

Шаншабаев Нұржан Асқарбекұлының
8D074 – Су шаруашылығы мамандар даярлау бағытының 8D07411 –
«Гидротехникалық құрылыс және құрылымдар» білім беру бағдарламасы
бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін
«Пирамидалдық-призмалы қадалардың конструкциясын әзірлеу және олардың
гидротехникалық құралымдардың жеке тұрған іргетастарын орнату үшін жүк
көтеру қабілетін бағалау» тақырыбы бойынша дайындалған
диссертациялық жұмысына
АНДАТПА

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Көп жағдайда гидротехникалық құрылымдар (су құбырлары, сел құбырлары, дюкерлер, құбырлар, тіреу қабырғалары, сорғы станциялары және т.б.) күрделі инженерлік-геологиялық, гидрогеологиялық және бедерлі жағдайларда (құрылымдық тұрақсыз топырақтарда, жер асты суларының деңгейі жоғары алаңдарда, беткейлерде, жыраларда, өзен арналарында, жер асты сулары бар учаскелерде) салынады және пайдаланылады. Сондықтан бұл құрылымдардың тұрақтылығы мен беріктігі көбіне олардың негіздері мен іргетастарының беріктігі мен сенімділігіне байланысты. Әдетте, қарастырылып отырған жағдайларда гидротехникалық құрылыстарды тұрғызу материалдық, қаржылық және еңбек шығындарының өсуімен қатар жүреді. Бұл шығындардың едәуір бөлігі олардың негіздері мен іргетастарының құрылысына тиесілі. Сондықтан гидротехникалық құрылыста жүк көтергіштігі жағынан да, құрылыс құны бойынша да тиімді іргетас құрылымдарын қолданған жөн. Мұндай геотехникалық құрылымдарға, әдетте, қағылмалы қадалардан жасалған қадалы іргетастар жатады. Бірқатар жағдайларда мұндай қадалар әлсіз топырақтарда салынған құрылымдар үшін ең ұтымды шешім болып табылады.

Қадалы іргетастар гидротехникалық бағыттағы ғимараттар мен құрылымдарды орнататын іргетастардың бір түрі болып табылады. Гидротехникалық құрылыс тәжірибесінде негізінен әртүрлі бойлық пішінді қадалардан жасалған қадалар қолданылады. Олардың ішінде призмалық және пирамидалық қадалар жиі қолданыс тапқан. Пирамидалық қадалар, олардың бүйір беттерінің көлбеу бұрышына байланысты, жүк көтергіштігі бойынша призмалық қадаларға қарағанда 1,35-2,5 есе жақсы. Бірақ, пирамидалық қадаларды батыруға арналған қағудың энергия шығындары 2-3 есе жоғары, бұл оларды қағу мерзімінің ұзақтығымен және жабдықтардың тозуымен сипатталады. Сондықтан призмалық қадалар пирамидалық қадаларға қарағанда төмен энергия сыйымдылығымен және қағу мерзімінің қысқалығымен ерекшеленеді. Призмалық және пирамидалық қадалардың қолданыстағы артықшылықтарын пайдалану үшін діңгегінің бір бөлігі призматикалық, ал екінші бөлігі пирамидалық пішінді болатын қаданың жаңа түрін жасаған жөн. Сонымен қатар, қада діңгегінің жоғарғы бөлігі пирамидалы, ал төменгі бөлігі призматикалық болуы керек. Қада діңгегінің геометриялық пішіндерінің мұндай құрылымы дәстүрлі түрде жердің жоғарғы қабатында жатқан әлсіз топырақты тиімді тығыздауды қамтамасыз етеді.

Қазіргі уақытта қадалар геотехникасында және гидротехникалық құрылыста мұндай іргетас құрылымдары жоқ, сондықтан оларды әзірлеудің және статикалық жүктемелер кезінде жүк көтеру қабілетін зерттеу жұмыстарының өзектілігін айқындайды.

Зерттеудің мақсаты пирамидалық-призмалық қадалардың конструкцияларын әзірлеу және статикалық жүктемелер кезінде олардың жүк көтергіштігін бағалау.

Қойылған мақсатқа сүйене отырып, келесі **зерттеу міндеттері** айқындалды:

- пирамидалық-призмалық қадаларды қағу кезінде топырақ қабатының деформациялану ерекшеліктерін зерттеу;
- пирамидалық-призмалық қадалардың қысу, суыру және көлденең статикалық жүктемелердің әсер ету кезіндегі жұмыс ерекшеліктерін зерттеу;
- қадалардың пирамидалық учаскесінің өлшемдерінің топырақтың түріне, қадалардың энергия сыйымдылығы мен жүк көтергіштігіне әсерін бағалау;
- гидротехникалық мақсаттағы ғимараттар мен құрылымдардың іргетастары ретінде пирамидалды-призмалық қадаларды қолдану бойынша ұсыныстар әзірлеу;
- қадаларды өндірістік жағдайда дайындау үшін олардың номенклатурасы мен жұмыс сызбаларын әзірлеу.

Зерттеу нысаны – темірбетонды пирамидалды-призмалық қадалар.

Зерттеу пәні ретінде топырақтың деформациясы, пирамидалық-призмалық қадаларды қағудың энергия сыйымдылығы, сондай-ақ олардың статикалық жүктемелердің әсеріне төзімділігі болып табылады.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы келесідей:

- пирамидалық-призмалық қадалар конструкциясы әзірленді (қадалар 05.12.18 ж. ҚР №4521 пайдалы модель патентімен қорғалған);
- пирамидалды-призмалық қадаларды қағу кезінде топырақтың деформацияланған аймағының пішіні мен мөлшерінің өзгеру заңдылықтары анықталды;
- призматикалық және пирамидалық қадалармен салыстырғанда тәжірибелі қадалардың қағу ерекшелігі, энергия сыйымдылығы және жүк көтергіштігі бағаланды;
- қаданың пирамидалық бөлігінің ұзындығының, сондай-ақ оның жоғарғы қимасының өлшемдерінің оны қағу ерекшелігіне, қағудың энергия сыйымдылығына және жүк көтергіштігіне әсері анықталды;
- пирамидалық-призмалық қадалардың қысу және суыру жүктемелері кезіндегі жүк көтергіш қабілетін анықтау әдістері, сондай-ақ қадалардың көлденең жүктеме кедергісін есептеу бойынша ұсыныстар әзірленді;
- пирамидалық-призмалық қадалардың номенклатурасы мен жұмыс сызбалары және оларды гидротехникалық мақсаттағы ғимараттар мен құрылыстардың іргетастарын салу кезінде қолдану бойынша ұсыныстар жасалды.

Жұмыстың тәжірибелік маңыздылығы. Эксперименттік зерттеулердің нәтижелері, сондай-ақ әзірленген әдістер мен ұсыныстар Р-1-24 "Пирамидалық-

призмалық қадалардан іргетастарды жобалау және орналастыру бойынша ұсыныстар" құрамына енгізілді. Ұсыныстарды қолдану гидротехникалық нысандардың іргетастары үшін пирамидалық-призмалық қадаларды тиімді жобалауға, яғни оларды гидротехникалық құрылыс тәжірибесінде пайдалануға мүмкіндік береді. Пирамидалық-призмалық қадалардың призмалық қадалармен салыстырғанда жүк көтергіштігінің жоғарылауы гидротехникалық мақсаттағы ғимараттар мен құрылыстар іргетастарының құрамындағы қадалардың санын немесе олардың ұзындығын қысқарту есебінен гидротехникалық құрылыста арматура мен бетон шығынын азайтуға мүмкіндік береді.

Өндірістік жағдайларда тәжірибелік қадаларды дайындау бойынша келесі техникалық құжаттамалар әзірленіп, бекітілді:

- Альбом №1. Жұмыс сызбалары. «Пирамидалық-призмалық темірбетон қадалары. Кернеусіз арматурасы бар тұтас қималы қадалар»;

- Альбом №2. Жұмыс сызбалары. «Пирамидалық-призмалық темірбетон қадалары. Кернелген арматурасы бар тұтас қималы қадалар».

Аталған құжаттарды қолдану гидротехникалық нысандарды салу кезінде оларды пайдалану мақсатында отандық кәсіпорындарда пирамидалық-призмалық қадаларды өндіру мен шығаруды жолға қоюға мүмкіндік береді.

Зерттеу әдістемесі. Зерттеулерде: қадаларды модельдеу принциптері мен шарттары, оларды қағу үрдісі және жүктемелер кезінде жұмыс істеу ерекшеліктері; зертханалық және далалық эксперименттерді жүргізу әдістері; қадалардың жүк көтергіш қабілетін анықтау бойынша есептеулер әдістері; эксперименттік зерттеулердің нәтижелерін компьютерлік өңдеу және графикалық рәсімдеу тәсілдері; номенклатура мен жұмыс сызбаларын, сондай-ақ "ТРР-20.24" бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеу қағидалары; қадалардың жүк көтергіш қабілетін есептеу бағдарламасын жасау әдістемесі; АВС бағдарламалық кешені негізінде сметалық есептеу пайдаланылды.

Қорғауға мынадай негізгі тұжырымдар шығарылады:

- қадалардың үлгілерін қағу кезінде деформацияланған топырақ аймағының пішіні мен өлшемдерінің өзгеру заңдылықтарын белгілеу бойынша зертханалық зерттеулердің нәтижелері;

- қадаларды қағу және энергия сыйымдылығын бағалау бойынша зертханалық және далалық зерттеулердің нәтижелері;

- статикалық қысу, суыру және көлденең жүктемелердің әсерінен қадалардың төзімділігін бағалау бойынша зертханалық және далалық зерттеулердің нәтижелері;

- қысу және суыру жүктемелері кезінде қадалардың жүк көтергіш қабілетін анықтау әдістері, көлденең жүктеме кезінде қадалардың қарсылық күштерін есептеу бойынша ұсыныс;

- қадалардың жұмыс сызбалары және оларды гидротехникалық құрылыста қолдану бойынша ұсыныстар.

Диссертациялық жұмыстың ғылыми-гранттық жобалармен байланысы:

- Диссертациялық жұмыс ҚР ҒжЖБМ Ғылым комитетінің BR24992867 «Қазақстанның су шаруашылығы мен қайта өңдеу өнеркәсібін басқару және

жетілдіру үшін ресурс үнемдейтін технологияларды әзірлеу, инновациялық инжинирингтік орталығын құру» бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру гранты аясында орындалды.

Нәтижелердің қолданылуы. Диссертациялық жұмыстың негізгі тұжырымдары келесі конференциялар мен семинарларда баяндалып, талқыланды:

- "Терең қадалы іргетастар және аумақтардың геотехникалық мәселелері" Халықаралық конференциясы (Пермь ұлттық зерттеу политехникалық университеті, Пермь қ., 2021 ж.);

- "Заманауи Қазақстандағы ғылымның инновациялық дамуы мен сұранысы" жас ғалымдардың XIII Халықаралық ғылыми конференциясы (М.Х. Дулати атындағы ТарӨУ, Тараз қ., 2019 ж.);

- "Қазсушар" РМК (Тараз қ., 2019 ж.), "Қазгипроводхоз жобалау институты" ЖШС (Алматы қ., 2019 ж.), Д.А. Қонаев атындағы ҰАК филиалының (Талғар қ., 2019 ж.), "Геосервис" ПРУПП (Минск қ., 2021 ж.) және "ҚазҚСҒЗИ" АҚ ОҚФ (Тараз қ., 2019-2020 ж.) өндірістік жиналыстары;

- М.Х. Дулати атындағы ТарӨУ (жыл сайын), БрМТУ (2018-2021) және БҰТУ (2021) кафедралық семинарлары.

Жарияланымдар. Зерттеу материалдары бойынша келесі мақалалар жарияланған:

- 7 мақала – ҚР ҒжЖБМ СҚЕК ұсынған басылымдар тізбесіне енгізілген ғылыми журналдарда;

- 2 мақала – республикалық ғылыми журналдарда;

- 4 мақала – конференция материалдарының жинақтарында;

- 3 мақала – отандық және Scopus және Clarivate Analytics дерекорларына енген шетелдік журналдарда ("Periodica Polytechnica Civil Engineering", "Acta Montanistica Slovaca" және "News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences");

- ҚР пайдалы моделіне 2 патент алынды – №4521 және №4386.

Диссертациялық жұмыстың құрылымы мен көлемі. Диссертация 193 беттен тұрады, оның ішінде: кіріспеден, төрт бөлімнен, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және қосымшадан тұрады. Жұмыста 64 сурет және 48 кесте бар. Пайдаланылған әдебиеттер тізімінде 126 дереккөз бар, оның 88-і – шет тілінде.

Жұмыстың негізгі мазмұны. Диссертациялық зерттеулер гидротехникалық мақсаттағы ғимараттар мен құрылыстардың іргетастарын салу үшін тік, көлденең және суыру жүктемелерге ұшыраған кезде қадалардың батырылуы мен энергия сыйымдылығын, сондай-ақ пирамидалық-призмалық қадалардың төзімділігін эксперименттік зерттеуге бағытталған.

Диссертациялық жұмыстың кіріспесінде таңдалған ғылыми тақырыптың өзектілігі негізделеді, бұл оның зерттелетін саланың қазіргі жағдайы мен даму перспективалары үшін маңыздылығын көрсетеді. Зерттеудің мақсаттары мен міндеттері нақты тұжырымдалған, зерттеу объектісі мен пәні анықталған, бұл ғылыми бағытты белгілеуге және жүргізіліп жатқан жұмыстың шекараларын анықтауға мүмкіндік береді. Жаңа теориялық ережелерді алудан, бұрын белгілі

заңдылықтарды нақтылаудан және ғылыми білім мен практиканың дамуына ықпал ететін әдістемелік тәсілдерді әзірлеуден тұратын ғылыми жаңалыққа ерекше назар аударылады. Теориялық нәтижелерді де, қолданбалы аспектілерді де көрсететін қорғауға шығарылатын негізгі ережелер көрсетілген.

Кіріспе мәтінінде аналитикалық, эксперименттік және есептік тәсілдерді қамтитын зерттеу әдістемесі мен әдістерінің сипаттамасы, сондай-ақ нәтижелердің сенімділігі мен қайталануы тұрғысынан оларды таңдаудың негіздемесі келтірілген.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы атап өтілген, ол өзекті инженерлік және өндірістік міндеттерді шешуде алынған нәтижелерді қолдану мүмкіндігінде, сондай-ақ оларды жетілдіру үшін пайдалануда көрінеді.

Сонымен қатар, ғылыми басылымдарда және әртүрлі деңгейдегі конференцияларда алынған нәтижелерді сынақтан өткізуді растайтын автордың жарияланымдары туралы мәліметтер келтірілген. Кіріспе диссертацияның құрылымы мен көлемін сипаттаумен аяқталады, онда тараулардың, бөлімдердің, иллюстрациялық материалдар мен қосымшалардың саны көрсетілген, бұл жұмыстың құрамы мен логикасы туралы толық түсінік береді.

Бірінші тарауда гидротехникалық құрылыста қадалардың іргетастарын жобалау және қолдану мәселелеріне арналған ғылыми жұмыстардың қазіргі жағдайын жан-жақты зерттеу ұсынылған. Әртүрлі типтегі гидротехникалық құрылыстардың іргетас жүйелерінің (бөгеттер, шлюздер, су қабылдау және жағаны қорғау құрылыстары) құрылымдық шешімдері қарастырылған.

Гидротехникалық құрылыстар астындағы қадалар мен қадалар жұмыстарына байланысты отандық және шетелдік зерттеулердің нәтижелерін жалпылауға және жүйелеуге ерекше назар аударылады. Дәстүрлі призмалық қадаларға жаңа құрылымдық шешімдермен, соның ішінде пирамидалық-призмалық қадалармен салыстырмалы талдау жүргізілді, олар сумен қаныққан топырақтарда бүйірлік беттің ауданының ұлғаюы есебінен көтергіштігін арттырады.

Анықталған ғылыми және практикалық тенденциялар негізінде гидротехникалық құрылыстардың іргетастарының құрамында пирамидалық-призмалық қадаларды қолданудың өзектілігі негізделген. Күрделі гидрогеологиялық жағдайларда қадалардың жұмыс істеу механизмдерін нақтылауға, көтергіштік пен тұнбаны есептеу әдістерін әзірлеуге, сондай-ақ қадалар конструкцияларының жаңа түрлерінің тиімділігін эксперименттік және теориялық бағалауға бағытталған зерттеудің негізгі міндеттері тұжырымдалған.

Бірінші тарау бойынша қорытындылар:

Гидротехникалық құрылыстарды салу үшін қадалар құрылымдарын қолданудың зерттеулері мен тәжірибесін талдау келесі негізгі қорытындыларды жасауға мүмкіндік береді:

1. Гидротехникалық құрылыстағы бұрғылау қадалары бөгеттердің сүзгіге қарсы элементтері ретінде, өзен арналарын жабу үшін, беткейлердің, жағалаулардың, беткейлердің және т.б. сақталуын және тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін қолданылады. Пайдаланылатын қадалардың диаметрі 0,6-1,0 м, ал тереңдігі 40 м дейін соңғы жылдары бөгеттердің сүзгіге қарсы

элементтері ретінде, сондай-ақ гидротехникалық объектілердің қорғаныс құрылыстарын салу үшін бұрғылау қадаларынан басқа, бұрғылау қадалары белсенді қолданылады. Мұндай қадалар диаметрі 1,20 м - ге дейін және тереңдігі 40 м немесе одан да көп.

2. Гидротехникалық құрылыста тиімділік, тез салынатын және сенімділік сияқты қасиеттермен сипатталатын қадалар кеңінен қолданылады. Бірқатар гидротехникалық құрылыстарды (науа арналарын, су құбырларын, теңіз және өзен айлақтарын, жағалауды, қоршауды, жағалауды нығайтатын құрылыстарды және т.б.) салу үшін әртүрлі қадалардың (призматикалық, сына тәрізді, конустық) және қадалардың іргетастарының жұмыс ерекшеліктері анықталды. Гидротехникалық құрылыстармен бірлескен жұмыс заңдылықтарын ескеретін қадалар мен қадалардың іргетастарын батыру, деформациялау, тұрақтылық және көтергіштік параметрлерін есептеу әдістері әзірленді және қолданылды.

3. Басқа қадалармен қатар гидротехникалық құрылыста әртүрлі материалдардан, соның ішінде композициялық материалдардан жасалған қадалар да тиімді қолданылады. Әртүрлі профильдегі және ұзындықтағы болат шпунт қадалары жиі қолданылады. Айлақтар, жағалаулардың қоршаулары, беткейлердің бекітпелері және т.б. түрінде салынып жатқан құрылыстардың жоғары көтергіштігі мен сенімділігін қамтамасыз ететін бірқатар жаңа шпунтты қадалар әзірленді.

4. Гидротехникалық құрылыс саласындағы қадалардың ішінен бүйір беті көлбеу қадаларға қарағанда призмалық қадалар көбірек қолданылады. Призмалық және көлбеу бүйірлік қадалардың өзіндік жұмыс ерекшеліктері мен артықшылықтары бар. Призмалық қадалармен салыстырғанда көлбеу бүйірлік қадалардың ұзындығы кішірек, жүк көтергіштігі бойынша тиімділігі жоғары және оларды батыру үшін балғалардың энергия шығындары бойынша тиімділігі төмен. Призмалық қадалардың ұзындығы ұзағырақ, топыраққа батырудың жоғары дәлдігін, сондай-ақ тереңдікте жатқан берік топырақтың төменгі ұштарына жетуді қамтамасыз етеді.

5. Магистральдың көлбеу бүйір беті бар қадалардың және дәстүрлі призматикалық қадалардың басым ерекшеліктерін алдын-ала анықтайтын геометриялық параметрлерді есепке алу негізінде пирамидалық-призмалық пішіні бар қадалар ұсынылады. Диссертацияның пирамидалық-призмалық қадаларды қағу процесін және статикалық жүктемелердің әсерінен олардың жұмыс ерекшеліктерін зерттеу бойынша эксперименттік-теориялық зерттеулер жүргізудің өзектілігі негізделген.

Диссертацияның екінші тарауында қолданылатын сынақ жабдықтарының сипаттамасы келтірілген, оның құрылымдық ерекшеліктері, жұмыс істеу принциптері және зерттеу жүргізу кезінде пайдалану шарттары ашылған. Тәжірибелі қадалар модельдерінің параметрлері, олардың геометриялық өлшемдері, көлденең қимасының пішіні, арматурасы және қолданылатын материалдар егжей-тегжейлі қарастырылады. Темірбетон қадаларын зертханалық жағдайда дайындау процесі, арматуралық жақтауды дайындаудан және бетон қоспасының құрамын таңдаудан бастап, қоспаны қалыпқа салуға

дейін, тығыздау режимдері және бетонды кейіннен қатайту мәселелері қарастырылған.

Жобалық сипаттамаларға сәйкестікті тексеру мақсатында текшелік беріктікті анықтаудың стандартты әдістемелері бойынша орындалған бетонның беріктігін сынауға ерекше назар аударылды. Сондай-ақ, тарауда зертханалық зерттеулер мен далалық сынақтар негізінде алынған топырақтың физика-механикалық сипаттамалары келтірілген: гранулометриялық құрамды, ылғалдылықты, тығыздықты, ішкі үйкеліс бұрышын, адгезияны және деформация модулін анықтау.

Сонымен қатар, пирамидалық-призмалық қадаларға зертханалық эксперименттер мен далалық сынақтар жүргізу әдістемесі егжей-тегжейлі сипатталған. Тәжірибелерді қою шарттары, қадаларды монтаждау және тиеу тәртібі, деформациялар мен шөгінділерді тіркеу әдістері, сондай-ақ эксперименттік деректерді өңдеу принциптері қарастырылады. Осылайша, екінші тарау зерттелетін қадалардың жұмысын кешенді талдаудың негізін құрайды және зертханалық және табиғи нәтижелерді салыстыру үшін негіз болады.

Үшінші тарауда пирамидалық-призмалық қадалардың дәстүрлі призмалық және толық пирамидалық қадалармен қатар жұмыс істеуіне бағытталған кешенді эксперименттік зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Негізгі назар қадалардың негізбен өзара әрекеттесуінің әртүрлі кезеңдерінде – оларды батыру және кейіннен тарту процесінде топырақ массивінің деформацияланған аймағының қалыптасу және өзгеру ерекшеліктерін анықтауға бағытталған. Құрылыс процестерін оңтайландыру үшін маңызды болып табылатын қадалардың геометриялық пішінінің қағудың технологиялық параметрлеріне, сондай-ақ қағудың энергия сыйымдылығына әсерін бағалау мәселелері қосымша қарастырылады.

Зерттеулерде тік қысым жүктемелерінің, көлденең күштердің және статикалық суыру әсерлерінен қадалардың көтергіш қабілетін анықтау ерекше орын алады, бұл нақты инженерлік-геологиялық жағдайларда конструкциялардың пайдалану сенімділігін жан-жақты бағалауға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, жұмыста топырақтың физикалық-механикалық сипаттамаларының (кұмды, сазды, сумен қаныққан және т.б.) қадалардың жұмыс көрсеткіштеріне әсерін талдауға баса назар аударылады. Пирамидалық-призмалық қадалардың пирамидалық бөлігінің құрылымдық параметрлеріне, оның ашылу бұрышын, биіктігін және өлшемдерінің қаданың жалпы ұзындығына қатынасын қоса алғанда, батыру қабілеттілігіне, габариттің энергия сыйымдылығына және жүк көтергіштігіне тәуелділігін зерттеу жүргізілді.

Алынған нәтижелер қадалардың әртүрлі түрлерінің топырақ негізімен өзара әрекеттесу заңдылықтарын анықтауға, сондай-ақ ГТҚ құрылысында пирамидалық-призмалық қадаларды ұтымды жобалау және қолдану бойынша практикалық ұсыныстар ұсынуға мүмкіндік береді.

Үшінші тарау бойынша қорытындылар:

1. Тәжірибелі қадаларды призмалық және пирамидалық қадалармен салыстырғанда топырақ айтарлықтай деформацияға ұшырайды. Тәжірибелі қадалардың айналасындағы деформацияланған топырақ аймағының ені салыстырылатын қадаларға қарағанда 5,0-32,0% - ға артық. Қадалар арасындағы оңтайлы қашықтық олардың пирамидалық бөлігінің өлшемдеріне байланысты 3d-ден 4d-ге тең болуы керек.

2. Пирамида учаскесінің ұзындығы 1-4 м және оның жоғарғы қимасының өлшемдері 30×30 см-ден 50×50 см-ге дейінгі тәжірибелі қадаларды қағуға арналған энергия шығындары көлденең қимасының өлшемдері 20×20 см болатын призмалық қадаларды қағуға қарағанда 1,05-2,48 есе жоғары. Жоғарғы қиманың ұзындығы мен өлшемдеріне байланысты ППҚ батыруға арналған энергия шығындары пирамида учаскесі, сондай-ақ топырақ түрі 30×30 см көлденең қимасы бар призмалық қаданы бітеуге ұқсас шығындардан 3,0-59,0% - ға аз. Топырақтың түріне және пирамида учаскесінің ұзындығына байланысты тәжірибелі қадаларды батыруға жұмсалатын энергия шығындары пирамида қадаларын қағуға қарағанда 9,0 - 49,0% - ға төмен.

3. Тәжірибелік қадалардың пирамида учаскесінің ұзындығы 1-ден 4 м-ге дейін және олардың пирамида учаскесінің жоғарғы қимасының мөлшері 1,33-1,67 есе ұлғайған сайын оларды қағуға арналған энергетикалық шығындар тиісінше 1,24-1,74 есе және 1,07-1,42 есе артады. Қадаларды сазды топыраққа қағу құмды топыраққа қарағанда үлкен энергия шығындарымен бірге жүреді (1,72-2,55 есе).

4. Тәжірибелік қадалардың пирамидалық учаскесінің ұзындығының 1-ден 4 м-ге дейін ұлғаюы оларды қағуға жұмсалатын энергетикалық шығындардың 20×20 см призмалық қадалармен салыстырғанда 1,25-1,71 есе артуына, сондай-ақ пирамидалық қадалармен және қима өлшемдері 30×30 см призмалық қадалармен салыстырғанда ұқсас шығындардың 1,38-27,80% - ға төмендеуіне әкеледі.

5. ППҚ пирамидалық учаскесінің жоғарғы қимасы мөлшерінің 1,33-1,67 есе ұлғаюы (пирамидалық учаскесінің ұзындығы 1 және 2 м болғанда) олардың меншікті энергия сыйымдылығының 20×20 см қимасы бар призмалық қадалармен салыстырғанда 1,24-1,32 есе артуына, сондай-ақ пирамидалық қадалармен және қимасы 30×30 см болатын призмалық қадалармен салыстырғанда мұндай шығындардың шамалы төмендеуіне (1,1-4,8% - ға) әкеледі.

6. Тәжірибелі қадаларды қағудың меншікті энергия сыйымдылығы олардың пирамидалық учаскесінің ұзындығы неғұрлым жоғары болған сайын арта түседі (1,04-1,33 есе). Тәжірибелі қадаларды сазды топыраққа қағудың меншікті энергия сыйымдылығы оларды құмды топыраққа қақаннан жоғары (1,74-тен 2,60 есеге дейін).

7. Статикалық қысым жүктемесінің әсерінен ППҚ-ның жүк көтергіштігі қимасының өлшемдері 20×20 см және 30×30 см болатын призмалық қадалардың жүк көтергіштігінен сәйкесінше 1,23-2,80 есе және 1,03-1,65 есе жоғары. Пирамидалық қадалармен салыстырғанда ППҚ көтергіштігі 6,42-24,77% - ға төмен. ППҚ пирамидалық учаскесінің ұзындығының және олардың

пирамидалық учаскесінің жоғарғы бөлігінің көлденең қимасының мөлшерінің 1,33-1,67 есе ұлғаюымен тәжірибелі қадалардың жүк көтергіштігі 1,24-3,52 есе артады. Сазды топырақтағы қысым жүктемесінің әсерінен ППҚ-ның жүк көтергіштігі құмды топыраққа қарағанда 1,03-1,62 есе жоғары.

8. ППҚ-ның меншікті көтергіштігі қимасының өлшемдері 20×20 см және 30×30 см болатын призмалық қадалардың меншікті көтергіштігінен тиісінше 1,15-2,40 есе және 1,42-2,60 есе жоғары. Пирамидалық қадалармен салыстырғанда ППҚ-ның меншікті көтергіштігі 3,90-41,0% - ға төмен. ППҚ пирамидалық учаскесінің ұзындығын және олардың пирамидалық учаскесінің жоғарғы бөлігінің көлденең қимасының мөлшерін ұлғайту қадалардың меншікті көтеру қабілетін тиісінше 1,11-1,32 есе және 1,15-1,64 есе өсіреді.

9. Статикалық көлденең жүктеменің әсеріне ППҚ кедергісі 30×30 см призмалық қаданың және пирамидалық қаданың кедергісіне қарағанда 2,0-54,0% және 7,0-49,0%-ға аз, 20×20 см призмалық қадалармен салыстырғанда 1,13-2,27 есе жоғары. Пирамида учаскесінің ұзындығы 2-4 есе және олардың пирамида учаскесінің жоғарғы бөлігінің көлденең қимасының мөлшері 1,33-1,67 есе ұлғайған сайын тәжірибелік қадалардың көлденең жүктеме әсеріне төзімділігі тиісінше 1,09-1,71 есе және 1,18-1,69 есе артады. ППҚ-ның сазды топырақтағы көлденең жүктемеге төзімділігі құмды топыраққа қарағанда 1,25-1,73 есе көп.

10. ППҚ-ның суыру жүктемесінің әрекет ету қабілеттілігі 30×30 см призмалық қаданың және пирамидалық қаданың суыру қабілетіне қарағанда сәйкесінше 6,0-45,0% және 8,0-49,0% - ға аз, 20×20 см призмалық қадалармен салыстырғанда 1,04-1,78 есе жоғары. Пирамида учаскесінің ұзындығы 2-4 есе және олардың пирамида учаскесінің жоғарғы бөлігінің көлденең қимасының мөлшері 1,33-1,67 есе ұлғайған кезде тәжірибелі қадалардың суыру жүктемесінің әсер ету қабілеті тиісінше 1,09-1,33 есе және 1,15-1,41 есе артады. Құмды топырақта тарту жүктемесінің әсерінен ППҚ-ның көтеру қабілеті сазды топыраққа қарағанда 1,25-1,73 есе көп.

Диссертацияның төртінші тарауында әртүрлі статикалық жүктемелердің әсерінен пирамидалық-призмалық қадалардың жүк көтергіштігін есептеу үшін автор жасаған әдістер келтірілген. Тік депрессиялық күштер қарастырылады, онда қадалардың бүйір бетінде де, олардың төменгі негіздерінде де топырақтың бірлескен кедергісі, сондай-ақ гидротехникалық құрылыстардың қадалар іргетастарының құрамындағы қадалардың жұмысына айтарлықтай әсер ететін көлденең және тартылатын жүктемелер ескеріледі.

Жүргізілген зерттеулер негізінде гидротехникалық объектілердің іргетас конструкцияларында пирамидалық-призмалық қадаларды қолдану бойынша практикалық ұсыныстар жасалды. Атап айтқанда, қадаларды жобалық белгіге дейін жерге сенімді батыруды қамтамасыз ету үшін қадалар қаққышының ең аз қажетті соққы энергиясын анықтау бойынша негізделген ұсыныстар берілді. Сондай-ақ, қадаларды ростверктер жоспарында оңтайлы орналастыру схемалары әзірленді, бұл жүктемелердің біркелкі таралуына және шөгінділердің азаюына мүмкіндік береді.

Пирамидалық-призмалық қадаларды өндірудің технологиялық аспектілеріне ерекше назар аударылады. Өртүрлі ұзындықтағы және көлденең қимадағы қадаларды таңбалау номенклатурасы мен жүйесі ұсынылған, сондай-ақ иілу, созылу және қысу қадаларының жұмысын ескере отырып, арматуралық қаңқаларды жобалау бойынша ұсыныстар берілген. Негізгі параметрлерді көрсете отырып, қадалардың жұмыс сызбаларының мысалдары келтірілген: бұйымдардың массасы, оларды өндіруге бетон мен арматуралық болаттың шығыны.

Зерттеудің соңғы бөлігі – пирамидалық-призмалық қадаларды қолдана отырып, гидротехникалық құрылымдардың іргетастарының құрылымын дәстүрлі қадалар іргетастарымен салыстырғанда салыстырмалы экономикалық бағалау. Талдау қадаларды дайындау құнын, көлік шығындарын, оларды қағу жұмыстарының күрделілігін және материалдардың жалпы шығынын ескереді. Алынған деректер пирамидалық-призмалық қадаларды бірқатар инженерлік-геологиялық жағдайларда қолданудың экономикалық орындылығын растады, бұл оларды ГТҚ-ға кеңірек енгізу үшін мүмкіндіктер ашады.

Төртінші тарау бойынша қорытындылар:

1. Қадалардың төменгі ұшының астында және олардың бүйір беттерінің бойында жатқан топырақтың есептік кедергісін есепке алуға негізделген статикалық қысым жүктемесінің әсерінен ППҚ-ның көтергіш қабілетін есептеу әдісі жасалды. Әдіс тәжірибелі қадалардың діңінің бойлық пішінінің, сондай-ақ топырақ түрінің олардың төзімділігіне әсерін ескереді. Бұл факторларды есепке алу қадалардың жүк көтергіштігі туралы есептік және эксперименттік деректерді салыстыру нәтижелері бойынша белгіленген коэффициенттердің көмегімен жүзеге асырылады. Ұсынылған коэффициенттер тәжірибелі қадалардың пирамидалық учаскесінің ұзындығына қатысты корреляциялық тәуелділіктер негізінде белгіленеді. Әдіс негізінде тәжірибелі қадалардың жүк көтергіштігін есептеуге мүмкіндік беретін қолданбалы компьютерлік бағдарлама жасалды.

2. Көлденең және суыру жүктемелердің әсерінен ППҚ-ның көтергіш қабілетін анықтау әдістері ұсынылған, бұл бірдей ұзындықтағы призмалық және пирамидалық қадалардың кедергісіне қатысты тәжірибелік қадалардың қарсылығын бағалауға мүмкіндік береді. Әдістер эксперименттік зерттеулер нәтижелері бойынша белгіленген қадалардың басын 10 мм көлденең жылжыту және қадаларды суыру бойынша қадалардың тиімділік коэффициенттерін пайдалануға негізделген. Көрсетілген коэффициенттерді анықтау үшін қадалардың пирамидалық учаскесінің мөлшерін және қадалар бітелген топырақ түрін ескеруге мүмкіндік беретін корреляциялық тәуелділіктер алынды.

3. Тәжірибелі қадаларды біртекті сазды және құмды топырақтарға қағу үшін қаққышпен қағудың қажетті минималды энергиясын анықтау бойынша ұсыныстар әзірленді, сондай-ақ гидротехникалық құрылыстардың іргетастарын жеке қадалар, таспалы қадалар және қадалар жиынтығы түрінде орналастыру бойынша ұсыныстар ұсынылды.

4. Сорғы станциялары ғимараттарының іргетасы құрамында ППҚ пайдаланудың техникалық-экономикалық бағалануы орындалды. Плиталық

іргетас пен призматикалық қадалардан жасалған қадалардың орнына ППҚ қадаларының іргетасын салу жұмыс құны бойынша тиімдірек екені анықталды. ППҚ-дан іргетастарды қолдану жұмыс құнының плиталық іргетаспен салыстырғанда 88,25-95,24%-ға және призмалық қадалардан жасалған қадалар іргетасымен салыстырғанда 16,78 - 24,74% - ға төмендеуін қамтамасыз етеді.

5. Отандық кәсіпорындарда ППҚ-ның өнеркәсіптік шығарылуын қамтамасыз ету және оларды гидротехникалық объектілерді салу үшін пайдалануға тиісті техникалық және нұсқаулық құжаттама әзірленіп, шығарылды. Техникалық құжаттама кернеулі және кернеусіз арматурасы бар тәжірибелі қадалардың жұмыс сызбаларын, негізгі параметрлерді, материалдарды тұтынуды және оларды зауыттық жағдайда дайындау талаптарын қамтиды. Нұсқаулық құжаттамада еурокод 7 талаптарын ескере отырып, гидротехникалық мақсаттағы ғимараттар мен құрылыстарға арналған ППҚ іргетастарын жобалау, есептеу және орналастыру мәселелері қамтылған.

Қосымшада дербес компьютерде тік қысымды статикалық жүктеме кезінде пирамидалық-призмалық қадалардың жүк көтергіштігін есептеуге мүмкіндік беретін қолданбалы бағдарламаның жұмыс алгоритмі сипатталған.

Қорытынды

Гидротехникалық мақсаттағы ғимараттар мен құрылыстардың іргетастарын орналастыру үшін пирамидалық-призмалық қадалар жұмысының ерекшеліктерін зерттеуге бағытталған теориялық және эксперименттік зерттеулердің нәтижелері негізінде келесі негізгі тұжырымдарды жасауға болады:

1. Пирамидалық-призмалық қадалардың айналасындағы топырақтың қабатты деформациясының заңдылықтары оларды қағу кезінде эксперименталды түрде зерттелді. Тәжірибелі қадалар топырақтың деформацияланған аймағының конус тәрізді пішінімен сипатталатыны анықталды. Тәжірибелік қадалар (іргетастардың бөлігі ретінде) арасындағы ең аз қашықтық анықталды, олар пирамида учаскесінің өлшемдеріне байланысты 3d-ден 4d-ге дейін өзгереді.

2. Зертханалық және далалық зерттеулер статикалық қысу, суыру және көлденең жүктемелердің әсерінен пирамидалық-призмалық қадалар жұмысының ерекшеліктерін анықтады. Тәжірибелі қадалардың қолданыстағы дәстүрлі қадалармен салыстырғанда энергия сыйымдылығы төмен және статикалық жүктемелерге төзімділігі жоғары екендігі анықталды. Сонымен, тәжірибелі қадаларды тиісінше 3,0-59,0%-ға және 9,0-49,0% - ға қағуға жұмсалатын энергия шығындары 30×30 см призмалық қаданы және 30×30 см және төменгі 20×20 см пирамида қадаларын батыруға қарағанда төмен. Пирамидалық-призмалық қадалардың көтергіштігі тік қысым жүктемесінің әсерінен көлденең қимасы 20×20 см және 30×30 см болатын призмалық қадаларға қарағанда тиісінше 1,23-2,80 есе және 1,03-1,65 есе жоғары. Пирамидалық-призмалық қадалардың меншікті көтергіштігі 20×20 см және 30×30 см қима өлшемдері бар призмалық қадаларға қарағанда сәйкесінше 1,15-

2,40 есе және 1,42-2,60 есе жоғары. Көлденең және суыру жүктемелерге арналған тәжірибелі қадалардың кедергісі сәйкесінше 20×20 см призмалық қадалармен салыстырғанда 1,13-2,27 және 1,04-1,78 есе көп.

3. Тәжірибелі қадалардың пирамидалық учаскесінің жоғарғы қимасының ұзындығы мен мөлшерінің олардың топырақтың энергия сыйымдылығына және сазды және құмды топырақтардың біртекті қабаттарындағы көтергіштігіне әсері бағаланды. Қадалардың пирамидалық учаскесінің ұзындығының (2-4 есе) және жоғарғы қимасының мөлшерінің (1,33-1,67 есе) ұлғаюы: қағуға жұмсалатын энергетикалық шығындардың 1,07-1,67 есе; қысу жүктемесі әсер еткенде көтергіштік қабілетінің 1,24-3,58 есе; көлденең және суыру жүктемелерге төзімділіктің тиісінше 1,09-1,71 есе және 1,09 есе артуымен сүйемелденеді.

4. Топырақ түрінің бітелудің энергия сыйымдылығына және тәжірибелі қадалардың жүк көтергіштігіне әсерін бағалау жүргізілді. Қадаларды бітеуге жұмсалатын энергия шығындары, олардың қысымды жүктеме кезінде көтергіштігі, сондай-ақ сазды топырақтағы көлденең жүктемеге төзімділігі сәйкесінше құмды топыраққа қарағанда 1,72-2,55 есе, 1,03-0,62 есе және 1,25-1,73 есе жоғары. Құмды топырақта тарту жүктемесі кезінде тәжірибелі қадалардың жүк көтергіштігі сазды топыраққа қарағанда 1,25-1,73 есе көп.

5. Статикалық қысым жүктемесі кезінде пирамидалық-призмалық қадалардың жүк көтергіштігін анықтау әдісі қадалардың төменгі ұшының астында және олардың бүйір беттерінің бойында жатқан топырақтың есептік кедергісін есепке алуға негізделген. Әдіс тәжірибелі қадалар діңінің бойлық пішінінің (пирамида учаскесінің ұзындығы), сондай-ақ топырақ түрінің олардың төзімділігіне әсерін ескереді. Әдіс ДК көмегімен есептеулер жүргізуге мүмкіндік беретін қолданбалы бағдарлама түрінде жүзеге асырылады.

6. Жалғыз ұзындықтағы призмалық және пирамидалық қадалардың төзімділігіне қатысты көлденең және суыру жүктемелердің әсерінен пирамидалық-призмалық қадалардың жүк көтергіштігін анықтау әдістері ұсынылған. Әдістер тәжірибелі қадалар мен аталған дәстүрлі қадалар арасында орнатылған корреляциялық тәуелділіктерді пайдалануды қарастырады.

7. Гидротехникалық ғимараттар мен құрылыстардың іргетастарын орнату үшін пирамидалық-призмалық қадаларды қолдану бойынша ұсыныстар әзірленді және жарияланды, олар тәжірибелі қадаларды біртекті сазды және құмды топырақтарға қағу үшін қаққышпен соғудың қажетті минималды энергиясын анықтау, қадаларды іргетастар тұрғысынан оңтайлы орналастыру, қадалар мен олардан қадаларды есептеу және жобалау бойынша ережелерді қамтиды.

8. Сорғы станциясының екі ғимаратының мысалында пирамидалық-призмалық қадалардан қадалардың іргетастарын тұрғызудың сметалық есебі жасалды. Есептеулердің нәтижелері дәстүрлі таяз плиталық іргетаспен және призматикалық қадалардан жасалған қадалармен салыстырғанда тәжірибелі қадалардан алынған іргетастардың үнемділігін көрсетеді. Пирамидалық-призмалық қадалардан жасалған іргетастарды пайдалану призмалық қадалардан жасалған іргетастармен салыстырғанда жұмыс құнының 88,25-95,24%-ға,

плиталық іргетастармен салыстырғанда жұмыс құнының 16,78 - 24,74% - ға төмендеуін қамтамасыз етеді.

9. Гидротехникалық объектілерді салу кезінде пайдалану мақсатында отандық кәсіпорындарда тәжірибелік қадалардың өнеркәсіптік шығарылуын қамтамасыз ету үшін қадалардың номенклатурасын, олардың геометриялық параметрлерін, арматура схемаларын, тораптар мен бөлшектерді, сондай-ақ арматура мен бетон шығынын қамтитын жұмыс сызбаларының альбомдары әзірленді.

Әрі қарайғы зерттеулердің болашағы статикалық және сейсмикалық жүктемелердің әсерінен пирамида-призмалық қадалардан жасалған қадалар мен қадалардың таспалы іргетастарының қарсылық ерекшеліктерін зерттеумен байланысты. Диссертациялық жұмыстың жалғасы ретінде 2022-2024 жылдары "Жас ғалым" конкурсы бойынша "Фибробетонды полиберікті пирамидалық-призмалық қадаларды әзірлеу" (AP13268763 ЖРН) тақырыбында гранттық жоба іске асырылды.

Қойылған міндеттерді шешудің толықтығын бағалау. Диссертациялық жұмыста қойылған міндеттер автор жүргізген теориялық және эксперименттік зерттеулер негізінде толық шешілді. Статикалық жүктемелер кезінде пирамидалық-призмалық қадалар жұмысының белгіленген ерекшеліктері, олардың көтергіштігін анықтаудың әзірленген әдістері, қадаларды салу бойынша жұмыс сызбалары мен ұсынымдар гидротехникалық объектілердің іргетастарын салу кезінде оларды тиімді қолданудың негізін құрайды.

Нәтижелерді нақты пайдалану бойынша ұсыныстар мен бастапқы деректерді әзірлеу. Зерттеу нәтижелері гидротехникалық мақсаттағы ғимараттар мен құрылыстарды салу кезінде жобалау және құрылыс ұйымдарының пайдалануына ұсынылады.

Енгізудің техникалық-экономикалық тиімділігін бағалау. Зерттеудің негізгі нәтижелері "ҚазҚСҒЗИ" АҚ ОҚФ, "Тараз Аркон" ЖШС, "Мекен-Жай Тараз" ЖШС, "Табыс Бөба" ЖШС, "Сейсмикаға төзімді құрылыстың сараптамасы" ЖШС, "Тараз-Технопроект" ЖШС, "АзияТурПроект", "Эрфолыг ЖШС," Бином "ЖШС және" Ғимарат Темірбетон" ЖШС сияқты ғимараттар мен құрылыстарды жобалау жөніндегі жетекші ұйымдардың нормативтік-техникалық базасына біріктірілген.

Орындалған жұмыстың техникалық-экономикалық деңгейін бағалау. Дәстүрлі қадалармен салыстырғанда гидротехникалық мақсаттағы ғимараттар мен құрылыстардың іргетастарын орнатуға арналған темірбетонды пирамидалық-призмалық қадалар түріндегі ұсынылған жаңа қадалар іргетастарын салу бойынша қаржылық және еңбек шығындарын айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік береді.

Диссертациялық зерттеу тақырыбы бойынша келесі мақалалар жарияланған:

1. Пат. 4521 РК. Забивная железобетонная свая / И.И. Бекбасаров, Н.А. Шаншабаев; опубл. 29.11.2019, Бюл. №5. - 2 с;

2. Пат. 4386 РК. Способ определения несущей способности свайчатой пирамидально-призматической сваи / И.И. Бекбасаров, Н.А. Шаншабаев; опубл. 23.10.2019, Бюл. №2019/0526.2. - 2 с;
3. Бекбасаров И.И., Атенев Е.И., Шаншабаев Н.А. О лабораторном оборудовании для забивки и испытаний моделей свай // Механика и технологии / Научный журнал. – 2019. – №4. – С.125-133;
4. Бекбасаров И.И., Байтемиров М.Н., Атенев Е.И., Шаншабаев Н.А. Об экспериментальном оборудовании для забивки и испытаний крупномасштабных моделей свай в полевых условиях // Механика и технологии. Научный журнал. – 2019. – №4. – С.134-141;
5. Шаншабаев Н.А. О расчетной оценке несущей способности свайчатых свай с пирамидальным участком ствола // «IV Глобальная наука и инновации 2019: Центральная Азия»: сборник материалов международной научно-практической конференции. – Астана, 2019. – С.10-15;
6. Бекбасаров И.И., Шаншабаев Н.А. О несущей способности пирамидально-призматической сваи в однородных глинистых грунтах // Материалы XIII международной научной конференции молодых ученых «Инновационное развитие и востребованность науки в современной Казахстане». – Тараз, 2019. – С. 25-27;
7. Шаншабаев Н.А. О несущей способности пирамидально-призматических свай // «Лучший молодой ученый - 2020»: I Международное книжное издание стран Содружества Независимых Государств. – Нур-Султан, 2020. – С. 79-83;
8. Бекбасаров И.И., Шаншабаев Н.А. Об энергоемкости забивки и несущей способности моделей пирамидально-призматических свай // Вестник Казахской головной архитектурно-строительной академии. Научный журнал. – 2020. - №3. – С. 97-106. <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2020.3-13>;
9. Бекбасаров И.И., Шаншабаев Н.А. Сопротивляемость моделей пирамидально-призматических свай горизонтальной нагрузке // Вестник Казахской головной архитектурно-строительной академии. Научный журнал. – 2020. - №4. – С. 135-145. <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2020.4-20>;
10. Бекбасаров И.И., Шаншабаев Н.А. О влиянии размеров пирамидальной части пирамидально-призматических свай на их энергоемкость и несущую способность // Вестник КазНУ. Научный журнал. – 2020. - №6. – С. 190-200;
11. Бекбасаров И.И., Никитенко М.И., Шаншабаев Н.А. Сопротивляемость моделей пирамидально-призматических свай статической выдергивающей нагрузке // Вестник ЕНУ. Серия технические науки и технологии. Научный журнал. – 2021. - №1. – С. 7-19. <https://doi.org/10.32523/2616-7263-2021-134-1-7-19>;
12. Бекбасаров И.И., Никитенко М.И., Шаншабаев Н.А. Об энергоемкости забивки и несущей способности моделей пирамидально-призматических свай в глинистом грунте // Фундаменты глубокого заложения и проблемы геотехники территорий материалы II Всероссийской конференции с международным участием. - Пермь, 2021. – С. 41-56;

13. Bekbasarov I., Shanshabayev N. Impact Dipping Pyramidal-Prismatic Piles and their Resistance to Pressure and Horizontal Load // Periodica Polytechnica Civil Engineering. - 2021. - Vol. 65(3). - P. 909-917. <https://doi.org/10.3311/PPci.17923>;
14. Bekbasarov I., Nikitenko M., Shanshabayev N., Atenov Y., Moldamuratov Zh. Tapered-prismatic pile: driving energy consumption and bearing capacity // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. – 2021. - Vol. 6 (450). - P. 53-63. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.119>;
15. Bekbasarov I., Shanshabayev N. Driving Features of Tapered-Prismatic Piles and Their Resistance to Static Loads // Acta Montanistica Slovaca. – 2022. – Vol. 4. – P. 55-65. <https://doi.org/10.46544/AMS.v27iX.X>;
16. Бекбасаров И.И., Шаншабаев Н.А.. Результаты лабораторных исследований работы моделей пирамидально-призматических свай на действие вертикальной выдергивающей нагрузки в глинистом грунте // Qazbsqa хабаршысы. Сәулет және дизайн. - 2022. - №4 (86). – С.132-146. <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2022.4-13>;
17. Bekbasarov I., Shanshabayev N. Uplift behavior of pyramidal-prismatic piles in clay soil // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. – 2023. – Vol. 5 (461). – P. 76-88. <https://doi.org/10.32014/2023.2518-170X.332>;
18. Bekbasarov I., Shanshabayev N. Analysis of research results and application of piles as part of hydraulic facilities // Qazbsqa хабаршысы. Сәулет және дизайн. - 2023. - №4 (90). - С. 77-96. <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-06>