

## ХАБИДОЛДА ОМИРХАН

### ЖАРЫҚШАҚҚА ҰҚСАС АҚАУЛАРЫ БАР ҚҰРЫЛЫС КОНСТРУКЦИЯЛАРЫ ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ КЕРНЕУЛІ- ДЕФОРМАЦИЯЛЫҚ КҮЙІН ЖӘНЕ БЕРІКТІГІН БАҒАЛАУДЫ ЗЕРТТЕУ

«6D060300 - Механика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD)  
дәрежесін алу үшін дайындалған диссертацияға

#### АҢДАТПА

**Зерттеу тақырыптың өзектілігі:** Қазақстанның әлемдегі бәсекеге барынша қабілетті және серпінді дамып келе жатқан елдердің қатарына кіруі құрылыс саласын қарқынды дамытуды талап етеді. Бұл міндет ұлттық бағдарлама мәртебесін алды. Инновациялық технологиялар негізінде жұмыс істейтін жаңа өнеркәсіп кәсіпорындарын қарқынды салу, елді индустрияландыру және экономиканы шикізатқа тәуелділіктен босату арқылы қойылған мақсатқа қол жеткізуге мүмкіндік береді. Қойылған міндеттерді шешу, сондай-ақ жұмыс істеп тұрған кәсіпорындардың басым бөлігін, тұрғын үй қорын, қоғамдық және өндірістік ғимараттар мен инженерлік құрылыстарды жедел жаңартуды талап етуде.

Қазіргі уақытта елде құрылыс жұмыстарының ауқымды көлемі жүргізіліп жатқандығы анық. Оларды жүзеге асыру барысында металл, бетон және темірбетон конструкциялары кеңінен қолданылады. Құрылыс жүйесінде құрылыс конструкциялары элементтерінің кернеулі-деформацияланған күйін зерттеу, құрылыс жобаларын дамыту, әртүрлі ақауы бар конструкцияларды есептеу өте маңызды мәселе болып табылады. Салынып жатқан ғимараттардың жоғары сапасы мен беріктігін қамтамасыз ету, техникалық тұрғыдан ғана емес, экономикалық жағынан тиімді болады. Сондықтан құрылыс нысандарының техникалық жағдайын тиімді пайдалану, нақты бағалау құрылыс конструкцияларын есептеу әдістерін жетілдірумен тығыз байланысты.

**Диссертация жұмыстың мақсаты** жарықшақ (сызат) тәрізді ақаулары бар құрылыс конструкциялары элементтерінің кернеулі-деформацияланған күйін зерттеу және осы негізде олардың жұмыс қабілеттілігін (беріктігін, жарықшаққа төзімділігін және пайдалануға жарамдылығын) бағалау әдістемесін жетілдіру болып табылады.

#### **Зерттеу міндеттері:**

1. Арматураны алдын ала керу кезінде темірбетон элементтерінің кернеулі күйін сызықтық емес аналитикалық есептеу әдістемесін әзірлеу.

2. Жоспарланған көп факторлы компьютерлік эксперименттер мен регрессиялық талдау негізінде тікбұрышты қиманың алдын ала кернелген темірбетон элементтерінің кернеулі күйінің параметрлерін анықтау үшін математикалық модель құру.

3. Жарықшақтың ұзындығын анықтауға және осы негізде жарықшақтың

пайда болу моментін анықтау әдістемесін жетілдіруге мүмкіндік беретін иілетін темірбетон арқалықтарының кернеулі күйін есептеудің аналитикалық әдісін әзірлеу.

4. Жоспарланған эксперименттер мен регрессиялық талдау негізінде жарықтары бар тік бұрышты қималы иілетін темірбетон арқалықтарының кернеулі күйінің параметрлерін анықтау үшін математикалық модель құру.

5. Регрессиялық тәуелділік түрінде нәтижелер ұсына отырып, жарықшақтары бар конструкциялардың металл элементтеріндегі қирау механикасының параметрлерін анықтау және жарықшақ тәрізді ақаулары бар иілетін темірбетон элементтеріндегі кернеулердің қарқындылық коэффициентін анықтау.

6. Жарықшақ тәрізді ақаулары бар құрылыс конструкциялары элементтерінің беріктігі мен жарамдылығын бағалау әдістемесін әзірлеу.

**Зерттеу объектісі.** Жарықшақ тәрізді ақаулары бар құрылыс конструкциялары элементтері.

**Зерттеу пәні.** Жарықшақ тәрізді ақаулары бар құрылыс конструкциялары элементтерінің кернеулі-деформацияланған күйін және беріктігін бағалау.

**Зерттеу әдістері:** Алдымен арматураны алдын ала керу кезінде темірбетон элементтерінің кернеулі күйінің параметрлерін анықтау керек болды. Ол үшін қарастырылып отырған арқалық қима әдісі бойынша кесіледі. Одан әрі арқалықтың қимасындағы ішкі күштердің тепе-теңдігінен екі теңдеу құрылады:

- арқалықтың осіне түсетін күштердің қосындысы нөлге тең;
- қималардағы нөлдік сызыққа қатысты күш моменттерінің қосындысы нөлге тең.

Бұл жағдайда жазық қималардың гипотезасы қабылданады. Жарықшақ қимасында деформациялардың сызықтық диаграммасы арқалықтың ұзындығы бойымен деформацияның біркелкі еместігін ескере отырып өзгереді. Бетондағы кернеу мен деформация арасындағы сызықтық емес қатынасты сипаттау үшін экспоненциалды заң қолданылады. Негізгі белгісіз міндеттер үшін бетонның сығылған аймағының биіктігі және жарықшақтың үстіндегі созылған аймақтың ұзындығы алынады. Жарықшақ болмаған жағдайда екінші белгісіз ретінде бетондағы максималды (шеттік) созылу кернеуі қабылданады. Бұл белгісіздер екі тепе-теңдік теңдеуінен тұрады. Осы параметрлер арқылы жазық қима гипотезасын және деформация заңын қолдану арқылы кернеудің барлық параметрлері анықталады: бетондағы максималды сығу кернеуі, арматурадағы кернеу, жарықшақ ұзындығы, бетондағы максималды созылу кернеуі және жарықшақтың ашылу ені.

Темірбетон арқалықтарының кернеулі-деформацияланған күйін сандық есептеулер үшін ақырлы элементер әдісі негізінде құрылған мамандандырылған ПК LIRA бағдарламасы қолданылады. Бетондағы деформация мен кернеу арасындағы сызықты емес байланысты ескере отырып, арқалықтың шекті элементтері қолданылады. Шешім барысында әр кадамда итерациялық процесті қолдана отырып, кадамдық жүктеу әдісі

қолданылады. Сонымен қатар, бетонның созылу беріктігінен асатын кернеулері бар аймақтарды дәйекті түрде алып тастау көлденең қимадағы жарықшақтың ұзындығын анықтауға мүмкіндік береді.

Кернеу күйі параметрлерінің серпімді жүйенің параметрлеріне тәуелділігін алу үшін көп факторлы компьютерлік экспериментті ұтымды жоспарлау матрицасы жасалды. Осы жоспарға сәйкес иілетін тікбұрышты арқалықтар үшін компьютерлік эксперименттер жүргізіледі. ANETR дәстүрлі емес регрессиялық талдау бағдарламасы бойынша эксперименттердің нәтижелерін өңдеу арқылы кернеу күйінің параметрлерінің аналитикалық тәуелділігі, сондай-ақ әр түрлі параметрлерден жарықшақтың ашылу ұзындығы мен ені алынды.

#### **Диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңалығы:**

- сызықтық емес қойылымда арматураны алдын-ала керу кезінде темірбетон элементтерінің кернеулі күйін аналитикалық есептеу әдістемесін әзірлеуде;
- жарықшақтары бар иілетін темірбетон арқалықтарының кернеулі жағдайын есептеудің аналитикалық әдісін және жарықшақтың пайда болу моментін анықтау әдістемесін жетілдіруде;
- алдын-ала кернеулерді, тікбұрышты қималы иілетін темірбетон элементтерінің кернеу күйінің параметрлерін, соның ішінде жарықшақтың ашылуының ұзындығы мен енін анықтау үшін барабар математикалық модель құруда;
- иілетін темірбетон элементтерінде кернеудің қарқындылық коэффициентін (КҚК) есептеу моделін құрып және анықтауда;
- сызаттары бар құрылыс конструкцияларының беріктігі мен эксплуатациялау жарамдылығын бағалау әдістемесін жетілдіруде.

Ғылыми ережелер мен тұжырымдардың негізділігі және сенімділігі барлық шешілетін мәселелердің дұрыс қойылуымен, деформацияланатын қатты дене механикасының заманауи әдістерін және қолданбалы математикалық талдауды қолданумен, нәтижелерді қатаң логикалық математикалық есептеулерді қолдана отырып көрсетумен, компьютерде модельдеумен, алынған нәтижелердің дәйектілігі мен сенімділігімен және оларды басқа авторлардың тестілік есептерінің шешімі бар нәтижелерімен салыстыру арқылы расталады.

#### **Нәтижелердің теориялық және тәжірибелік құндылығы.**

1. Аналитикалық есептеудің әзірленген әдісі және алдын-ала керілген арматураның кернеуін анықтау үшін алынған регрессиялық тәуелділіктер темірбетон құрылымдық элементтерінің нақты техникалық жағдайын бағалауға және бұл нәтижелер алдын-ала кернеулі элементтерді өндіруде арматураның максималды кернеуін таңдауға мүмкіндік береді.
2. Әзірленген аналитикалық әдіс және жарықшақтары бар иілетін темірбетон арқалықтарының кернеулі күйінің параметрлерін анықтау үшін алынған регрессиялық тәуелділіктер осы конструкциялық элементтердің беріктігі мен жарамдылығын бағалауға мүмкіндік береді.

3. Құрылған есептеу моделі жарықтары бар иілетін темірбетон арқалықтарындағы қирау механикасының параметрлерін аналитикалық түрде анықтауға мүмкіндік береді.
4. КҚК үшін жұмыста алынған регрессиялық тәуелділіктер бағдарламалық кешендерді қолданбай конструкцияның жарыққа төзімділігін бағалауға мүмкіндік береді.
5. Сонымен қатар жарықшақ тәрізді ақаулары бар құрылыс конструкцияларының беріктігі мен жарамдылығын бағалаудың инженерлік әдістемесі әзірленді.

**Жұмыс апробациясы.** Жұмыстың негізгі нәтижелері келесі іс-шараларда баяндалды және талқыланды:

- 7th International Symposium Actual Problems of Computational Simulation in Civil Engineering, APSCSE 2018, Novosibirsk, Russian Federation. (1-8 July 2018). – United Kingdom, 2018. – Volume 456, – Issue 1. – P. 1-7;
- Международная IX научно-практическая конференция «Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения» (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Россия, 11-12 октября 2018) // /под ред. А.В. Улыбина. – СПб. Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – С. 148-159;
- «Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы – Ұлт жоспарын жүзеге асырудың негізі» (Сағынов оқулары Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы 14-15 маусым 2019ж.) // ҚарМТУ. – Қарағанды, –4 бөлім. – Б. 357-359;
- «Математика, механика және информатиканың теориялық қолданбалы мәселелері» Халықаралық ғылыми конференция (ҚарМУ, Қарағанды, 12-13 шілде 2019ж.);
- 2nd International Conference on Civil Engineering and Architecture, ICCEA 2019; Seoul; South Korea, (21-23 September). IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Volume 690. – Issue 1. – No 012002;
- әл-Фараби атындағы ҚазҰУ механика-математика факультетінде өткен ғылыми семинарлар (2016-2019 ж., Алматы).

#### **Мақалалар.**

Диссертация тақырыбы бойынша автордың 10 ғылыми мақаласы жарияланған, оның ішінде ҚР БҒМ Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған тізбеге кіретін ғылыми басылымдарда 3 мақала; халықаралық конференциялардың ғылыми журналдары мен еңбектерінде 5 жарияланым, 1 ғылыми мақала Scopus деректер базасымен индекстелетін нөлдік емес импакт-фактормен (CiteScore - 79-перцентиль, Q2) баспаға шыққан; отандық халықаралық ғылыми конференциялардың еңбектерінде 2 жарияланым шығарылған.

#### **Автордың жеке үлесі.**

Диссертациялық жұмыста баяндалған зерттеулердің негізгі нәтижелерін автор деформацияланатын қатты денелер механикасының зерттелетін саласындағы қазіргі кездегі ғылыми жұмыстардың талдауын ескере отырып өздігінен алды.

**Диссертация құрылымы мен көлемі.** Диссертациялық жұмыс титулдық беттен, мазмұнынан, белгілеулер мен қысқартулардан, кіріспе және төрт бөлім мен нәтижелерді қолдануға ұсыныстардан, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Диссертацияның жалпы көлемі 190 бет, оның ішінде 38 сурет пен 25 кесте бар.

**Диссертацияның негізгі мазмұны.**

Кіріспеде келесі жайттар көрсетілген: диссертациялық зерттеу тақырыбының өзектілігі, жұмыстың негізгі мақсаты, зерттеу нысаны мен әдістері, диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңалығы, ғылыми-тәжірибелік маңыздылығы, оның әзірлену дәрежесі.

**Бірінші тарауда** жарық тәрізді ақаулары бар денелерді есептеу бойынша жұмыстарға шолу жасалады. Металл конструкциялар мен темірбетон құрылымдарына баса назар аударылады. Темірбетон конструкцияларын есептеудің қолданыстағы әдістеріне талдау жасалды. Жұмыс критерийлерін анықтау үшін есептеу әдістері талданды.

Жарықшақтарды анықтау мен өлшеудің қолданыстағы аспаптық әдістері де көрсетілген.

Есептеудің аналитикалық әдістерімен қатар құрылыс конструкциясының жарықтары бар кернеулі-деформацияланған күйін анықтау және қирау механикасының параметрлерін есептеу үшін ақырлы элементтер әдісін қолдану қажеттілігі негізделген. Сызаттармен иілетін темірбетон конструкцияларының кернеулі жағдайын зерттеу үшін ПК ЛИРА, ал ANSYS бағдарламасы қирау механикасының параметрлерін анықтау үшін қолданылады.

**Екінші тарау** иілетін темірбетон конструкцияларының кернеулі-деформацияланған күйін зерттеуге арналған. Басында арматураның алдын ала керілуінен темірбетон элементінің кернеулі күйі зерттелді; сондай-ақ дайындау сатысында жарықшақ пайда болатын арматураның алдын ала керілуінің шекті мәні анықталды.

Лира бағдарламасын қолдана отырып, тікбұрышты қиманың темірбетон элементтеріндегі алдын-ала кернеулерді анықтау үшін көп факторлы компьютерлік эксперименттер ұтымды жоспарланған және жүргізілген. ANETR дәстүрлі емес регрессиялық талдау бағдарламасы бойынша эксперименттердің нәтижелерін өңдеу арқылы В25 және В40 класты темірбетон элементтеріндегі алдын-ала кернеулерді анықтау үшін аналитикалық өрнектер алынды.

Сызаттардың пайда болу моментін анықтаудың жаңа әдісі ұсынылған, ол кернеулі күйдің барлық параметрлерін, соның ішінде жарықшақтың ұзындығын анықтауға мүмкіндік беретін иілген темірбетон арқалықтарын есептеудің бастапқы аналитикалық әдісін жасайды.

ЛИРА бағдарламасы көмегімен ақырлы элементтер әдісі негізінде иілетін темірбетон арқалықтарының кернеулі-деформацияланған күйін сандық әдістермен шешу әдісі ұсынылған. Рационалды жоспарлау матрицалары құрастырылды және В25 және В40 бетондарынан жасалған тікбұрышты арқалықтардағы кернеу күйін анықтау үшін компьютерлік

эксперименттер жүргізілді. ANETR бағдарламасы бойынша жүргізілген тәжірибелердің нәтижелерін өңдеу арқылы кернеулі күй параметрлерінің серпімді жүйенің түрленетін факторларына регрессиялық тәуелділігі алынды.

**Үшінші тарауда** ақырлы элементтер әдісімен модельдеу нәтижелерін қолдана отырып, қирау механикасының параметрлерін автоматтандырылған есептеу әдісі көрсетілген; ANSYS компьютерік бағдарламасын қолдана отырып, жарықшақтар әртүрлі орналасқан тікбұрышты өлшемді пластиналар үшін қирау механикасының жазық есептері шешілді. Сызықтық және сызықты емес құрылымда иілетін темірбетон арқалықтардың тікбұрышты қимасында КҚК анықтау мәселесінің жуықты аналитикалық шешімі жасалды.

**Төртінші тарау** құрылыс конструкциялары элементтерінің жарыққа төзімділігін бағалауға арналған. Барлық критерийлер үшін сыну кернеуін және жарықшақтың критикалық ұзындығын анықтау үшін тәуелділіктер алынып, материалдардың қирау диаграммалары тұрғызылған.

Жарықшаққа төзімділікті есептеудің әртүрлі тәсілдерін жалпылау негізінде жарықшақ тәрізді ақаулары бар металл конструкцияларын беріктік есептеу әдістемесі жетілдірілді және осы диссертациялық жұмыстың негізгі ғылыми-зерттеу және қолданбалы нәтижелерін көрсететін жарықтармен темірбетон конструкцияларын есептеу бойынша ұсыныстар жасалды.