



**BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERING**

tel.: (+359 2) 979 3288 e-mail: office_iche@bas.bg

Acad. G. Bonchev Str., Bl. 103, 1113, Sofia

Al-Farabi Kazakh National University
Faculty of Physics and Technology
Department of Thermal Physics and Technical Physics

CO-SUPERVISOR REPORT FOR THE PH.D. THESIS

Name: **Kalassov Nurdaulet**

Title: **Gas separation in integrated membrane bioreactor to produce fuel used in thermal power plants**

Specialty: **«6D071700 – Thermal power engineering»**

The biohydrogen produced by dark fermentation generates a gaseous mixture consisting mainly of H_2 (hydrogen) and CO_2 (carbon dioxide) and liquid wastewater with significant amounts of volatile fatty acids. Therefore, subsequent methods after the production stage should have at least two goals:

- hydrogen gas must be purified to be an effective feedstock in fuel cells;
- Effluent needs further treatment or use due to its residual and usable organic matter. In fact, in order to improve the quality of biohydrogen, CO_2 must be removed and converted into other bioproducts.

That is why the topic of dissertation work on obtaining environmentally friendly and cheap hydrogen is definitely relevant.

The study aims to develop a model of hydrodynamics and mass transfer of the gas separation process in integrated membrane bioreactors to provide thermal power plants with environmentally friendly and high-calorie fuel.

In the thesis work of Kalassov Nurdaulet, the main hydrodynamic model of horizontal flow of hydrogen and carbon dioxide mixtures through a porous membrane in laminar mode was created, and the analytical calculation method of the mass transfer coefficient was developed. As a result, it was observed that the mass transfer coefficient decreases along the length of the channel, and the thickness of the concentration polarization layer increases along the length of the channel.

The stationary two-dimensional flow of a binary mixture of H_2 and CO_2 in a channel bounded by two parallel membranes filled with spacers was solved using

the $k-\omega$ turbulence model, capable of describing turbulence for small Reynolds numbers and calculating near-wall turbulence without introducing special functions. As a result, it was observed that due to mixing caused by the vortex behind the separators, concentration polarization leads to a thinning of the thickness of the boundary layer.

At the same time, using the hydrodynamic model, the average tangential stress along the length of the membrane channel was obtained using the ANSYS Fluent program, and due to the mixing caused by the vortex behind the spacers, it was found that the average value of the Sherwood number in the case of spacers is 1.5 times higher than in the case without spacers.

The work of Kalassov Nurdaulet has been published in two journals and conferences, as listed below

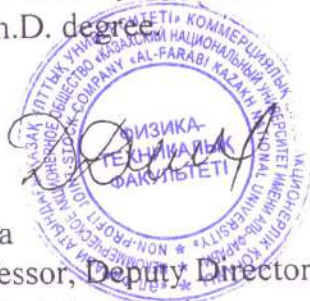
1. Kalassov N.B., Dzhonova D., Tsibranska I., Panyovska S., Manatbayev R.K., Application of Integrated Membrane Bioreactors In Renewable Energy Industry. Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 2020, 55(2), P. 314–323.
2. Каласов Н.Б., Манатбаев Р.К., Джонова Д., Гидродинамическое моделирование поперечного потока процессов мембранной сепарации. «ВЕСТНИК» Национальной инженерной академии Республики Казахстан, № 1(75), 2020 г.
3. Kalassov N.B. Dzhonova D., Tsibranska I., Panyovska S., Manatbayev R.K., Application of integrated membrane bioreactors in renewable energy industry // “Sustainable Processes, Sustainable Systems, Sustainable Environment” Seminar organized by the institute of Chemical Engineering on the occasion of the 150th anniversary of the Bulgarian Academy of Science, Sofia, Bulgaria. 2019. P. 41.
4. Panyovska S., Dzhonova D., Tsibranska I. Kalassov N.B., Manatbayev R.K., CFD modelling of mass transfer through a membrane // “Sustainable Processes, Sustainable Systems, Sustainable Environment” Seminar organized by the institute of Chemical Engineering on the occasion of the 150th anniversary of the Bulgarian Academy of Science, Sofia, Bulgaria. 2019. P. 24.

As part of his Ph.D. work, Kalassov Nurdaulet has visited my laboratory at the Institute of Chemical Engineering, and he has shown outstanding commitment and hard work to do his research work, I was very pleased with his presence at our laboratory.

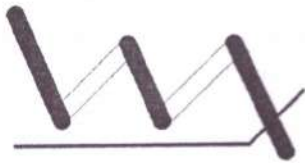
In conclusion, the Ph.D. thesis presented by Kalassov Nurdaulet: **Gas separation in integrated membrane bioreactor to produce fuel used in thermal power plants**, presented for the degree of Doctor of Philosophy (Ph.D.)

has the scientific novelty, practical significance, and original contribution required for the Ph.D. degree

Best regards,



Daniela Dzhonova
PhD, Assoc. Professor, Deputy Director
Institute of Chemical Engineering,
Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria



БОЛГАРИЯ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ
ИНЖЕНЕРЛІК ХИМИЯ ИНСТИТУТЫ

тел: (+359 2) 979 3288

электрондық пошта: office_iche@bas.bg
Акад. Г. Бончев көш., 103, 1113, София

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті
Физика-техникалық факультеті
Жылуфизика және техникалық физика кафедрасы

Докторлық диссертация бойынша шетелдік ғылыми жетекшінің пікірі

Аты-жөні: **Қаласов Нұрдәулет**

Тақырыбы: **Жылу энергетикалық қондырғыларда пайдаланылатын отынды алу үшін интегралдық мембраналық биореактордағы газдарды бөлу**

Мамандығы: **«6D071700 - Жылу энергетикасы»**

Қараңғы ашыту нәтижесінде пайда болған сутек, негізінен H_2 (сутек) және CO_2 (көмірқышқыл газы) газ қоспасын және айтарлықтай мөлшерде ұшпа май қышқылдары бар сұйық ағынды суларды шығарады. Сондықтан өндіріс сатысынан кейінгі әдістер кем дегенде екі мақсатқа ие болуы керек:

- сутек газын отын элементтерінде тиімді бастапқы материал болу үшін тазарту керек;

–ағынды сулар қалдық және органикалық заттарға байланысты одан әрі өңдеуді немесе пайдалануды қажет етеді. Шын мәнінде, сутек сапасын жақсарту үшін CO_2 алынып, басқа биоөнімдерге айналдырылуы керек.

Сондықтан экологиялық таза және арзан сутек алу бойынша диссертациялық жұмыстың тақырыбы сөзсіз өзекті болып табылады.

Зерттеудің мақсаты - жылу энергетикалық қондырғысын экологиялық таза және жоғары калориялы отынмен қамтамасыз ету үшін, интегралдық мембраналық биореакторлардағы газдарды бөлу процесінің гидродинамикалық және масса тасымалдау моделін құрастыру.

Қаласов Нұрдәулеттің диссертациялық жұмысында, сутек және көмірқышқыл газ қоспаларының кеуекті мембрана арқылы көлденең ағынның ламинарлы режимде негізгі гидродинамикалық моделі жасалып, масса тасымалдау коэффициентінің аналитикалық есептеу әдістемесі әзірленген. Нәтижесінде канал ұзындығы бойынша масса тасымалдау коэффициенті төмендейтіні, ал канал ұзындығы бойынша концентрациялық поляризация қабатының қалыңдығы жоғарылайтыны байқалған.

Аралық бөлгіштермен толтырылған екі параллель мембранамен шектелген каналдағы H_2 және CO_2 бинарлық қоспасының стационарлық екі өлшемді ағыны, Рейнольдстің төмен мәндері үшін турбуленттілікті сипаттауға және арнайы функцияларды енгізбестен қабырғаға жақын турбуленттілікті есептеуге қабілетті $k-\omega$ турбулентті моделінің көмегімен шешілді. Нәтижесінде, аралық бөлгіштердің артында құйынның әсерінен пайда болатын араласуға байланысты, концентрациялық поляризациялық шекаралық қабат қалыңдығының жұқаратындығы анықталған.

Гидродинамикалық модель көмегімен ANSYS Fluent бағдарламасы арқылы мембраналық канал ұзындығы бойынша орташа тангенциалды кернеу алынып, аралық бөлгіштердің артында құйынның әсерінен пайда болатын араласуға байланысты, аралық бөлгіштер жағдайында Шервуд санының орташа мәні бөлгішсіз жағдайға карағанда 1.5 есе жоғары болатыны анықталған.

Нұрдәулет Қаласовтың жұмысы төменде келтірілген екі журнал мен конференцияда жарияланды

1. Kalassov N.B., Dzhonova D., Tsibranska I., Panyovska S., Manatbayev R.K., Application of Integrated Membrane Bioreactors In Renewable Energy Industry. Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 2020, 55(2), P. 314–323.
2. Каласов Н.Б., Манатбаев Р.К., Джонова Д., Гидродинамическое моделирование поперечного потока процессов мембранной сепарации. «ВЕСТНИК» Национальной инженерной академии Республики Казахстан, № 1(75), 2020 г.
3. Kalassov N.B. Dzhonova D., Tsibranska I., Panyovska S., Manatbayev R.K., Application of integrated membrane bioreactors in renewable energy industry // “Sustainable Processes, Sustainable Systems, Sustainable Environment” Seminar organized by the institute of Chemical Engineering on the occasion of the 150th anniversary of the Bulgarian Academy of Science, Sofia, Bulgaria. 2019. P. 41.
4. Panyovska S., Dzhonova D., Tsibranska I. Kalassov N.B., Manatbayev R.K., CFD modelling of mass transfer through a membrane // “Sustainable Processes, Sustainable Systems, Sustainable Environment” Seminar organized by the institute of Chemical Engineering on the occasion of the 150th anniversary of the Bulgarian Academy of Science, Sofia, Bulgaria. 2019. P. 24.

Қаласов Нұрдәулет өзінің докторлық жұмысы аясында Инженерлік Химия Институтындағы менің зертханамда болды және ол өзінің зерттеу жұмысын орындауда зор табандылық пен еңбекқорлықты көрсетті, мен оның біздің зертханада қатысуына өте риза болдым.

Қорытындылай келе, Каласов Нұрдәулет философия докторы (Ph. D.) ғылымидәрежесін алу үшін ұсынылған « Жылу энергетикалық қондырғыларда

пайдаланылатын отынды алу үшін интегралдық мембраналық биореактордағы газдарды бөлу» тақырыбындағы үміткердің диссертациясының философия докторы ғылыми дәрежесін беру үшін қажетті ғылыми жаңалығы, практикалық маңыздылығы және бірегей үлесі бар екенін атап өту керек.

Құрметпен,

Даниела Джонова

PhD, Қауымдастырылған Профессор, Директор Орынбасары
Инженерлік Химия Институты,
Болгария Ғылым Академиясы, София, Болгария



Мен, **Кенжетаева Диана Серикболовна**, ИИН 890416450513, (төл құжат № 037494459, Қазақстан Республикасының Ішкі Істер Министрлігімен, 02.02.2015 жылы берілген, 01.02.2025 жылға дейін жарамды), бұл құжат түпнұсқалығына сәйкестігін және дұрыс аударғандығына қолымды қойып растаймын.

Қолы: *Кенжетаева Диана Серикболовна*

ИП «TRANSLATION SERVICES PRO»
ЖСН/ИИН 890416450513
Кенжетаева Диана
Аудармашы/Переводчик
Сот: +7 747 580 89 48

«жиырма бесінші» қараша 2022 жылы, мен **Мусатаева Айгерим Мақсатқызы**, Қазақстан Республикасы Әділет министрлігінің берілген №21015147-саны 15 сәуірде 2021 жылы лицензиясының негізінде әрекет жасаушы Алматы қаласы нотариусы аудармашының **Кенжетаева Диана Серикболовна** қолының түпнұсқалығын куәландырамын. Аудармашының жеке басы анықталды, әрекет қабілеттілігі және өкілеттілігі тексерілді.

Тізілімде № *1768* тіркелді

Өндірілді

Нотариус



Немірленген және
Саулықталған
Нотариус



ET8007106221125144830E988270

Нотариаттық іс-әрекеттің бірегей немірі / Уникальный номер нотариального действия