сәулелену, популяция, өсімдіктер қауымдастығы, экологиялық жағдайлар, түрлердің проективті жабыны, флористикалық құрамы, ценопопуляция, мезофит, жалпы проективті қамту.

Alija Bugubaeva, candidate of agricultural sciences, senior lecturer, A.Baitursynov Kostanay Regional University, Kostanay, Kazakhstan, alia-almas@mail.ru

Andrey Kuprijanov, doctor of biological sciences, professor, Kuzbass Botanical Garden, Russian Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry SB RAS, Kemerovo, Russia, Kupr-42@yandex.ru

Seitbek Kuanyshbaev, doctor of geographical sciences, chairman of the management Board - Rector of the Kostanay Regional University named after A.Baitursynov, , A.Baitursynov Kostanay Regional University, Kostanay, Kazakhstan, kuanyshbayev65@bk.ru

Almabek Nugmanov, candidate of agricultural sciences, director of the Agricultural Institute named after V.Dvurechensky, A.Baitursynov Kostanay Regional University, Kostanay, Kazakhstan, almabek@list.ru

Vadim Chashkov, master's degree, senior lecturer, A.Baitursynov Kostanay Regional University, Kostanay, Kazakhstan, vadimnc@mail.ru

ASSESSMENT OF THE STATE OF THE PLANT COMMUNITY ON THE SHORE OF THE RESERVOIR OF THE GRACHEVSKY URANIUM DEPOSIT MINE IN KAZAKHSTAN

Annotation. The state of the plant community and its productivity on the shore of the reservoir - accumulator of radioactive effluents formed as a result of the effects of precipitation of natural origin (rain, snow) and the release of groundwater to the surface of recultivated industrial waste dumps of the Grachevsky uranium mine adjacent to the reservoir has been studied. The vegetation cover of the sections of the reservoir shore is at different stages of syngenesis and is represented by pioneer groups, group-thicket communities and diffuse communities. Favorable ecological conditions for the settlement and development of plants are formed within the shores of the reservoir. On the floodplain terrace, an anthropogenically modified dry meadow was formed with the participation of plants typical of the steppe zone. The existing level of ionizing radiation does not have a visible inhibition of phytocenoses.

Keywords. Environmental monitoring, uranium mine, uranium deposit, reclaimed dump, ionizing radiation, population, plant community, ecological conditions, projective cover of species, floral composition, cenopopulation, mesophyte, general projective cover.

****

ӘСКЕРИ ІС
ВОЕННОЕ ДЕЛО
MILITARY SCIENCE

УДК 623.3 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-556-563**

С.П.Мосов[1], С.М.Салий[2]✉, А.А.Рахметжанов[2]
[1]Институт государственного управления и научных исследований по гражданской защите, Киев, Украина
[2] Пограничная академия КНБ РК, Алматы, Казахстан
E- mail: salii70@mail.ru

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ВИДОВОЙ АППАРАТУРЕ ВЫЯВЛЕНИЯ МИН, УСТАНАВЛИВАЕМОЙ НА БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ

Аннотация. В статье предлагается методика формирования требований к аппаратуре выявления наземных незамаскированных или частично замаскированных мин в ходе гуманитарного разминирования в оптическом диапазоне длин волн электромагнитного спектра, устанавливаемой на беспилотный летательный аппарат коптерного типа в интересах разминирования. Рассматриваются цифровые фотографические камеры. С учетом взаимосвязанных параметров видовой аппаратуры выявления наземных мин сформирована на системных основах совокупность требований к высотам ведения разведки мин с применением беспилотника коптерного типа, яркостному контрасту мина/фон, размеру элемента матрицы приемника, фокусному расстоянию и светосиле объектива видовой аппаратуры выявления наземных мин, а также ее весу. Данная статья подготовлена в рамках исследования финансируемого Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (Грант № AP14869765).

Ключевые слова. Беспилотный летательный аппарат, наземная мина, аппаратура выявление мин.

Введение.

Постановка проблемы. В настоящее время беспилотная авиация активно развивается и способна улучшить ситуацию с разрешением проблемы гуманитарного разминирования территорий по всему миру от разного вида наземных мин [1]. Вместе с тем, направление применения беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА) для выявления наземных мин в интересах гуманитарного разминирования, являясь трендовым в мировом масштабе, всё еще находится на начальном этапе исследований и формирования проблематики относительно разработки методического подхода по формированию системных требований к видовой (*прим*. с формированием изображения) аппаратуре выявления мин в оптическом диапазоне волн электромагнитного спектра с использованием цифровых камер. Такие исследования в настоящее время проводятся в ряде стран мира: США, Россия, Великобритания, Израиль, Канада, Япония, Китай и др. [2].

Материалы и методы.

Разными по содержанию вопросами, связанными с исследованиями проблематики применения БпЛА для решения задач разведки наземных объектов, в том числе и мин,

занимались специалисты и ученые разных стран. Так, в коллективном труде [3] предлагается комплексировать средства инженерной разведки с БпЛА при выполнении задач выявления минно-взрывных заграждений и дальнейшего разминирования. На эти исследования ссылаются авторы в [4]. Аналогичный подход к ведению инженерной разведки с применением БпЛА изложен в [5]. В ряде источников из сети Интернет [6-9] приведена информация о возможных вариантах использования БпЛА коптерного типа для выявления мин и взрывоопасных предметов. Информация о разработке в США беспилотника с металлодетектором для поиска и выявления мин как на суше, так и на море, приведена в [10]. Исследовательский образец усовершенствованного квадрокоптера, созданного на базе БпЛА InstantEye Mk2 Gen3, оснащен двумя магнитометрами. Разработчики допускают, что указанный беспилотник позволит выявлять местонахождение мины и передавать ее координаты саперам. Авторский коллектив в [11] акцентирует внимание на международном опыте применения БпЛА для разминирования. В работе [12] авторы систематизировали условия и факторы, влияющие на применение беспилотника коптерного типа в ходе выявления наземных мин. В коллективном труде [13] предложен подход к выявлению наземных мин способом объединения видовых данных оптического диапазона длин волн электромагнитного спектра на основе БпЛА.

Вместе с тем, вопросы разработки методического подхода к формированию на системных основах требований к видовой аппаратуре выявления наземных мин (далее – ВАВНМ) в оптическом диапазоне длин волн электромагнитного спектра, устанавлиемой на борту БпЛА, остаются в арсенале актуальных, что требует проведения отдельных исследований.

Цель статьи – разработка методического подхода к формированию состава требований к видовой аппаратуре выявления наземных мин, устанавливаемых на борту беспилотного летательного аппарата коптерного типа.

Результаты и обсуждения.

Исходя из принципа «модуляции», необходимо формализовать процесс модуляции оптического сигнала, поступающего на ВАВНМ БпЛА от мины (места нахождения мины). Результирующая функция передачи модуляции (далее – ФПМ) выходного сигнала $T_{\Sigma}(N)$ в общем виде может быть представлена следующим образом:

$$T_{\Sigma}(N) = kT_{тур}(N)T_{зз}(N)T_{аб}(N)T_{диф}(N)T_{деф}(N)T_{фп}(N), \quad (1)$$

где k – контраст по яркости объект/фон;

$T_{тур}(N)$ – ФПМ, отображающая влияние турбулентности атмосферы для оптического диапазона длин волн электромагнитного спектра;

$T_{зз}(N)$ – ФПМ, отображающая влияние сдвига изображения мины (места расположения мины);

$T_{аб}(N)$ – ФПМ, отображающая влияние аберраций оптической системы (далее – ОС);

$T_{диф}(N)$ – ФПМ, отображающая влияние дифракции ОС;

$T_{деф}(N)$ – ФПМ, учитывающая дефокусировку ОС;

$T_{фп}(N)$ – ФПМ, отображающая влияние фотоприемника; N – пространственная частота.

ФПМ, отображающая влияние турбулентности атмосферы, может быть определена по формуле [14]:

$$T_{тур}(N) \approx \exp(-2\pi^2\sigma_T^2 f^2 N^2), \quad (2)$$

где σ_T – константа, которая характеризует влияние турбулентности атмосферы.

Анализ условий применения ВАВНМ БпЛА коптерного типа при выполнении задач воздушной разведки, включая наземные мины [15], показывает, что выявление мин, как малоразмерных объектов, будут осуществляться с небольших высот (1-10 м). Учитывая это, будем считать, что $T_{тур}(N) = 1$.

Влияние сдвига изображения мины (места расположения мины) на цифровом аэроснимке в фокальной плоскости может происходить в условиях значительных скоростей полета БпЛА, что характерно для реактивной пилотируемой разведывательной авиации. Учитывая, что БпЛА коптерного типа имеют невысокие скорости полета, можно принять $T_{аб}(N) = 1$.

ФПМ, обусловленная дифракцией световой волны на входном зрачке ОС в фокальной плоскости, может быть определена с помощью приближенной формулы для средней длины волны оптического диапазона длин волн электромагнитного спектра [16]:

$$T_{диф}(N) = 1 - 7{,}510^{-4}\frac{f}{d}N, \quad (3)$$

где d – диаметр входного зрачка объектива.

Учитывая отсутствие в современной ВАВНМ БпЛА дефокусировки, при условии ее размещения на стабилизированной платформе на борту БпЛА, величину ФПМ, учитывающую дефокусировку ОС, принимаем равной единице: $T_{деф}(N) = 1$.

Формула для расчета ФПМ одного элемента дискретного фотоприемника имеет такой вид [16]:

$$T_{фп}(N) = \frac{\sin(\pi 2\Delta N)}{\pi 2\Delta N}, \quad (4)$$

где Δ – линейный размер одного элемента дискретного фотоприемника в фокальной плоскости.

С учетом вышеприведенного выражение для результирующей ФПМ примет такой вид:

$$T_{\Sigma}(N) = kT_{диф}(N)T_{фп}(N). \quad (5)$$

При условии допущения максимального (необходимого) значения яркостного контраста объект/фон, то есть k=1, выражение (5) перепишется в виде:

$$T_{\Sigma}(N) = T_{диф}(N)T_{фп}(N). \quad (6)$$

Поводя итог, следует указать, что основное моделирующее влияние на сигнал будут оказывать два фактора: дифракция ОС і дискретность фотоприемника ВАВНМ БпЛА.

В этом случае модуляция оптического сигнала, поступающего от мины (места расположения мины) на ВАВНМ БпЛА, учитывая (3) и (4), будет непосредственно зависеть от размера Δ одного элемента дискретного фотоприемника в фокусной плоскости.

Понятно, что высота *H* ведения разведки влияет на выходной оптический сигнал, что связано с его возможным рассеянием атмосферою. В случае квадрокоптера небольшие высоты его применения не будут значительно влиять на изменение энергетического уровня оптического сигнала. Вместе с тем, высота воздушной разведки наземных мин влияет на вероятность их обнаружения и распознавания [16, 17]:

$$P_з = \exp\left[-\left(\frac{1{,}1H\Delta}{(l/b)\,f\sqrt[4]{k}}\right)^2\right], \tag{7}$$

где *l* – линейный размер мины.

Переменными параметрами для ВАВНМ БпЛА, исходя из (7), являются: *H, f* и *k*. Изменение величины фокусного расстояния *f* будет определяться наличием оптического зума ВАВНМ БпЛА. В этом случае можно изменять величину масштаба *m* изображения мины (контура мины), изменяя как *H*, так и *f*. Неизменными величинами являются Δ и *l*.

При выборе ВАВНМ БпЛА для выполнения воздушной разведки с целью выявления наземных мин соотношение указанных выше параметров должно обеспечить выполнение условия: $P_з$ >0,7 [17, 18].

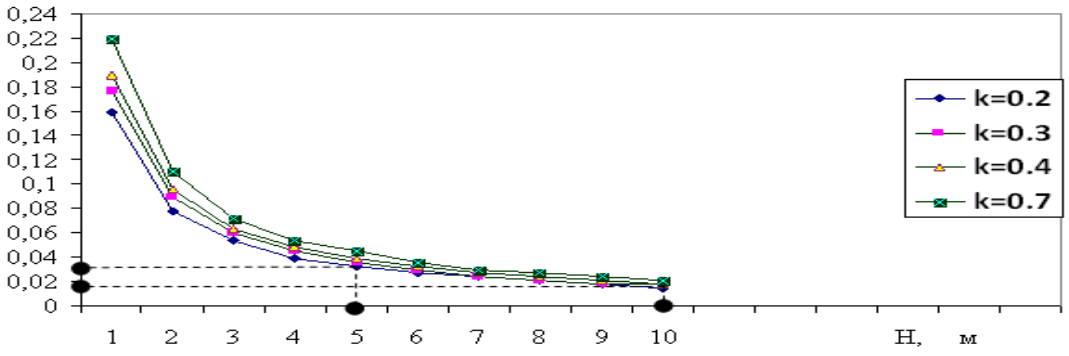
Расчеты, проведенные по (7) с использованием данных цифровой RGB-камеры senseFly S.O.D.A: диаметр *l* мины ПМН-2 = 120 мм; коэффициент формы *b* = 1,36; *f* = 9 мм; *k* = 0,7; $P_з$ = 0,9; размер элемента матрицы Δ = 2,3 мкм, показали, что выявить и распознать, например, противопехотную мину ПМН-2 можно в незамаскированном виде на местности даже с высоты *H* = 100 м. При этом поперечный захват *Z* цифровой камеры на местности при угле поле ее зрения $2\beta = 64^0$ будет составлять 132 м.

В условиях частичного маскирования наземных мин выявление минной обстановки (мин) в ходе гуманитарного разминирования желательно выполнять на высотах до 10 м, что обеспечит высокое пространственное разрешение.

Расчеты, проведенные по (7) для условий: диаметр *l* мины ПМН-2 = 120 мм; коэффициент формы *b* = 1,36; $P_з$ = 0,9; *H* = 10 м и 5 м; *k* = 0,7 и *f* = 10 мм, показали необходимые размеры элемента матрицы: Δ_{10} = 0,021 мм, Δ_5 = 0,043 мм (рисунок 1).

Современные аэрофотокамеры БпЛА имеют размер одного элемента Δ матрицы в диапазоне: 0,0051 ÷ 0,0022 мм, что меньше размера одного элемента приемника ВАВНМ, рассчитанного со значительным запасом.

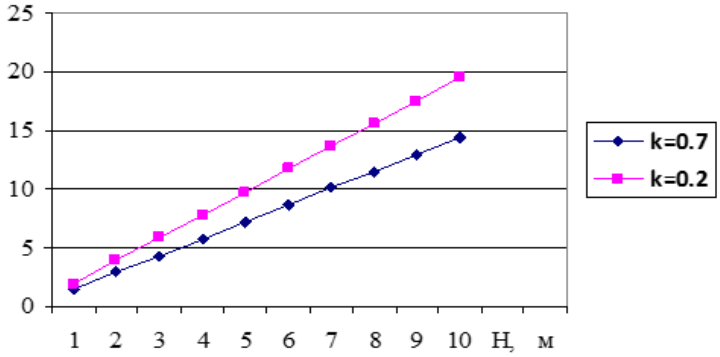
Если рассматривать противотанковую мину, например, ТМ-62М, то ее диаметр превышает диаметр мины ПМН-2 почти в три раза, а возможности выше указанных ВАВНМ БпЛА по выявлению и распознаванию мины ТМ-62М, естественно, пропорционально больше, чем мины ПМН-2.



Примечание. Диаметр *l* мины ПМН-2 = 120 мм; *b*=1,36; $P_з$ = 0,9; *f* = 10 мм.

Рисунок 1 – Графики, характеризующие необходимый размер Δ дискретного элемента фотоприемника ВАВНМ БпЛА в зависимости от высоты ведения разведки *H* для условий $P_з$ = 0,9 при контрастах *k* ≥0,2

На рисунке 2 приведены графики расчета возможностей RGB-камеры Zenmuse Z30 на платформе квадрокоптера Matrice200 SeriesV2 относительно предельных линейных размеров *l* мины для условий $P_з$ = 0,9 при различных контрастах *k*≥0,2.



Примечание. Размер элемента Δ = 0,0028 мм; *b*=1,36; $P_з$ = 0,9; *f* = 10 мм.

Рисунок 2 – Графики, характеризующие линейный размер *l* мины (диаметр) от высоты ведения разведки *H* с использованием цифровой аэрофотокамеры Zenmuse Z30 для умов $P_з$ = 0,9 при контрастах *k* ≥0,2

Анализ показывает, что использование цифровой аэрофотокамеры Zenmuse Z30 обеспечит решение задачи выявления и распознавания противопехотной мины ПМН-2 диаметром *l* = 120 мм с высот H ≤10 м до типа при отсутствии маскировки. В условиях частичной маскировки Zenmuse Z30 обеспечит выявление контура мины ПМН-2 при *k*≥0,2.

Важной характеристикой для ВАВНМ БпЛА следует считать радиометрическое разрешение (связанно с яркостью), определяемое количеством градаций значений цвета, соответствующих переходу от яркости абсолютно «черного» к абсолютно «белому», и выражаемая в количестве бит на пиксель изображения [19]. Цифровая аэрофотокамера камера Zenmuse Z30 имеет, в соответствии с ее техническими характеристиками, радиометрическое разрешение 8 бит (формат JPEG), а цифровая аэрофотокамера Nikon P7000 – радиометрическое разрешение 16 бит (формат RAW). Человеческий глаз при условии тренированности может различить около 10 млн. цветов [20]. В формате JPEG формируется 16,8 млн. цветов, а формате RAW – 281 трлн. цветов.

Подводя итог относительно результатов исследования цифровых аэрофотокамер, следует в состав системных требований к ВАВНМ БпЛА в оптическом диапазоне длин волн (λ = 0,38 ÷ 0,76) электромагнитного спектра для ведения воздушной разведки наземных мин для задач гуманитарного разминирования включить (рис. 3): размер элемента матрицы $\Delta \leq 0{,}005$ мм; фокусное расстояние $f \geq 10$ мм для высоты воздушной разведки H≤10 м; оптический зум; светосила объектива – не хуже 1:2,8; радиометрическое разрешение: 8 ÷ 16 бит; вес – до 600 г.

Рисунок 3 – Схема методики формирования совокупности системных требований к цифровым аэрофотокамерам, устанавливаемым на БпЛА для выявления наземных мин.

Заключение.

Применение предложенного методического подхода позволит сформировать требования к ВАВНМ в оптическом диапазоне длин волн электромагнитного спектра, планируемые для установки на БпЛА с целью выявления незамаскированных и частично замаскированных наземных мин в интересах гуманитарного разминирования.

Направления дальнейших исследований. Дальнейшие исследования следует считать применение спектрозональных (мультиспектральных) цифровых камер оптического диапазона длин волн электромагнитного спектра для выявления наземных мин, а также разработку требований к видовой аппаратуре беспилотного летательного аппарата коптерного типа для выявления морских мин.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Мосов С., Попов М., Станкевич С. Виявлення наземних мін з використанням комплексу датчиків повітряного моніторингу оптичного діапазону. Цивільна безпека: Державне управління та кризовий менеджмент. 2022. №1. - С. 37-55.

[2] Горбулін В., Мосов С. Наслідки мінних війн: український зріз. *Оборонний вісник*. 2021. №. 11. - С. 16-23.

[3] Селивончик Н. М., Тамело В. Ф. Развитие технологии ведения инженерной разведки. Новости науки и технологий. 2010. №3 (16). - С. 40-43.

[4] Коцюруба В., Цибуля С., Рибалко В. Обґрунтування доцільності використання способу повітряної розвідки районів інтенсивного застосування мінної зброї. Social development & Security. 2019. № 1. Vol. 9. - P.60-68.

[5] Иркалиев И. М., Павлюков Г. М. Зональный способ ведения инженерной разведки. Военная мысль. 2010. №1. - С. 47-52.

[6] Котов М. Беспилотник научили искать противопехотные мины. URL: https://life.ru/t/%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B0/401262/biespilotnik_ nauchili_iskat_protivopiekhotnyie_miny (дата обращения 2022-07-12).

[7] Drones with cameras learned to find dangerous mines-butterfly.URL: https://24-my.info/drones-with-cameras-learned-to-find-dangerous-mines-butterfly/.

[8] Mine kafon drone. URL: https://www.kickstarter.com/projects/ massoudhassani/mine-kafon-drone (дата обращения 2022-08-14).

[9] Израильская компания продемонстрировала беспилотник, умеющий выявлять взрывчатку. URL: https://www.rbc.ua/rus/news/aktsii-protesta-kieve-politsii-nazvali-kolichestvo-1479207958.html (дата обращения 2022-08-14).

[10] ВМС США разработали БЛА с металлодетектором. URL: https://warspot.ru/1676-vms-ssha-razrabotali-bla-s-metallodetektoromot.ru/1676-vms-ssha-razrabotali-bla-s-metallodetektorom (дата обращения 2022-08-19).

[11] Мосов С. П., Єременко С. А. Дрон розвідує мінну обстановку. Пожежна та техногенна безпека. 2020. №.9(84). - С.18-20.

[12] Мосов С. П., Станкевич С. А., Ворович В. О. Систематизація умов і факторів, що впливають на застосування безпілотного літального апарата коптерного типу при виявленні наземних мін. Зб. наук. праць ЦВСД НУОУ. Вип. № 3(73). 2021. - С.82-89.

[13] Popov M.O., Stankevich S.A., Mosov S.P., Titarenko O.V., Topolnytskyi M.V., Dugin S.S. Landmine detection with UAV-based optical data fusion. Proceedings of the 19th International Conference on Smart Technologies (EuroCon 2021). Lviv: IEEE, 2021, pp. 175-178. DOI: 10.1109 / EUROCON52738. 2021. 9535553.

[14] Фризер Х. Фотографическая регистрация информации; пер. с нем.; под. ред. д.т.н. К. В. Вендровского. Москва: Мир, 1978. - 670 с.

[15] Безпілотна авіація у військовій справі: кол. Монографія//С. П. Мосов, С. М. Салій, М.В. Погорецький, О. В. Сєлюков, А. Л. Фещенко; за ред. проф. С. П. Мосова. Київ: Інтерсервіс, 2019. - 324 с.

[16] Кононов В. И. Обоснование методики определения разрешения на местности аэрокосмических систем с дискретными фотоприемниками. Космічна наука і технологія. 2002. Т.8. №2/3. - С. 91-113.

[17] Ребрин Ю. К. Оптико-электронное разведывательное оборудование летательных аппаратов: учебник. - Киев: КВВАИУ, 1988. - 450 с.

[18] Вельцер В. Аэроснимки в военном деле; пер. с нем. Л. А. Молчановой. - Москва: Воениздат, 1990. - 288 с.

[19] Radiometric resolution. URL: https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-publications/satellite-imagery-air-photos/remote-sensing-tutorials/satellites-sensors/radiometric-resolution/9379 (дата обращения 2022-08-10).

[20] Разница между изображениями 8 bit и 16 bit. URL: https://photoshop-master.ru/lessons/practice/raznitsa-mejdu-izobrajeniyami-8-bit-i-16bit.html. (дата обращения 2022-08-10).

Сергей Мосов, ә.ғ.д, профессор, Мемлекеттік басқару және азаматтық қорғау ғылыми-зерттеу институты, Киев, Украина, salii70@mail.ru

Сергей Салий, ә.ғ.к, қауымдастырылған профессор, Қазақстан Республикасы Ұлттық қауіпсіздік комитетінің Шекара академиясы, Алматы, Қазақстан, salii70@mail.ru

Ардақ Ахметжанов, магистр, Қазақстан Республикасы Ұлттық қауіпсіздік комитетінің Шекара академиясы, Алматы, Қазақстан, salii70@mail.ru

ҰШҚЫШСЫЗ ҰШАТЫН АППАРАТЫНА ОРНАТЫЛҒАН МИНАЛАРДЫ АНЫҚТАУ ТҮРЛІК АППАРАТУРАҒА ТАЛАПТАРДЫ ҚАЛЫПТАСТЫРУ ӘДІСТЕМЕСІ

Аңдатпа. Мақалада миналау мүддесінде коптер типті ұшқышсыз ұшу аппаратына орнатылатын электромагниттік спектрдің толқын ұзындығының оптикалық диапазонында гуманитарлық миналау барысында жер үстінде жасырылған немесе ішінара жасырылған миналарды анықтау аппаратурасына қойылатын талаптарды қалыптастыру әдістемесі ұсынылады. Сандық фотографиялық камералар қарастырылуда. Жер үсті миналарын анықтайтын түрлі аппаратураның өзара байланысты параметрлерін ескере отырып, жүйелік негіздегі коптер типті пилотсыз ұшқышты, минаның/фонның жарықтық контрастын, қабылдағыш матрицасы элементінің өлшемін, жер үсті миналарын анықтайтын түрлі аппаратура объективінің фокустық ұзындығын және жарық күшін, сондай-ақ оның салмағын қолдана отырып, миналарды барлауды жүргізу биіктіктеріне қойылатын талаптар жиынтығы қалыптастырылған. Білім және ғылым министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландыратын зерттеу шеңберінде дайындалған (№ AP14869765 гранты).

Түйінді сөздер. Ұшқышсыз ұшу аппараты, жер үсті минасы, миналарды анықтау аппаратурасы.

Sergey Mosov, doctor of military sciences, professor, Institute of Public Administration and Scientific Research on Civil Protection, Kyiv, Ukraine, salii70@mail.ru

Sergey Saliy, candidate of military sciences, associate professor, Academy of Border the National Security Committee of the Republic of Kazakhstan, Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan, salii70@mail.ru

Ardak Rakhmetzhanov, master's degree, Academy of Border the National Security Committee of the Republic of Kazakhstan, Kazakhstan, Almaty, Almaty, Kazakhstan, salii70@mail.ru

METHODOLOGY FOR FORMING REQUIREMENTS FOR VIEWED MINES DETECTION EQUIPMENT INSTALLED ON UNMANNED AERIAL VEHICLE

Abstract. The article proposes a methodology for the formation of requirements for equipment for detecting ground uncamouflaged or partially camouflaged mines during humanitarian demining in the optical wavelength range of the electromagnetic spectrum, installed on a copter-type unmanned aerial vehicle in the interests of demining. Digital photographic cameras are considered. Taking into account the interrelated parameters of the visual equipment for detecting land mines, a set of requirements for the heights of conducting mine reconnaissance using a copter-type drone, the mine/background brightness contrast, the size of the receiver matrix element, the focal length and aperture ratio of the lens of the visual equipment for detecting land mines, as well as her weight. This article was prepared as part of a study funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP14869765).

Keywords. Unmanned aerial vehicle, land mine, mine detection equipment.

****

УДК 623.61 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-564-571**

А.В. Котов✉, И.С. Асанов, Б.Б. Могилин, А.В. Демков
Пограничная академия КНБ РК, Алматы, Казахстан
E- mail: kotov782011@mail.ru

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ ПРИ РАЗВЕРТЫВАНИИ БЕСПРОВОДНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПОГРАНИЧНОЙ СЛУЖБЫ КНБ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Аннотоция. Научная статья посвящена изучению возможностей развертывания информационного пространства структурных подразделений Пограничной службы КНБ Республики Казахстан на основе применения современных телекоммуникационных технологий. Авторами проводится сравнительный анализ технологий широкополосной передачи данных и радиодоступа. Предлагается авторский подход по обеспечению возможностей передачи данных между структурными элементами интегрированной системы охраны в условиях информационного пространства пограничных подразделений.

Ключевые слова. Информационное пространство, технологии передачи данных, радиодоступ, самоорганизующиеся системы радиосвязи, инфокоммуникационные технологии, национальная безопасности, пограничная безопасность.

Введение.

Сложная геополитическая обстановка в мире, в-целом, и в Центрально-азиатском регионе, в-частности, выражающаяся обострением внешнеполитических отношений, как между отдельными государствами, так и между военными блоками, активизация террористической и контрабандной деятельности транснациональных преступных группировок актуализирует вопрос принятия решительных мер по повышению уровня безопасности национальных интересов Республики Казахстан. «*Укрепление обороноспособности, повышение оперативности реагирования на угрозы, также должны стать приоритетами государственного значения… Мы должны готовиться к внешним шокам и наихудшему варианту развития событий*…» [1]. Одним из аспектов национальной безопасности является пограничная безопасность, поддержание которой на достаточном уровне - важнейшая задача Пограничной службы КНБ Республики Казахстан.

Постановка проблемы. Несмотря на добрососедские отношения, выстроенные руководством республики со всеми пятью приграничными государствами, нельзя отрицать возможности проникновения деструктивных сил с территории любого из них. Для нивелирования подобных угроз необходимо обеспечить выполнение требований максимальной открытости для легального трафика, перемещающегося через границу в пунктах пропуска, и непреодолимой закрытости для любых альтернативных путей незаконной миграции. «…Необходимо провести масштабную реформу Пограничной службы. Задача – кардинально повысить эффективность ее деятельности, модернизировать материально-техническую базу» [2]. Если вопрос контроля трафика и выявления нарушений в пунктах пропуска через границу решается довольно успешно, то борьба с нелегальным трафиком вне пунктов пропуска является сложной задачей. Несмотря на то, что направления сосредоточения основных усилий прикрываются значительными ресурсами подразделений Пограничной службы (людскими и техническими), возникают

ситуации, когда наблюдается их нехватка, вследствие чего создаются предпосылки к возникновению различных угроз национальной безопасности государства.

Мировой тенденцией в обеспечении охраны пограничных рубежей является активное использование технических средств охраны, построенных на различных физических принципах. Лавинообразный научно-технический прогресс способствует возникновению инновационных образцов технических средств охраны, а объективные тенденции информатизации и цифровизации способствуют их интеграции в системы и комплексы.

На сегодняшний момент разработано немало технических систем охраны, заслуживающих внимания со стороны пограничных ведомств, в связи с выполнением функций, востребованных в данной предметной области. Однако, как правило, системы охраны создаются для гражданского сектора экономики и не удовлетворяют требованиям по безопасности, надежности и т.д. Даже технические системы охраны, применяемые в аналогичных ведомствах иностранных государств, не полностью удовлетворяют запросам пограничников Республики Казахстан. Несоответствие современных технических систем охраны предъявляемым требованиям кроется в том, что они разрабатываются для выполнения определенного перечня функций, на определенной территории и в определенных физико-географических и климатических условиях. Одним из основных несоответствий является отсутствие возможности обеспечения обмена данными между техническими средствами и комплексами, входящими в состав систем охраны, расположенными на пограничных рубежах республики. Локальная работа любых современных технических средств и комплексов охраны не соответствует требованиям, предъявляемым к охране и защите Государственной границы Республики Казахстан на современном этапе. Лишь обеспечение возможности обмена данными между техническими средствами и комплексами, входящими в состав систем охраны, будет способствовать их интеграции, которая выступит в роли катализатора для проявления синергетических свойств, не присущих локальным техническим средствам и комплексам охраны.

В силу того, что Республика Казахстан занимает 9 место в мире по площади (около 2,725 млн. квадратных километров), протяженность границ с пятью государствами составляет около 15000 км (сухопутной границы -13200 км, водной - 1730 км) и пролегает в различных физико-географических условиях (равнины и горы, леса, степи и пустыни, реки и моря), обеспечение интеграции технических средств и комплексов охраны в систему является нетривиальной и многоуровневой задачей.

Тенденции развития информационного общества в условиях глобализации, проявляющиеся практически во всех сферах человеческой деятельности, способствуют интеграции технических средств за счет развертывания информационного пространства, как глобального, предоставляющего возможности использования необходимых данных с устройств практически из любой точки мира, так и локальных, обеспечивающих интеграцию данных внутри частных компаний или государственных ведомств.

Материалы и методы.

Анализ исследований и публикаций. Проблемы развертывания информационного пространства исследовались Турсунбековым Э.Т., Салыковым А. Ж. [3], Гришковцом Е.О. [4], Котовым А.В. [5] и другими. Вопросам интеграции технических систем охраны посвящены научные труды Мосова С. П., Салий С. М., Съедина Д.Б., Абраимова Д.К. [6, 7] и других. Изучением возможностей внедрения современных телекоммуникационных технологий занимались Федорищенко П.А. [8], Алтынбеков Р. М., Мартикьян А. С. [9] и другие.

Целью статьи является обоснование гипотезы авторов о возможности интеграции технических систем и комплексов охраны путем развертывания информационного пространства структурных подразделений Пограничной службы (пограничных отделений, отделений пограничного контроля) на основе внедрения самоорганизующихся систем радиосвязи.

В ходе подготовки материалов статьи использовался критический и сравнительный анализ научных публикаций и служебных документов по разрабатываемой тематике. Научное обоснование гипотезы осуществлено за счет использования общенаучных методов анализа и синтеза, метода аналогии. Основой исследования явились фундаментальные положения системного подхода.

Результаты и обсуждение.

В силу указанных различных физико-географических и климатических условий прохождения пограничных рубежей Казахстана, невозможно предложить универсальную модель технической системы охраны. Различные условия прохождения линии границы диктуют требования о создании инвариантных (дифференцированных) систем охраны, способных удовлетворять предъявляемым требованиям при развертывании в соответствующих физико-географических и климатических условиях. Состав интегрированных систем охраны в зависимости от физико-географических условий может различаться. Поэтому применительно к сухопутной линии прохождения Государственной границы Республики Казахстан можно выделить две разновидности условий развертывания интегрированных систем охраны:

- на протяженном равнинном участке;
- на участке с пересечённым рельефом местности.

Современные интегрированные системы охраны, как правило, имеют в своем составе стационарные, мобильные (переносные) средства (комплексы) контроля и координирующие (ситуационные) центры. Стационарные средства охраны предназначены для перманентного наблюдения за определенным участком местности вблизи границы и обнаружения нарушений. К ним относятся сигнализационные комплексы, группы (посты) технического наблюдения, оборудованные радиолокационными, оптоэлектронными, фото, видео и другими устройствами контроля. Мобильные (переносные) средства охраны, предназначены для мониторинга обстановки на рубежах, не оборудованных стационарными средствами охраны, и выставляются на лимитированные интервалы времени. Так мобильные комплексы мониторинга обстановки способны автономно выполнять функции до 15 суток, а мобильные патрульные комплексы без дополнительного обеспечения до 24 часов.

Уязвимым местом любой распределенной технической системы, в том числе и интегрированной системы охраны, является обеспечение возможности обмена данными между техническими элементами, входящими в ее состав. Исходя из того, что средства широкополосной передачи данных и радиодоступа менее подвержены воздействию физико-географических условий применения и пересеченности местности, чем радиолокационные, оптические и другие технические средства мониторинга обстановки, при решении задачи обеспечения возможности передачи данных между структурными элементами интегрированной системы охраны необходимо учитывать лишь удаленность объектов и объемы циркулирующих между ними данных.

Как уже отмечалось выше, решением проблемы обмена данными на участке пограничного отделения может стать развертывание его информационного пространства. Исходя из анализа современных телекоммуникационных технологий, авторы пришли к выводу о том, что при построении информационного пространства необходимо использовать, как проводные технологии передачи данных, так и беспроводные.

Для обеспечения передачи данных от стационарных технических комплексов (средств) мониторинга обстановки и групп технического наблюдения в пункты управления соответствующих подразделений, предпочтительным является выбор проводных технологий, обеспечивающих передачу больших объемов данных и наименее подверженных влиянию природных и техногенных помех. Среди проводных технологий, наиболее отвечающими требованиям по безопасности и объёмам передачи данных, являются волоконно-оптические технологии. Волоконно-оптические системы передачи данных способны предоставить возможности обмена данными не только между техническими средствами мониторинга обстановки подразделения, но и с соседними подразделениями, а также вышестоящими органами управления, что будет способствовать поэтапному развертыванию информационного пространства как пограничных управлений и департаментов, так и Пограничной службы в целом. В случае невозможности прокладки волоконно-оптических линий к удаленно дислоцируемым стационарным комплексам (средствам) мониторинга обстановки и группам технического наблюдения, альтернативным путем обеспечения передачи данных может быть выбрано применение радиорелейных или спутниковых систем передачи данных. Однако в сравнении волоконно-оптическими системами, радиорелейные и спутниковые системы имеют ряд общих недостатков, таких как: подверженность естественным и искусственным помехам; меньшие объемы передачи данных; возможность перехвата данных. Применение спутниковых систем, кроме прочих недостатков, потребует ежемесячного расходования бюджетных средств на оплату услуг передачи данных, предоставляемых оператором связи. Описание особенностей волоконно-оптических, радиорелейных и спутниковых технологий выходит за рамки данного исследования, поэтому будет осуществлено в последующих трудах.

Для обеспечения возможности передачи данных от мобильных (носимых) комплексов (средств) мониторинга обстановки необходимо развертывание беспроводной составляющей информационного пространства подразделений границы. На сегодняшний момент существует немало технологий беспроводной передачи данных, однако все они имеют достоинства и недостатки. С целью проведения сравнительного анализа авторами были выбраны наиболее распространенные в мире современные беспроводные технологии передачи данных, результаты анализа отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение характеристик беспроводных технологий передачи данных

	LTE	5G	Wi-Fi	WIMAX	ZigBee	ANET	MANET
Скорость передачи данных	1 Гбит/с	10 Гбит/с	11 – 54 Мбит/с	до 240 Мбит/с	до 250 кбит/с	До 2 Мбит/с	до 2 Мбит/с
Наличие базовой станции	+	+	+	+	+	-	-
Дальность связи	до 1 км	до 1 км	30 – 100 м	до 50 км	до 500 м	до 10 км	до 10 км
Мобильность базовых станций (устройств)	-	-	-	+	-	-	+
Количество связей по 1 радиоканалу			до 254	не огранич.	до 8	не огранич.	не огранич.
Стоимость базовых станций	высокая	высокая	невысокая	высокая	высокая	базовые станции отсутств.	базовые станции отсутств.
Топология сети	статическая					случайная	
Время на развертывание	значительное					минимальное	

В ходе анализа установлено, что системы, имеющие в своем составе базовые станции (LTE, 5G, Wi-Fi, WIMAX, ZigBee, DMR) сами по себе обладают высокой стоимостью, кроме того для передачи данных между базовыми станциями нуждаются в подключении к сети телекоммуникаций общего пользования по волоконно-оптическим или радиорелейным линиям, что ведет к дополнительным расходам. Абонентская плата за услуги, предоставляемые оператором связи и отсутствие мобильности базовых станций (кроме WIMAX), являются дополнительными недостатками. При выходе из строя 1 базовой станции все мобильные абоненты, находящиеся в ее зоне обслуживания лишаются возможности использования телекоммуникационных услуг. Свойством изменения топологии обладают только технологии ANET и MANET. При выходе из строя одного из ретрансляторов-маршрутизаторов, автоматически составляется альтернативный маршрут, и трафик перераспределяется на другие доступные узлы.

Исходя из результатов сравнительного анализа, авторы пришли к выводу о том, что для развертывания беспроводной составляющей информационного пространства пограничных подразделений наибольший интерес заслуживает развертывание самоорганизующихся систем радиосвязи, применяющих технологии ANET и MANET.

ANET (Ad-hoc Network) - одно-ранговые радиосети со случайными стационарными абонентами, реализующие полностью децентрализованное управление при отсутствии базовых станций или опорных узлов. Топология – фиксированная со случайным соединением узлов.

MANET (Mobil Ad-hoc Network) – одно-ранговые радиосети со случайными мобильными абонентами, реализующие полностью децентрализованное управление при отсутствии базовых станций или опорных узлов. Топология – быстро меняющаяся со случайным соединением узлов [10].

В противоположность сетям с иерархической структурой и централизованным управлением, одно-ранговые радиосети ANET и MANET состоят из однотипных узлов, являющихся не только оконечными пользовательскими терминалами, но и ретрансляторами-маршрутизаторами, ретранслируя пакеты других абонентов и участвуя в нахождении маршрутов к ним, следовательно, эти сети способны к самоорганизации. Передача данных от источника к получателю, при физическом наличии такого пути, осуществляется напрямую, что позволяет распределить нагрузку на сеть и повысить ее суммарную пропускную способность. При отсутствии прямой связи между корреспондентами, автоматически составляются логические маршруты транзитной передачи данных через доступные устройства сети. Сети MANET могут состоять из десятков, сотен и даже тысяч узлов [11]. Основным различием между рассматриваемыми радиосетями является то, что в радиосети ANET связи устанавливаются только со стационарными устройствами и отсутствует возможность поддержания связи с мобильными узлами, в радиосети MANET все устройства мобильные.

Таким образом, учитывая дальность передачи данных от устройств сети ANET до 10 км, организация высокоскоростной беспроводной сети передачи данных на участке пограничного подразделения может быть осуществлена за счет развертывания одного ретранслятора-маршрутизатора в пункте постоянной дислокации пограничного подразделения и аналогичных устройств на средствах подвижности сухопутного базирования. Вследствие чего, будет обеспечен обмен данными между автомобильными (бронированными) объектами, такими как мобильные комплексы мониторинга обстановки и мобильные патрульные комплексы, и координационными (ситуационными) центрами.

Пограничным нарядам, действующим в конном и пешем строю на участке пограничного отделения на значительном удалении от пункта постоянной дислокации, может быть обеспечена возможность организации связи и передачи данных от используемых ими средств мониторинга при развертывании самоорганизующейся

системы радиосвязи MANET. Особенностью которой является возможность обеспечения обмена данными между корреспондентами даже в условиях отсутствия зоны прямой радиовидимости. В результате чего, пограничные наряды, находящиеся вне зоны прямой радио видимости с координационными (ситуационными) центрами в пунктах постоянной дислокации, имеют возможность обмена данными с ними за счет применения свойства мультискачковости, т.е. транзитной передачи данных через ретрансляторы-маршрутизаторы, находящиеся в зоне радио видимости между корреспондирующими абонентами.

Заключение.

Руководствуясь положениями системного подхода, применяя в ходе исследования научные методы, такие как критический и сравнительный анализ информации, синтез полученных знаний, метод аналогии, авторами была достигнута поставленная цель. Была обоснована возможность развертывания беспроводной составляющей информационного пространства структурных подразделений Пограничной службы на основе внедрения самоорганизующихся систем радиосвязи ANET и MANET. Развертывание информационного пространства структурных подразделений может создать предпосылки к развертыванию единого информационного пространства Пограничной службы. В следствии чего появится возможность внедрения инновационных систем и комплексов охраны, работающих на различных физических принципах, применение которых способно оказать воздействие на повышение уровня пограничной безопасности и как следствие на повышение уровня национальной безопасности Республики Казахстан.

Направления дальнейших исследований. Дальнейшие исследования рекомендуется провести по следующим актуальным направлениям: научное обоснование технических характеристик устройств самоорганизующихся сетей радиосвязи, используемых в пограничных подразделениях; особенности организации взаимодействия технических средств охраны и устройств радиосетей; совершенствование тактики действий пограничных нарядов при развертывании информационного пространства пограничных подразделений.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Послание Президента Республики Казахстан народу Казахстана от 1 сентября 2021 г. «Единство народа и системные реформы – прочная основа процветания страны». Иформационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан «Әділет». URL: http://adilet.zan.kz/rus/docs/K1200002022. (дата обращения 10.11.2022).

[2] Послание Президента Республики Казахстан – Лидера Нации Н.А.Назарбаева народу Казахстана от 14 декабря 2012 года «Стратегия «Казахстан -2050»: новый политический курс состоявшегося государства». Иформационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан «Әділет». URL: http://adilet.zan.kz/rus/docs/K1200002050. (дата обращения 10.11.2022).

[3] Турсунбеков Э.Т., Салыков А. Ж. Единое информационное пространство как часть СУВ и О при ведении высокоманевренных боевых действий//Сардар. – 2017. - №5. – С.90-97.

[4] Гришковец Е.О. Формирование в США единой информационной инфраструктуры ВС/ Зарубежное военное обозрение. – 2018. – №3. – С.19-24.

[5] Котов А.В. Модернизация системы управления пограничными формированиями на основе цифровизации. 6D106300 дисс. докт. филос. PhD, Алматы, 2021. – 202 с. – Для служебного пользования.

[6] Мосов С.П., Салий С.М., Съедин Д.Б. Условия и факторы, влияющие на определение характеристик технических средств охраны государственной границы.

Вестник КазАТК им. М.Тынышпаева, Алматы, 2019.- №2. – С. 304-311.- ISSN: 1609 - 1817. (Журналу присвоен импакт-фактор 0.023 за 2016 г.).

[7] Методика оценки выбора технических средств охраны Государственной границы с наилучшими характеристиками [текст]: Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом № 2712 от 09.04.2019 НИИС МЮ РК//Салий С.М., Абраимов Д.К.; заявители и авторы Салий С.М., Абраимов Д.К. заяв-но 07.04.19; опубл. 09.04.19. – 33 с.

[8] Федорищенко П.А. Информационно-коммуникационные технологии управления (социологический анализ Интернета): дисс. канд. соц. Наук,22 00 08, Майкоп. – 2007, ГОУ ВПО «Южный федеральный университет».

[9] Алтынбеков Р. М., Мартикьян А. С. Некоторые направления развития научно - технических инноваций в Пограничной службе КНБ Республики Казахстан. Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. 2018. №3(106). С.186-191.

[10] https://habr.com/ru/post/197860/

[11] Трофименко Д.Д. Передача данных в мобильных сетях с управляемой топологией. 45.81.01 дисс. маг. техники и технологий. - Минск, 2016. – 127 с.

Алексей Котов, PhD, доцент, ҚР ҰҚК Шекара академиясы, Алматы, Қазақстан, kotov782011@mail.ru

Иглек Асанов, кафедра бастығы, ҚР ҰҚК Шекара академиясы, Алматы, Қазақстан

Борис Могилин, кафедра бастығының орынбасары, ҚР ҰҚК Шекара академиясы, Алматы, Қазақстан

Андрей Демков, аға оқытушы, ҚР ҰҚК Шекара академиясы, Алматы, Қазақстан

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰҚК ШЕКАРА ҚЫЗМЕТІНІҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ БӨЛІМШЕЛЕРІНІҢ АҚПАРАТТЫҚ КЕҢІСТІГІНІҢ СЫМСЫЗ ҚҰРАМДАС БӨЛІГІН ОРНАЛАСТЫРУ КЕЗІНДЕ ӨЗДІГІНЕН ҰЙЫМДАСТЫРЫЛАТЫН РАДИОБАЙЛАНЫС ЖҮЙЕЛЕРІН ҚОЛДАНУ МҮМКІНДІГІ ТУРАЛЫ

Андапта. Ғылыми мақала қазіргі заманғы телекоммуникациялық технологияларды қолдану негізінде Қазақстан Республикасы ҰҚК Шекара қызметінің құрылымдық бөлімшелерінің ақпараттық кеңістігін өрістету мүмкіндіктерін зерделеуге арналған. Авторлар кең жолақты деректерді беру және радио қол жеткізу технологияларына салыстырмалы талдау жүргізеді. Шекара бөлімшелерінің ақпараттық кеңістігі жағдайында интеграцияланған күзет жүйесінің құрылымдық элементтері арасында деректерді беру мүмкіндіктерін қамтамасыз ету бойынша авторлық тәсіл ұсынылады.

Түйінді сөздер. Ақпараттық кеңістік, деректерді беру технологиялары, радио қол жетімділік, өзін-өзі ұйымдастыратын радиобайланыс жүйелері, Инфокоммуникациялық технологиялар, ұлттық қауіпсіздік, шекаралық қауіпсіздік.

Alexey Kotov, PhD, docent, Border Academy of the National Security Committee of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan, kotov782011@mail.ru

Iglek Asanov, Head of the Department, Border Academy of the National Security Committee of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

Boris Mogilin, deputy head of the Department, Border Academy of the National Security Committee of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

Andrey Demkov, senior lecturer, Border Academy of the National Security Committee of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

ABOUT THE POSSIBILITY OF USING SELF-ORGANIZING RADIO COMMUNICATION SYSTEMS WHEN DEPLOYING THE WIRELESS COMPONENT OF THE INFORMATION SPACE OF THE STRUCTURAL UNITS OF THE BORDER SERVICE OF THE NSC OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Annotation. The scientific article is devoted to the study of the possibilities of deploying the information space of the structural units of the Border Service of the National Security Committee of the Republic of Kazakhstan on the basis of the use of modern telecommunications technologies. The authors conduct a comparative analysis of broadband data transmission and radio access technologies. The author's approach is proposed to ensure the possibility of data transmission between the structural elements of an integrated security system in the information space of border units.

Keywords. Information space, data transmission technologies, radio access, self-organizing radio communication systems, infocommunication technologies, national security, border security.

****

УДК 623.46 **DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-572-583**

Ермолдина Г.Т.[1], Бердибеков А.Т.[2], Аден А.Е.[1,3], Балбаев Г.К.[3,4], Н.Т. Исимов[3,5]
[1]Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК,
Алматы, Казахстан
[2]Национальный университет обороны имени Первого Президента Республики
Казахстан – Елбасы, Астана, Казахстан,
[3]ТОО Центр инновационных разработок «Тумар», Астана, Казахстан
[4]Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан
[5]Университет Туран, Алматы, Казахстан
E-mail: gulerm@mail.ru

ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ БОЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. Ввиду того, что телеметрические системы создаются для каждой сложной системы отдельно, был произведен анализ существующих телеметрических систем для выявления ключевых технологических решений. Разработка телеметрической системы для высокоскоростных летательных аппаратов боевого назначения требует тщательного и всестороннего анализа всех аспектов ее создания: от ретроспективного анализа до анализа новейших технологий телеметрических систем для выявления ключевых технологических решений и применения к разрабатываемой системе и анализа методологической базы исследований. В работе приведен подробный обзор исторических аспектов развития ракетной радиотелеметрии, новейших технологий построения телеметрических систем, включая аппаратное обеспечение, примеры реализации различных телеметрических систем, особенностей операционной логики, принципов работы наземной сети телеметрической информации. Также авторами рассмотрены основные факторы и показатели, влияющие на работоспособность центров управления телеметрической информации, характеристики телеметрической и командно-дальномерной информации, задачи, которые выполняет телеметрическая система, определены главные аспекты построения современных телеметрических систем. Создание телеметрической системы для высокоскоростных летательных аппаратов боевого назначения и обеспечении оперативного и достоверного получения оценок технического состояния реактивных снарядов в комплексах автоматизированного анализа, робастных к штатному и нештатному изменению режимов работы бортовых систем и агрегатов должно осуществляться с учетом достижений в прикладной теории информации и передовой вычислительной техники. Развитие электроники, разработка новых алгоритмов и методов обработки данных, тенденция к автоматизации и удалённому контролю различных процессов способствует постоянному совершенствованию и модернизации телеметрических систем. Авторами обоснована уникальность каждой создаваемой телеметрической системы и даны рекомендации по ее созданию.

Ключевые слова. Телеметрия, телеметрическая система, центр управления, телеметрические показатели, бортовая аппаратура, датчик, передача и обработка информации.

Введение.

Прогресс техники и технологий, производительных сил, а также современная военно-политическая обстановка в мире, характеризующаяся сложностью, противоречивостью, высоким динамизмом, непредсказуемостью развития событий,

усилением соперничества ведущих мировых и региональных держав, ростом сепаратизма, национального и религиозного экстремизма актуализирует проблему обеспечения национальной безопасности и развития видов вооружения и военной техники, а также их обеспечение сопутствующими системами и технологиями. На сегодняшний день отечественная армия нуждается в технологических изменениях, внедрении новых систем вооружения и военной техники, укреплении системы противовоздушной обороны, обеспечение войск ракетной техникой, современными системами коммуникации [1].

Согласно результатам анализа войн и региональных военных конфликтов последней декады подтверждается роль высокоточного оружия (ВТО) в решении военных задач [2-6]. Оружие всегда определяло не только боевую мощь страны, но и уровень компетенций ученых и военных специалистов.

В современных условиях глобализации безопасность государства прежде всего зависит от технологичности, боеспособности его вооруженных сил. Наиболее важную роль в обеспечении безопасности страны играет ракетная техника, как средство, наносящее значительный урон противнику. Поэтому обеспечение точности наведения ракет на заданную цель приобретает большое значение и является научной задачей многих исследователей и разработчиков ракетной техники.

Развитие управляемой ракетной техники связано с построением и совершенствованием телеметрических систем для контроля бортовых процессов на всех этапах ее эксплуатации. Боевые возможности ракет напрямую зависят от разработки качественной системы управления и наведения. Точность, параметрическую оценку самой ракеты и реактивных снарядов, вероятность отклонения реализует подсистема телеметрической системы ракеты [7].

Материалы и методы.

В работе используются материалы из открытых источников данных. На основе ретроспективного анализа представлен исторические аспекты развития телеметрических систем. На основе проведенного анализа даны рекомендации по разработке собственной телеметрической системы для реактивного снаряда.

Постановка задачи.

Телеметрия — эта передача и запись данных с измерительных устройств. Основная функция телеметрической системы заключается в сборе данных с движущейся ракеты в реальном времени, которая требует наличия передатчика и приемника, работающих вместе для передачи и приема сенсорных данных от бортовых компонентов.

Телеметрическая система (ТМС) - совокупность устройств, обеспечивающих сбор сигналов со средств первичного преобразования, формирование телеметрических сигналов, передачу их по каналу связи, регистрацию и отображение телеметрических сообщений на приемной стороне [7].

Для выполнения задачи внутри ракеты размещается блок обработки данных, этот блок обработки отвечает за сбор данных с различных датчиков (измерительных устройств), которые располагаются в ракете, и беспроводной передачи сигнала на наземную станцию. Беспроводная передача данных является важной частью телеметрической системы. На наземной станции происходит последующая обработка данных. Именно здесь данные декодируются, и система отображает информацию для конечного пользователя в удобном для использования виде - точек данных в реальном времени - и является идеальным вариантом, поскольку в этом случае позволяет оперативно получить доступ к данным.

Бортовая часть при помощи датчиков собирает данные (температура, высота, ускорение, положение и другие) и обрабатывает их с помощью микроконтроллера. Целью бортовых датчиков является сбор измерений из различных устройств во время полета и

предоставлении информации о различных этапах полета летательного аппарата. Вместе со сбором происходит обработка больших объемов информации и формирование выходных пакетов данных. Методической базой выступает совокупность специальных математических методов, подходов, методик и алгоритмов для последующего вычислительного анализа.

Следовательно, разработка телеметрической системы для высокоскоростных летательных аппаратов боевого назначения требует тщательного и всестороннего анализа всех аспектов ее создания: от ретроспективного анализа до анализа новейших технологий телеметрических систем для выявления ключевых технологических решений и применения к разрабатываемой системе и анализа методологической базы исследований.

Исторические аспекты развития телеметрических систем.

Ракетная радиотелеметрия берет начало с немецкой баллистической ракеты V-2 в 1944 году, на которой была установлена телеметрическая система «Мессина» и в настоящее время продолжается в новых разработках систем управления ракет [8].

Телеметрическая система (ТС) «Мессина» характеризовалась 4 измерительными каналами; частотным разделением; 2 кГц-вой частотой одного канала и наземной регистрацией на фотоленте [9].

В 1947 году появилась первая советская телеметрическая система «Бразилионит», которая имела уже восемь измерительных каналов и позволяла реализовать циклическое подключение до 20 параметров на один измерительный канал [10].].

1949 год ознаменовался появлением телеметрической системы «Дон-1», установленной на первой советской баллистической ракете «Р-1», которая отличалась от предыдущих аналогов: 16 измерительных каналов, 1000 изм/с, наличие временного разделения каналов и электронного коммутатора, частота опроса канала — от 62,5 Гц.

Совершенствование бортовых и наземных систем вело к возрастанию объемов измерений, что в последующем привело к созданию системы «МАРС» (магнитной автономной регистрирующей системе), которая позволила осуществлять регистрацию, измерение и запись вибраций, переходных и ударных процессов, давлений, импульсов и цифровых сигналов.

На смену «МАРСу» пришли более модернизированные телеметрические системы типа «Спрут», «Трал», линейка РТС (для промышленных объектов и летательных аппаратов), «Старт», бортовая информационно-телеметрическая система (БИТС) «БРС-4», «Сириус» (для сбора импульсов и цифровых сигналов), «Скут» и другие. Данные системы, имея идентичную бортовую аппаратуру, отличались принципами ее построения, числом каналов, точностью измерений, дальностью радиосвязи и другими параметрами. [7, 11].

Последние аналоги телеметрических систем характеризуются более широкой информативностью (до 320 000 изм/с, общая информативность составляет 3,14 Мбит/с), большим количеством измерительных каналов (36 информационных и 4 служебных), частотой опроса каналов до 2 кГц, большим диапазоном радиоволн и применением аналогового или аналогово-цифрового метода передачи информации.

Благодаря последним достижениям в области микроэлектроники, совершенствованию методов и алгоритмов обработки информации, миниатюризации элементной базы и другим успехам науки и техники телеметрические системы постоянно модернизируются и совершенствуются. И соответственно могут быть разработаны по заданным требованиям [8,9].

Анализ и исследование новейших технологий построения телеметрических систем.

Разработка технологии телеметрической системы представляется весьма сложным и затратным процессом. Это связано с обилием критических параметров, которые развиваются при полетах на больших высотах. В связи с этим на встроенную систему возлагаются важные задачи: сбор, передача и сохранение данных для активного

управления полетом с высокой эффективностью и безопасностью. Стоимость таких систем обычно высока, как правило, составляет около 30% от общих расходов. Данный факт обуславливает важность таких механизмов и оправдывает исследования, направленные на снижение затрат, поскольку это жизненно важно для повышения жизнеспособности аэрокосмических систем. В этой связи перед исследователями стоит ответственная задача разработки беспроводной телеметрии реального времени для моделей ракет.

Телеметрическая система должна состоять из двух модулей: встроенной, которая способна работать во всех различных условиях полета ракеты (старт, движение вверх, апогейный переход, падение и посадка), передавать и сохранять собранную информацию; и связанная модель - наземная система управления, которая принимает передаваемую информацию, обрабатывает ее и печатает в понятной форме для наземного персонала, наблюдающего за полетом.

При разработке телеметрической системы необходимо учитывать множество параметров и пройти множество запутанных этапов до ее завершения. Во-первых, необходимо определить, какие переменные состояния необходимо отслеживать и какие системы нуждаются в активном управлении. Затем строится высокоуровневая функциональная модель для определения требуемой логики и аппаратного обеспечения с учетом потребностей системы. Последовательно проверяется, какие аппаратные средства доступны и удовлетворяют ли они определенным параметрам, таким как диапазон и линейность. Также при разработке системы и схем очень важно учитывать внешние ограничения, такие как пространство, денежные и вычислительные затраты, доступность/возможность замены. При разработке логических и функциональных характеристик безопасность и избыточность являются ключевыми в создании надежной системы.

Выбор аппаратного обеспечения — это только часть проектирования. Для базового функционирования также необходимы периферийные протоколы связи и поддержка управления процессом. Программное обеспечение для взаимодействия между приемопередатчиком и компьютером представляется существенно важным для правильной передачи и интерпретации данных.

Внутри менеджера процесса происходит принятие решений в виде команд исполнительных механизмов и приоритета деятельности. Фильтрация данных важна для создания более точных производных атрибутов.

Собранная информация должна быть сохранена для будущего анализа в упорядоченном базе данных. Процесс проектирования очень запутанный и нелинейный, поэтому инженерные группы должны сообщать о своих потребностях и ходе работы для того, чтобы создать функционирующую систему.

Анализ существующих телеметрических систем указывает на уникальность каждой создаваемой телеметрической системы. Так в статье [12] рассмотрена телеметрическая система модели ракеты, предназначенной для полета с апогеем 2 км, миссия которой заключается в сборке и подготовке ракеты к запуску для того, чтобы после запуска системы авионики могли собирать данные, документировать полет и принимать решения. Руководитель полета должен передавать данные в режиме реального времени группе наблюдения и активировать восстановление. После приземления ракеты требуется соблюдение послеполетных протоколов для безопасного восстановления ракеты.

Соответственно, для удовлетворения потребностей системы требуется разработать операционную логику для выбора подходящих инструментов. Такие требования к инструментам, включают:

- необходимость получения информации во время полета (ускорение, температура, ориентация, давление и многое другое);

- сохранение информации в энергонезависимой памяти;
- передача информации в реальном времени на наземный пульт управления полетом;
- активация привода системы восстановления.

Следовательно, важным требованием представляется наличие приемника и компьютера, набора датчиков и устройств управления данными внутри ракеты, а также беспроводное приемопередающее устройство для связи с базой.

Первым шагом является выполнение стандартных процедур, таких как проверка и калибровка компонентов, и подготовка к запуску ракеты. Затем система должна быть готова к выполнению требований миссии. Во время полета система управления система будет получать, отправлять, сохранять и обрабатывать сенсорные данные. При достижении одного из условий безопасности система восстановления приводится в действие, к примеру для того, чтобы развернуть парашют. При посадке необходимо следовать послеполетным протоколам, обеспечивающим безопасность и целостность. Существуют и другие очень важные требования, которым должны соответствовать выбранные элементы, главным из которых является низкая стоимость.

Все используемые датчики, контроллеры и исполнительные механизмы ограничены параметрами производительности. Некоторые из них могут быть легко установлены и определяют дальность действия и совместимость. Другие требуют более глубокого изучения, как, например, задержка и частота дискретизации. Большинство информации можно легко получить из технического паспорта производителя и проверить экспериментально. Согласно [12] были использованы аккумуляторная батарея 12 вольт, конвертор, сервомотор, микроконтроллер, карту памяти, и др. элементы. Затем были произведены интеграция собранной электроники с программным обеспечением который был разработан параллельно с «железом».

В работе [13] рассматривается технологическое решение многоскоростной измерительной системы и представлен алгоритм классификации в реальном времени для данных измерения нескольких скоростей. Многоскоростная измерительная система имеет два режима измерения: режим отклика и режим маяка.

В режиме реагирования многоскоростная измерительная система сконфигурирована на одну главную станцию и несколько станций заместителей. Ведущая станция посылает сигнал восходящей линии связи, который принимается транспондером. Затем транспондер передает сигнал нисходящей линии связи (во избежание помех сигналы восходящей и нисходящий сигналы имеют разные частоты). Все ведущие и вице-станции принимают нисходящий сигнал, измеряя доплеровский сдвиг частоты, который может восстановить скорость изменения всего диапазона от ведущей станции до цели и от цели до приемной станции. Этот вид измерительных данных называется откликом данных.

В режиме маяка измерительная система не имеет ведущей станции. Транспондер посылает нисходящий сигнал напрямую. Все станции принимают нисходящий сигнал и измеряют доплеровский сдвиг частоты, который может восстановить скорость изменения дальности от цели до принимающей станции. Этот вид измерительных данных называется данными маяка. Поскольку точность измерения данных отклика выше, чем данных маяка, режим измерения отклика является основной схемой работы многоскоростной измерительной системы. Но в практических задачах, даже если многоскоростная измерительная система использует режим для измерения цели, полученные данные могут содержать данные отклика, данные маяка и аномальные данные.

В режиме отклика причины генерации данных маяка включают следующие состояния:

- ведущая станция не может отследить цель в начальный период;

- ведущая станция внезапно выходит из строя;
- цель уходит за «хвост»;
- внезапная неисправность ведущей станции;
- пламя хвоста цели ухудшает сигнал восходящей линии связи.

В всех этих случаях сигнал восходящей связи не передается или транспондер не принимает сигнал восходящей связи, тогда данные измерений всех станций превращаются в данные маяка.

Для получения правильной траектории цели и повышения точности, эти два вида данных должны быть правильно классифицированы, поскольку они имеют различные уравнения измерений, различные методы коррекции преломления волн и различные методы расчета траектории. Ошибка классификации данных приведет к ошибке расчета траектории в реальном времени, с явлением скачка траектории на больших участках, что плохо влияет на многие аспекты, такие как отображение состояния полета, контроль безопасности полета, наведение в реальном времени, прогноз влияния траектории и так далее [13].

Наземная сеть телеметрической информации (ТМИ) представляет собой распределительную сеть, включающая два взаимосвязанных модуля - модуль узла ТМИ и модуль канала связи.

Анализ тенденций развития космической промышленности, резкое увеличение количества аппаратов и оборудования ТМИ, а также постоянное повышение технической сложности свидетельствуют о возросших требованиях к использованию и управлению наземной сетью ТМИ [14-21].

Управляющий персонал наземной сети телеметрии должен следить за состоянием и функционированием наземной сети ТМИ, благодаря чему должна обеспечиваться бесперебойная работа. Наземная сеть ТМИ должна работать надежно, гарантированно, стабильно и непрерывно должным образом. Основной функцией центра наземного управления, сложного информационно-управляющего органа, является параллельная обработка множественных задач и управление жизненным циклом подготовки и движения летательного аппарата до выполнения миссии.

Основные аспекты развития телеметрических систем.

Существует множество факторов, влияющих на работоспособность центра управления. Центр управления представляется общей информационной системой с точки зрения нагрузки, стабильности и надежности центра управления по следующим показателям:

1) Загрузка ресурсов задачи: отражает способность центра управления поддерживать задачи ТМИ.

2) Загрузка ресурсов оборудования: отражает способность центра управления поддерживать оборудование ТМИ. По сути, это количество оборудования, поддерживаемого центром управления/максимальное количество оборудования, поддерживаемого центром управления.

3) Загрузка ресурсов хранения: отражает способность центра управления хранить информацию, загрузка ресурсов хранения = используемая емкость хранения центра управления/максимальная емкость хранения центра управлениям, максимальный объем памяти центра управления.

4) Загрузка трафика в реальном времени: отражает способность центра управления передавать информацию, нагрузка на трафик в реальном времени = фактический трафик данных центра управления/ максимальный трафик данных, поддерживаемый центром управления. Максимальный трафик данных, поддерживаемый центром управления.

5) Среднее время между отказами (MTBF): отражает стабильность работы центра управления, MTBF = время работы центра управления/количество отказов центра управления в течение рабочего времени центра в течение рабочего времени.

6) Среднее время ремонта (MTTR): отражает надежность центра управления, MTTR = общее время, необходимое для ремонта центра управления/количество отказов.

Как правило, реальная модель движения летательного аппарата отличается от теоретической (невозмущенного движения) из-за непредвиденных внешних возмущающих факторов. В этом случае возникает вопрос о получении состояния и измерение внешних возмущающих факторов с помощью высокоточных измерительных приборов.

Ошибки, накапливаемые за время полета, приводят к тому, что ракета отклоняется от цели на некоторое расстояние. Поэтому на практике траектория полета ракеты периодически корректируется. Коррекция траектории полета ракеты осуществляется бортовым компьютером на основе информации, которая поступает от дополнительно установленных на ней измерительных устройств, на основе которых вырабатываются управляющие сигналы от БКУ к исполнительному устройству. К измерительным устройствам относятся оптико- и радиоэлектронных датчики: радиолокационного высотомеры, приемники GPS, радиолокаторы, лазерные локаторы и др.

Благодаря модернизации достигнуто значительное повышение точностных характеристик за счет внедрения системы коррекции траектории полета по контуру рельефа местности), оптической корреляционной системы конечного самонаведения DSMAC (Digital Scene Matching Area Correlator) и DSMAC2A, а также оснащения их аппаратурой коррекции местоположения системы спутниковой навигации GPS NAVSTAR [12].

А миниатюризация техники и постоянное развитие технологий в области электроники, схемотехники, приборостроения и других смежных областей позволяет уменьшить масса-габаритные характеристики подсистемы, и расположить его под корпусом ракеты (ракетного снаряда).

Характеристики телеметрической и командно-дальномерной информации.

Передача телеметрической и командно-дальномерной информации характеризуется следующими аспектами.

Функции. Передача информации зависит от систем телеметрии в том смысле, что последние должны обеспечивать и поддерживать нормальную работу летательных аппаратов-носителей и полезной нагрузки в течение длительного срока службы. Большое значение также имеют наземные станции телеметрической системы для настройки наземной антенны на работу с летательными аппаратами путем слежения за их полетом, обеспечивая двустороннюю передачу информации между летательными аппаратами и наземными станциями.

- Синтез сигнала. Телеметрические и информационные сигналы были объединены в общей системе. Унифицированные несущие сигналы с частотным разделением мультиподнесущей и расширение спектра сигналов с единым потоком данных — только один случай из многих.

- Приборы. Системы телеметрии, передачи информации были объединены, поэтому стали доступны многофункциональные терминалы со встроенными каналами и многофункциональными устройствами со встроенным базовым диапазоном.

- Методы. Телеметрия и телеуправление являются передачей информации на дальние расстояния для реализации «дистанционного» измерения и управления. С развитием программного обеспечения и технологий радиосвязи телеметрия и телеуправление выполняются на общей платформе и используют общее программное обеспечение.

- Дальнейшее развитие. Информационная война, точность удара, а также разработка интегрированных электронных информационных систем требуют интеграции функций ТТ&С и передачи информации в единую систему. Для обозначения такой системы используется термин «передача информации», поскольку он акцентирует ее значение, когда речь идет о информационной войне и интегрированных информационных системах. Кроме того, это совпадает с тенденцией развития информатизации.

Основные задачи, которые выполняет телеметрическая система:

- отслеживание летательного аппарата, измерение параметров всех этапов его полета, высоты и телеуправление параметрами полета и высоты, чтобы гарантировать управляемость взлета, работы и возвращения на нужную высоту и заранее заданную точку;
- управление летательным аппаратом (реактивным снарядом) и его полезной нагрузкой для успешного выполнения миссии в соответствии с заданными требованиями;
- передача информации наземным системам;
- применение при испытаниях вооружения, чтобы предоставлять данные испытаний для идентификации и оценки технических характеристик ракет и летательных аппаратов, а также обеспечить основу для улучшения и доработки их конструкции.
- выполнение задач контроля безопасности в условиях, когда любые запуски летательных аппаратов или ракет пошли неправильно, т. е. для передачи команд их взрыва таким образом, чтобы обеспечить безопасность региона запуска или территории по курсу полета [12].

Анализ различных методов и алгоритмов обработки неоднородной информации, с точки зрения оперативности и робастности результатов, получаемых ими, показал невозможность их непосредственного применения в комплексах автоматизированного анализа телеметрической информации в реальном масштабе времени [13].

Результаты и обсуждения.

Поступающая телеметрическая информация представляет собой инструмент для анализа достоверности и оперативности принимаемых данных и ее исходных качеств. Поэтому для повышения достоверности и оперативности исходную телеметрическую информацию требуется обработать, уменьшив ее неоднородность и избыточность.

Подводя итог проведенному обзору, необходимо отметить, что основными аспектами построения современных ТМС являются:

- снижение их веса и уменьшение габаритов;
- модульная компоновка аппаратных средств в соответствии с потребностями заказчика;
- максимальное сжатие телеметрического потока;
- минимальные затраты вычислительной мощности для кодирования телеметрической информации;
- максимальная защиты от помех и искажений;
- создание адаптивных систем, автоматически реагирующих на изменения состояния меняющих программу телеизмерений, точность передачи и частоты дискретизации телеметрируемых параметров, скорости передачи данных, использующих высвобождающиеся каналы для повышения качества ТМИ;
- применение эффективных ретрансляторов для непрерывной передачи ТМИ;
- соответствие международным стандартам передачи данных в протоколах.

Развитие электроники, разработка новых алгоритмов и методов обработки данных, тенденция к автоматизации и удалённому контролю различных процессов способствует постоянному совершенствованию и модернизации телеметрических систем. Сроки их

разработки от нескольких лет сжимаются до месяцев, а разнообразие задач, ставящихся перед телеметрией, и количество областей её применения постоянно возрастают.

Таким образом, роль телеметрических измерений будет возрастать не только в ракетно-космической отрасли, но и во многих других сферах науки и техники.

Заключение.

Создание телеметрической системы для высокоскоростных летательных аппаратов боевого назначения и обеспечении оперативного и достоверного получения оценок технического состояния реактивных снарядов в комплексах автоматизированного анализа, робастных к штатному и нештатному изменению режимов работы бортовых систем и агрегатов должно осуществляться с учетом достижений в прикладной теории информации и передовой вычислительной техники.

Основные технические задачи, требующие обоснованные решения, заключаются в:

- разработке функционально-диапазонных параметров;
- повышении робастности алгоритмов оперативной структурно-параметрической обработки телеметрической информации на фоне структурной неоднородности телеметрической информации, при штатном и нештатном изменении режимов работы систем и агрегатов для получения заключений о техническом состоянии реактивного снаряда.

На современном этапе развития электроники в области работы с информацией приоритет отдается цифровым схемам. Это связано со следующими преимуществами: программируемость, стабильность работы, независимость результатов обработки данных от температуры (в допустимых пределах), старения. Большое разнообразие алгоритмов обработки цифровой информации (фильтры, преобразования, совмещения и т.д.).

Развитие электроники, разработка новых алгоритмов и методов обработки данных, тенденция к автоматизации и удалённому контролю различных процессов способствует постоянному совершенствованию и модернизации телеметрических систем. Сроки их разработки от нескольких лет сжимаются до месяцев, а разнообразие задач, ставящихся перед телеметрией, и количество областей её применения постоянно возрастают. Таким образом, роль телеметрических измерений будет возрастать не только в ракетно-космической отрасли, но и во многих других сферах науки и техники.

Благодарности. Результаты исследований проведены при поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках гранта «AP148051/0222 Разработка телеметрической системы для высокоскоростных летательных аппаратов боевого назначения».

ЛИТЕРАТУРА

[1] Указ Президента Республики Казахстан от 28.05 2018г. «Об утверждении Концепции переоснащения Вооруженных Сил, других войск и воинских формирований Республики Казахстан и развития оборонно-промышленного комплекса до 2030г».

[2] Указ Президента Республики Казахстан от 29 сентября 2017 года № 554 «Об утверждении Военной доктрины Республики Казахстан»

[3] Указ Президента Республики Казахстан от 27.12.2017г. «Об утверждении концепции строительства Вооруженных Сил, других войск и воинских формирований Республики Казахстан».

[4] Поручение Совета Безопасности Республики Казахстан (№ 18-1010-2 от 27.03.2018г) п.3 «Организация производства ракет на базе Петропавловского завода тяжелого машиностроения».

[5] Стрельба и управление огнем артиллерийских подразделений: учеб. пособие / под ред. В.И. Волобуева. М.: Военное издательство 1987. С. 288 - 299.

[6] Высокоточное оружие зарубежных стран. Т. 2. Танковые, артиллерийские, минометные КУВ, самоприцеливающиеся и самонаводящиеся боевые элементы: обзор аналит. Справ / В.М. Лихтеров [и др.]. - Тула: Изд- во «Власта». 2011. С.98 - 134.

[7] Деникеев А.Б. Основные типы и особенности применения современных телеметрических систем для ракетных комплексов различного назначения//Научный электронный журнал «Матрица научного познания» #3-2/2022. – с.38-42.

[8] Поленов, Д. Ю. Эволюция телеметрии в ракетной технике / Д. Ю. Поленов. — Текст: непосредственный//Молодой ученый. — 2014. — № 6 (65). — С. 216-218. — URL: https://moluch.ru/archive/65/10588/

[9] Сковорода-Лузин В. И. Телеметрия. Глаза и уши Главного конструктора//В.И. Сковорода-Лузин. — М.: ООО «Оверлей», 2009. — 320 с.

[10] В. А. Победоносцев. Краткий очерк развития отечественной ракетной радиотелеметрии в 1946-2006 гг. на фоне организации и развития отрасли отечественного ракетостроения. Электронный ресурс:
[https://rvsn.ruzhany.info/0_2019/rkpiis_2016_3_2_89.html

[11] Назаров А.В. Современная телеметрия в теории и на практике. Учебный курс//А.В. Назаров, Г.И. Козырев, И.В. Шитов и др. — СПб.: Наука и Техника, 2007. — 672 с.

[12] Souza, G.A., Barbosa, L.S., Ramalho, G.S. and Guarato, A.Z. Low Cost Real Time Rocket Telemetry System Design//(2019) 25th International Congress of Mechanical Engineering, DOI:10.26678/ABCM.COBEM2019.COB2019-1585

[13] Liang, X., Zhao, H., Huang, J. (2018). A Real-Time Classification Algorithm for Multi-Velocity Measuring Data. In: Shen, R., Dong, G. (eds) Proceedings of the 28th Conference of Spacecraft TT&C Technology in China. TT&C 2016. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 445. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-4837-1_35.

[14] Wu, T., Gao, H., Chen, J., Wang, Y., Yang, H. (2018). Research on Health State Evaluation Method of Ground-Based TT&C Network. In: Shen, R., Dong, G. (eds) Proceedings of the 28th Conference of Spacecraft TT&C Technology in China. TT&C 2016. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 445. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-4837-1_14

[15] Liu, Jiaxing. (2015). Spacecraft TT&C and Information Transmission Theory and Technologies. 10.1007/978-3-662-43865-7.,

[16] 2. Lacek; Monica; Bryant, Clark III; Dalvin, David; and Wolgamott, Nicholas, "Rocket Telemetry System" (2019).

[17]Williams Honors College, Honors Research Projects. 931. https://ideaexchange.uakron.edu/honors_research_projects/931

[18] Т.С. Аббасова, А.П. Мороз, И.М. Белюченко, Ю.В. Стреналюк. Разработка требований к программно-техническим средствам информационно-телеметрических систем. Информатика, вычислительная техника и управление, 2017, 55-56 с.

[19] Шпаков П.А. Тенденции развития способов передачи и средств регистрации телеметрической информации ракетно-космической техники Соединенных Штатов Америки//T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2018. Том 12. №7. С. 33-36. DOI 10.24411/2072-8735-2018-10117.

[20] Крянев А.В. Математические методы обработки неопределенных данных //Крянев А.В., Лукин Г.В. – М.: Физматлит, 2003. - 216 с.

[21] Николаев А.Ф. Проблемы повышения достоверности в информационных системах// Николаев А.Ф. Фомин В.И. Хохлов Л.М. – Л.: Энергоиздат 1982, 144 с.

Гульназ Ермолдина, магистр, аға ғылыми қызметкер, ҚР БжҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан, gulerm@mail.ru

Айдар Бердібеков, PhD, полковник, Қазақстан Республикасының Тұңғыш Президенті-Елбасы атындағы Ұлттық қорғаныс университеті, Астана, Қазақстан, berdibekovat777@mail.ru

Алишер Әден, ғылыми қызметкер, ҚР БжҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, «Тұмар» инновациялық даму орталығы ЖШС, Алматы, Қазақстан, adenov_97@bk.ru

Ғани Балбаев, PhD, ғылыми қызметкер, «Тұмар» инновациялық даму орталығы ЖШС, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, gani_b@mail.ru

Нұрдәулет Исимов, PhD, РЭТ кафедрасының меңгерушісі, қызметкер, Тұран университеті, «Тұмар» инновациялық даму орталығы ЖШС, Алматы, Қазақстан, n.issimov@turan-edu.kz

ЖАУЫНГЕРЛІК МАҚСАТТАҒЫ ЖОҒАРЫ ЖЫЛДАМДЫҚТЫ ҰШУ АППАРАТТАРЫНА АРНАЛҒАН ТЕЛЕМЕТРИЯЛЫҚ ЖҮЙЕ

Аңдатпа. Телеметриялық жүйелер әр күрделі жүйе үшін бөлек жасалатындығына байланысты негізгі технологиялық шешімдерді анықтау үшін қолданыстағы телеметриялық жүйелерге талдау жасалды. жауынгерлік мақсаттағы жоғары жылдамдықты ұшу аппараттарына арналған телеметриялық жүйені әзірлеу оны құрудың барлық аспектілерін мұқият және жан-жақты талдауды қажет етеді: ретроспективті талдаудан бастап негізгі технологиялық шешімдерді анықтау және әзірленіп жатқан жүйеге қолдану және зерттеудің әдіснамалық базасын талдау үшін телеметриялық жүйелердің соңғы технологияларын талдауға дейін. Жұмыста зымырандық радиотелеметрияның дамуының тарихи аспектілері, телеметриялық жүйелерді құрудың соңғы технологиялары, соның ішінде аппараттық құралдар, әртүрлі телеметриялық жүйелерді іске асыру мысалдары, операциялық логиканың ерекшеліктері, телеметриялық ақпараттың жер үсті желісінің жұмыс принциптері егжей-тегжейлі қарастырылған. Сондай-ақ, авторлар телеметриялық ақпаратты басқару орталықтарының жұмысына әсер ететін негізгі факторлар мен көрсеткіштерді, телеметриялық және командалық-қашықтық өлшемді ақпараттың сипаттамаларын, телеметриялық жүйенің міндеттерін қарастырады, қазіргі телеметриялық жүйелерді құрудың негізгі аспектілерін анықтайды. Жауынгерлік мақсаттағы жоғары жылдамдықты ұшу аппараттары үшін телеметриялық жүйені құру және борттық жүйелер мен агрегаттардың жұмыс режимдерінің штаттық және штаттан тыс өзгеруіне робастты автоматтандырылған талдау кешендерінде реактивті снарядтардың техникалық жай-күйінің бағаларын жедел және сенімді алуды қамтамасыз ету Қолданбалы ақпарат теориясындағы және алдыңғы қатарлы есептеу техникасындағы жетістіктерді ескере отырып жүзеге асырылуы тиіс. Электрониканы дамыту, деректерді өңдеудің жаңа алгоритмдері мен әдістерін әзірлеу, әртүрлі процестерді автоматтандыру және қашықтан басқару үрдісі телеметриялық жүйелерді үнемі жетілдіруге және жаңартуға ықпал етеді. Авторлар әрбір құрылған телеметриялық жүйенің бірегейлігін негіздейді және оны құру бойынша ұсыныстар береді.

Түйінді сөздер. Телеметрия, телеметриялық жүйе, басқару орталығы, телеметриялық көрсеткіштер, борттық жабдық, сенсор, ақпаратты беру және өңдеу.

Gulnaz Ermoldina, master's degree, senior researcher, Institute of Information and Computation Technologies CS MES RK, Almaty, Kazakhstan, gulerm@mail.ru

Aidar Berdibekov, PhD, Colonel, National Defense University named after the First President of the Republic of Kazakhstan – Elbasy, Astana, Kazakhstan, berdibekovat777@mail.ru

Alisher Aden, research associate, Institute of Information and Computation Technologies CS MES RK, Center for innovative development "Tumar" LLP, Almaty, Kazakhstan, adenov_97@bk.ru

Gani Balbaev, PhD, researcher, Center for innovative development "Tumar" LLP, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, gani_b@mail.ru

Nurdaulet Isimov, PhD, Head of the Department of REET, employee, Turan University, Center for innovative development "Tumar" LLP, Almaty, Kazakhstan, n.issimov@turan-edu.kz

TELEMETRY SYSTEM FOR HIGH-SPEED COMBAT AIRCRAFT

Annotation. Due to the fact that telemetry systems are created separately for each complex system, an analysis of existing telemetry systems was carried out to identify key technological solutions. the development of a telemetry system for high-speed combat aircraft requires a thorough and comprehensive analysis of all aspects of its creation: from retrospective analysis to analysis of the latest technologies of telemetry systems to identify key technological solutions and application to the system being developed and analysis of the methodological base of research. The paper provides a detailed overview of the historical aspects of the development of rocket radio telemetry, the latest technologies for building telemetry systems, including hardware, examples of the implementation of various telemetry systems, features of operational logic, principles of operation of a terrestrial network of telemetry information. The authors also considered the main factors and indicators affecting the performance of telemetry information control centers, the characteristics of telemetry and command-rangefinder information, the tasks performed by the telemetry system, identified the main aspects of building modern telemetry systems. The creation of a telemetry system for high-speed combat aircraft and ensuring prompt and reliable receipt of estimates of the technical condition of rockets in automated analysis complexes that are robust to regular and non-standard changes in the operating modes of on-board systems and aggregates should be carried out taking into account achievements in applied information theory and advanced computing technology. The development of electronics, the development of new algorithms and methods of data processing, the trend towards automation and remote control of various processes contributes to the continuous improvement and modernization of telemetry systems. The authors substantiate the uniqueness of each created telemetry system and give recommendations for its creation.

Keywords. Telemetry, telemetry system, control center, telemetry indicators, on-board equipment, sensor, transmission and processing of information.

****

Подписано в печать 23.12.2022 г. Формат 70х100 $^{1}/_{16}$
Объем 584 стр. Заказ № . Тираж 500 экз.
Бумага офсетная 80 г.
Отпечатано в Издательском центре АЛТ
Адрес: г. Алматы, ул. Мауленова, 110