

FTAMP 67.21.17

Г.А. Жаирбаева<sup>1</sup> – негізгі автор, ©  
А.Ж. Жусупбеков<sup>2</sup>, Н.У. Шакирова<sup>3</sup>,  
А.С. Мукашева<sup>4</sup>, Г.Т. Тлеуленова<sup>5</sup>



ORCID

<sup>1,4</sup>Докторант, <sup>2</sup>Техн. ғылым. д-ры, профессор, <sup>3,5</sup>PhD

<sup>1</sup><https://orcid.org/0009-0009-9501-5144> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-2229-1059>

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-7968-4446> <sup>4</sup><https://orcid.org/0009-0008-7446-5704>

<sup>5</sup><https://orcid.org/0000-0003-2806-1588>



<sup>1,2,3,4,5</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,



Астана, Қазақстан



<sup>5</sup>[gulshattleulnova7@gmail.com](mailto:gulshattleulnova7@gmail.com)

<https://doi.org/10.55956/TPQC2682>

## I ТИПТІ ШӨГУГЕ БЕЙІМ ТОПЫРАҚТАР ЖАҒДАЙЫНДА ҚАҒЫЛҒАН ҚАДАЛАРДЫ СТАТИКАЛЫҚ СЫНАУ

**Аңдатпа.** Мақалада I типті шөгуге бейім топырақтарда жүргізілген қағылған темірбетон қадалардың далалық сынақтарының нәтижелері қарастырылған. Сынақтар салынып жатқан зауыттың жөндеу-механикалық шеберханасының құрылыс алаңында орындалды. Зерттеудің негізгі мақсаты – шөгуге бейім топырақ жағдайында тік бағыттағы статикалық басу жүктемесі әсерінен қағылған қадалардың көтергіштік қабілетін анықтау болды. Статикалық сынақтар МЕМСТ 5686-2012 талаптарына сәйкес жүргізілді. Жүктеме түсіру алдында шөгуге бейім топырақты суға қанықтыру мақсатында негіз 3,8 м тереңдікке дейін алдын ала суландырылды. Инженерлік-геологиялық ізденістер аясында топырақ үлгілеріне зертханалық сынақтар жүргізіліп, олардың физика-механикалық қасиеттері анықталды, сондай-ақ жүктеме мен уақытқа байланысты қаданың шөгу графиктері тұрғызылды. Сынақ нәтижелері бойынша С120.30-13 маркалы қағылған қадалардың жоғары көтергіштік қабілетке (1083 кН-ға дейін) және өте аз шөгу мәндеріне (4,7 мм-ге дейін) ие екендігі анықталды. Бұл көрсеткіштер олардың күрделі инженерлік-геологиялық жағдайларда құрылыс жүргізу кезінде тиімді әрі сенімді екенін дәлелдейді.

**Тірек сөздер:** шөгуге бейім топырақ, қағылған қада, статикалық сынақтар, көтергіштік қабілет.



Жаирбаева, Г.А. I типті шөгуге бейім топырақтар жағдайында қағылған қадаларды статикалық сынау [Мәтін] / Г.А. Жаирбаева, А.Ж. Жусупбеков, Н.У. Шакирова, А.С. Мукашева, Г.Т. Тлеуленова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2026. – №1(91). – Б.233-242. <https://doi.org/10.55956/TPQC2682>

**Кіріспе.** Нысанды жобалау және салу жұмыстары шөгуге бейімдік классификациясы бойынша I типке жататын шөгуге бейім топырақтардың болуымен күрделенеді. Құрылып жатқан нысанның құрылыс алаңында жүргізілген далалық зерттеулер аясында темірбетон қағылған қадаларға тік бағыттағы статикалық басу жүктемесі бойынша сынақтар жүргізілді. Сынақтардың негізгі мақсаты – қадаларды орнатудың әртүрлі технологиялары кезінде шөгуге бейім топырақтар жағдайында темірбетон қағылған қадалардың көтергіштік қабілетін анықтау болды. Осы мақсатты

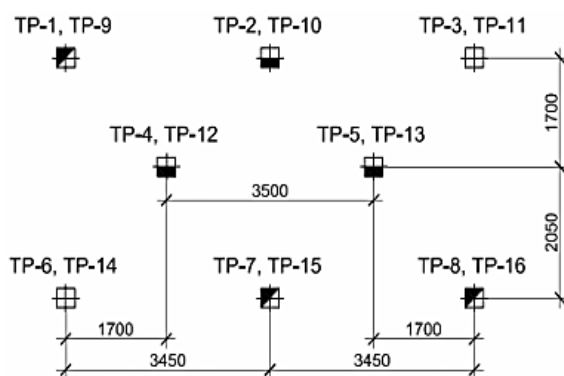
жүзеге асыру үшін сынақтық қадаларға МЕМСТ 5686-2020 «Топырақтар. Қадалармен далалық сынау әдістері» талаптарына сәйкес статикалық сынақтар орындалды.

Шөгуге бейім топырақтарда қағылған қадаларды статикалық жүктемеге сынау атмосфералық жауын-шашынның әсерін бағалау және іргетас жүйесінің көтергіштік қабілетін анықтау тұрғысынан аса маңызды болып табылады [1]. Бұл құбылыс қаданың ұзақ мерзімді беріктігі мен сенімділігін арттыруы мүмкін, сондықтан оны жобалау кезеңінде міндетті түрде ескеру қажет. Қағылған қадалардың көтергіштік қабілеті, әсіресе әлсіз немесе орнықсыз топырақтар таралған аймақтарда, шешуші фактор болып саналады. Қаданың шөгуін дәл есептеу кезінде оның материалының қасиеттері, геометриялық өлшемдері және қоршаған топырақтың сипаттамалары ескерілуі тиіс [2]. Топырақ пен қада арасындағы өзара әрекеттесуді түсіну қаданың жүктеме әсеріндегі жұмысын болжау және құрылымды сенімді түрде көтеріп тұруын қамтамасыз ету үшін маңызды [3]. Осылайша, шөгуге бейім топырақтарда қағылған қадаларды статикалық жүктемеге сынау кезінде атмосфералық ылғалданудың қаданың көтергіштік қабілетіне әсері және оның төмендеу қаупі жан-жақты қарастырылуы қажет. Топырақты зерттеу мен материалды дұрыс таңдауды қамтитын мұндай кешенді тәсіл күрделі инженерлік-геологиялық жағдайларда қағылған қадалы іргетастарды табысты жобалау мен қолданудың негізі болып табылады [4,5].

Сынақтар Солтүстік Қазақстан аумағында орналасқан өнеркәсіптік кәсіпорынмен жасалған келісімшарт негізінде жүргізілді. Осыған байланысты жобаланатын нысанның құрылыс алаңында инженерлік-геологиялық ізденістер орындалды. Зерттеу нәтижелері бойынша 37 м барланған тереңдікке дейінгі геологиялық қимада қабат қалыңдығы мен жату тереңдігі тұрақты болатын 6 инженерлік-геологиялық элемент анықталды. ИГЭ-1 инженерлік-геологиялық элементі қатты консистенциялы, карбонатталған, қоңыр түсті құмдақ саздақпен сипатталады, оның құрамында қалыңдығы 2–3 см болатын аз ылғалды майда түйіршікті құм қабатшалары мен қосындылары бар. Бұл қабаттың табанының абсолюттік белгілері 115,63-116,60 м аралығында, ал қалыңдығы 3,0-4,4 м шегінде өзгереді. Аталған топырақтар шөгу қасиетіне ие және жер бетінің деңгейінен шамамен 4 м тереңдікке дейін таралған. Мақалада келтірілген қадалардың шөгуінің жүктемеге және уақытқа тәуелділік графиктері деформация шамасын ғана емес, сонымен қатар негізді алдын ала суландырғаннан кейін I типті шөгуге бейім топырақтар жағдайында «қада-топырақ» жүйесінің өзара әрекеттесу сипатын бағалауға мүмкіндік береді. «Жүктеме-шөгу» қисықтарын талдау жүктеме түсірудің барлық сатыларында шөгудің бірқалыпты артатынын, айқын сынулардың және үдемелі деформацияға өтудің байқалмайтынын көрсетеді [6,7]. Бұл суландырылған шөгуге бейім топырақта негізгі құрылымдық қайта құрулар ылғалдану кезеңінде жүзеге асатынын, ал кейінгі статикалық жүктеме кезінде қада негізінен топырақтың тығыздалуымен сипатталатын деформация жағдайында жұмыс істейтінін дәлелдейді. Жүктеменің бастапқы кезеңінде қада сабы мен топырақ арасындағы жанасудың іске қосылуына және қада маңындағы аймақта кернеулердің қайта бөлінуіне байланысты шамалы шөгулер байқалады. Жүктеме артқан сайын бүйірлік кедергі мен қада ұшы астындағы кедергінің біртіндеп жұмысқа тартылуы жүреді, бұл ең жоғары сынақ жүктемелеріне дейін шөгудің жедел өсуінің болмауымен расталады. Суландырылғаннан кейін шөгуге бейім топырақтарда қадалардың жұмыс істеуінің басты ерекшелігі – топырақтың құрылымдық орнықсыздығы

жойылып, жүктеме әсерінен қосымша шөгу қаупінің төмендеуі. Бұл жағдайда суланған шөгуге бейім топырақ шектеулі сығылғыштығы бар суға қаныққан құмдақ саздақ ретінде әрекет етеді, ал қадаларды қағу қада маңындағы аймақтың қосымша тығыздалуына ықпал етеді. Осы факторлар салыстырмалы түрде жоғары жүктемелер кезінде де шөгудің аз мәндерін түсіндіреді. Осылайша, алдын ала суға қанықтырылған I типті шөгуге бейім топырақтарда қадалардың көтергіштік қабілеті шөгу деформацияларымен емес, тығыздалған топырақ массивінде қаданың бүйір беті мен табанының бірлескен жұмысымен анықталатынын дәлелдейді. Шекті күй белгілерінің болмауы қадалы негіздің деформацияға қатысты айтарлықтай қоры бар екенін және оның орнықты жұмыс істейтінін көрсетеді

**Зерттеу шарттары мен әдістері.** Сынақ элементтері ретінде ұзындығы 12,0 м және қимасы 300×300 мм болатын С120.30-13 маркалы темірбетон қадалар қолданылды. Жобалық жоспарлау белгісінен 121,00 м деңгейде ростверктің салыну тереңдігі 2,60 м және қалыңдығы 100 мм бетон дайындығы ескеріліп, қазаншұңқыр түбінің белгісі 118,30 м деңгейінде қабылданды. Құрылыс алаңындағы жер бетінің абсолюттік белгісі 120,20 м құрайды. Сынақ бағдарламасына сәйкес екі тәжірибелік полигон ұйымдастырылды. №1 тәжірибелік полигонда қадалар жер бетінен тікелей қағу әдісімен орнатылды. №2 тәжірибелік полигонда қадаларды монтаждау алдын ала бұрғыланған, тереңдігі қаданың ұзындығынан 1 м кем скважиналарға жүргізілді (1-сурет). Сынақтар екі сынамалық қадада жүргізілді: №1 полигонда – TP-3 қадасы, №2 полигонда – TP-11 қадасы. Қадалардың орналасу сызбасына сәйкес TP-3 қадасы жер бетінің 120,186 м абсолюттік белгісінен 108,786 м белгісіне дейін батырылды. №2 полигонда TP-11 қадасы 119,780 м абсолюттік белгісінен 108,280 м белгісіне дейін батырылды. Әрбір қаданың батырылу тереңдігі 11,40 м құрады (3-сурет).



Сурет 1. №1 және №2 полигондардағы қағылған қадалардың орналасу сызбасы

*Негізді дайындау және топырақты суландыру.* Жоғарғы топырақ қабатының (құмдақ саздақтың) шөгуге бейімділігіне байланысты МЕМСТ 5686-2012 [8] стандартының 4.6-тармағына сәйкес негіз 3,80 м тереңдікке дейін алдын ала суландырылды. Ол үшін тәжірибелік полигонның периметрі бойынша ені 0,60 м және тереңдігі 1,10 м болатын ор қазылды, ал оның түбінен диаметрі 0,30 м және тереңдігі 2,70 м дренаждық ұңғымалар бұрғыланып, кейіннен қиыршық таспен толтырылды. Суландыру сынақтар

басталғанға дейін жүргізіліп, оларды өткізу кезеңінің барлығында жалғастырылды. Суландыру аяқталғаннан кейін шөгуге бейім, суға қаныққан топырақтан сынамалар алынып, суға қанығу дәрежесін анықтау мақсатында олардың физика-механикалық қасиеттері бойынша жиынтық ведомость құрастырылды. Үлгілердің физика-механикалық сипаттамалары 1-кестеде келтірілген.

*Қадаларды сынау әдістемесі.* Сынақтар қадалар қағылғаннан кейін 34-36 тәулік өткен соң жүргізілді, бұл жүктеме түсіру алдындағы қадалардың топырақта ұсталу мерзіміне қойылатын нормативтік талаптарға сәйкес келеді. Статикалық сынақтар анкерлі-тіреу стендінің (сурет 2а) және жүктемелік платформаның (сурет 2б) көмегімен орындалды.



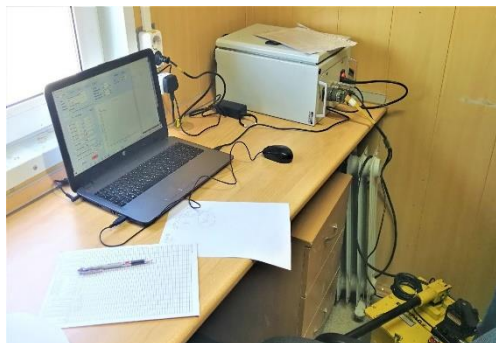
а



б



в



г

Сурет 2. Қадаларды статикалық сынақтан өткізу үдерісі

Жүктеме Энергас Р462 қол сорғысына жоғары қысымды шлангілер (РВД) арқылы қосылған ДГ200П150 маркалы гидравликалық домкратпен жасалды, ал күш мәні МА100ВУ100 манометрімен бақыланды. Қадалардың тік орын ауыстырулары (шөгуі) дәлдігі 0,01 мм болатын екі 6ПАО индикатор-прогибомер арқылы өлшенді (сурет 2в), барлық көрсеткіштер далалық сынақ журналына тіркелді.

Суық мезгілде сынақ платформасы қорғаныш жамылғымен жабылып, сынақ қадасы жүктеме берілер алдында кемінде 24 сағат бойы жылытылды. Қадаларға жүктеме сатылы түрде түсірілді. №1 тәжірибелік полигонда жүктеменің алғашқы үш сатысы 123 кН-нан, ал келесі сатылары 61 кН-нан құрап, біртіндеп 1047 кН ең жоғары мәнге дейін жеткізілді. №2 полигонда да осыған ұқсас жүктеме режимі қолданылды: алғашқы үш саты – 123 кН, одан әрі жүктеме 61 кН-нан арттырылып, 801 кН шекті жүктемеге дейін жеткізілді.

Сынақ барысында жүктеменің әрбір деңгейінде барлық бақылау-өлшеу аспаптарының көрсеткіштері тіркеліп, жүктеме шамасын бақылау және қаданың орын ауыстыруын бағалау үшін орташа мәндер есептелді. Әрбір жүктеме сатысы соңғы бір сағаттағы шөгу шамасы 0,1 мм-ден аспайтын шартты тұрақтану критерийіне жеткенге дейін ұсталды.

Ең жоғары жүктемеге жеткеннен кейін жүктеме екі еселенген сатылармен түсіріліп, әрбір кезеңде кемінде 15 минут бақылау жүргізілді. Жүктемені толық алып тастағаннан кейін серпімді қалпына келу орын ауыстыруларын бақылау мақсатында 60 минуттық бақылау ұйымдастырылып, мәліметтер әр 15 минут сайын тіркелді.

**Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау.** МЕМСТ 5686-2012 стандартының 4.6-тармағында регламенттелген технологияға сәйкес негізді 3,80 м тереңдікке дейін суландыру нәтижесінде тәжірибелік полигон шегінде шөгуге бейім топырақтың біркелкі суға қанығуы қамтамасыз етілді. Суландырудан кейінгі сынақ нәтижелері 1-кестеде келтірілген.

Физика-механикалық сынақтардың нәтижелері бойынша сынама алынған барлық тереңдіктерде ылғалдылық дәрежесінің 0,8-ден жоғары екендігі анықталды, бұл тәжірибелік полигондағы шөгуге бейім топырақты суландыруға қойылатын МЕМСТ талаптарына толық сәйкес келеді.

Кесте 1

Суға қаныққан шөгуге бейім топырақ үлгілерінің физика-механикалық қасиеттері

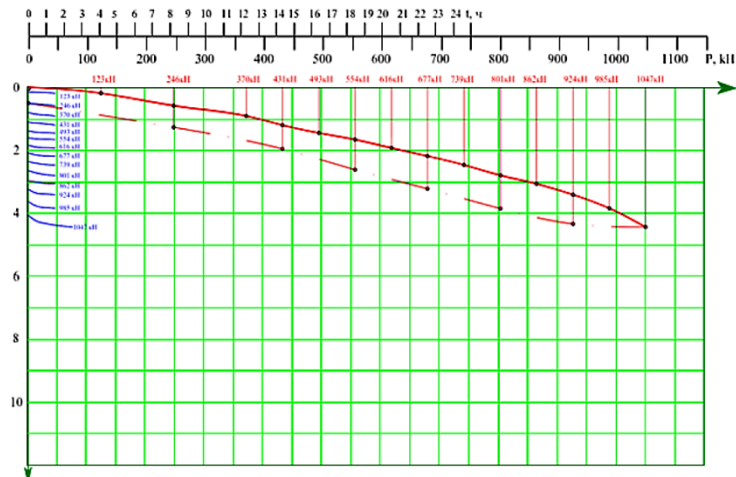
№	Өндіру	Сынама алу тереңдігі	Ағынның шекарасы, %	Илемдеу шекарасы, %	Икемділік саны, %	Табиғи ылғалдылық, %	Аққыштық көрсеткіші	ТЫҒЫЗДЫҒЫ Г/СМ <sup>3</sup>			Кеуектілік коэффициенті, W	Ылғалдылық дәрежесі	Топырақ атауы
								Табиғи	Құрғақ топырақ	Бөлшектерінің тығыздығы $\rho_d$			
1	с-1	0,7-1,0	22	17	5	20,8	0,76	1,99	1,65	2,70	0,636	0,883	Құмды саз
2	с-2	1,5-2,0	21	15	6	19,4	0,73	1,96	1,64	2,70	0,646	0,811	
3	с-3	2,5- 3,0	20	13	7	19,8	0,97	1,95	1,63	2,70	0,656	0,815	
4	с-4	3,5-4,0	18	13	5	16,4	0,63	2,03	1,74	2,70	0,556	0,802	

МЕМСТ 5686–2012 талаптарына сәйкес жүргізілген далалық сынақтардың нәтижелері бойынша №1 полигондағы қадалар үшін шекті жүктеме 1047 кН болған кезде олардың орын ауыстыруы (шөгуі) 4,71 мм құрады (3-сурет). Ал №2 полигонда шекті жүктеме 801 кН кезінде қадалардың шөгу шамасы 4,11 мм болды (4-сурет).

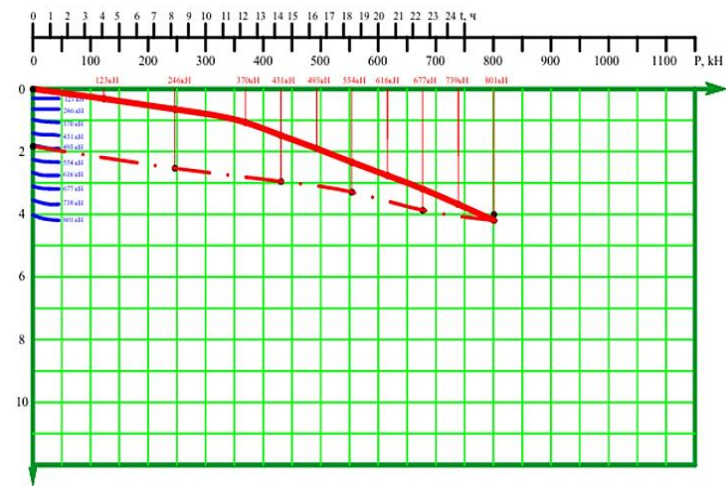
Негізді 3,8 м тереңдікке дейін алдын ала суландырғаннан кейін I типті шөгуге бейім топырақ суға қаныққан күйге өтті, бұл жағдайда шөгу деформациялары негізінен ылғалдану кезеңінде жүзеге асады, ал жүктеме әсеріндегі топырақтың кейінгі жұмысы тығыздалу сипатында болады. Осы жағдайларда қағылған қаданың жұмысы жүктемені бүйір беті бойынша кедергі және қада ұшы астындағы кедергі арқылы бірлесіп қабылдаумен анықталады.

№1 және №2 полигондардағы сынақ нәтижелерін салыстыру қадалардың ұзындығы бірдей (11,40 м) және инженерлік-геологиялық жағдайлары ұқсас болғанымен, шекті жүктеме мен деформациялану сипаты

бойынша айырмашылықтардың бар екенін көрсетті. №1 полигонда қадалар жер бетінен қағу әдісімен батырылды, бұл қада мен негіздің жанасу аймағында топырақтың қосымша тығыздалуына әкелді. Соның нәтижесінде бүйірлік кедергі де, қада ұшы астындағы кедергі де артты, бұл 4,71 мм шөгу кезінде жүктемені 1047 кН-ға дейін жеткізуге мүмкіндік берді. №2 полигонда қадалар алдын ала бұрғыланған ұңғымаларға орнатылды, бұл керісінше қада сабы маңындағы топырақтың тығыздалу дәрежесін төмендетті.



Сурет 3. №1 тәжірибелік полигон үшін қағылған қаданың шөгуінің  $S$  жүктемеге  $P$  тәуелділік графиктері және қаданың шөгуінің  $S$  уақыт бойынша  $t$  (жүктеме сатылары бойынша) өзгеруі. С120.30-13 маркалы ТР-3 қадасы, топыраққа 11,40 м тереңдікке батырылған



Сурет 4. №2 тәжірибелік полигон үшін қағылған қаданың шөгуінің  $S$  жүктемеге  $P$  тәуелділік графиктері және қаданың шөгуінің  $S$  уақыт бойынша  $t$  (жүктеме сатылары бойынша) өзгеруі

«Жүктеме-шөгу» қисықтарын (3 және 4-суреттер) талдау шекті жүктемелерге жақындаған кезде де айқын сынудың және шөгудің үдемелі

өсуінің жоқ екенін көрсетеді, бұл қада мен топырақ арасындағы өзара әрекеттесудің негізінен серпімді-пластикалық сипатта дамитынын дәлелдейді. Бұл суландырылғаннан кейін шөгуге бейім топырақтың қосымша құрылымдық қайта құру қабілетін жоғалтқанын, ал одан әрі деформациялар қада айналасындағы топырақтың сығылуы мен ығысуымен реттелетінін көрсетеді [9,10]. Сонымен қатар, қадаларды қағу қада маңындағы аймақта топырақтың қосымша тығыздалуына ықпал еткенін атап өткен жөн, бұл суға қаныққан шөгуге бейім құмдақ саздақтар үшін ерекше маңызды. Нәтижесінде жүктеменің жоғары деңгейлерінде де шөгу дамуын шектейтін неғұрлым қатты жанасу аймағы қалыптасады.

## Кесте 2

Шекті жүктеме кезіндегі қадалардың шөгуі бойынша салыстырмалы деректер

№ қада	Полигон	Ең жоғары жүктеме, кН	Қаданың шөгуі, мм
ТР-3	№1	1047	4.71
ТР-11	№2	801	4.11

С120.30-13 маркалы ТР-11 қадасы, топыраққа 11,40 м тереңдікке батырылған. Қадаларды орнату технологиясының олардың жұмыс істеуіне әсерін бағалау мақсатында екі тәжірибелік полигонда шекті тік статикалық жүктеме кезіндегі қадалардың шөгу шамаларына салыстырмалы талдау жүргізілді. №1 полигонда қадалар жер бетінен тікелей қағу әдісімен орнатылса, №2 полигонда қадалар алдын ала бұрғыланған ұңғымаларға орнатылды. Бұл әртүрлі орнату жағдайларында қадалар мен топырақтың өзара әрекеттесу ерекшеліктерін талдауға мүмкіндік берді. Далалық сынақтардың нәтижелері 2-кестеде келтірілген.

Алынған деректерді талдау нәтижелері жоғарырақ шекті жүктеме кезінде (1047 кН) қағу әдісімен орнатылған қадалардың (№1 полигон) шөгу шамалары №2 полигондағы қадалардың шөгу мәндерімен (801 кН жүктеме кезінде) шамалас екенін көрсетеді. Бұл қадаларды қағу кезінде олардың жұмыс істеу жағдайларының анағұрлым берік әрі орнықты болатынын, сондай-ақ топырақпен сенімді жанасу қалыптасып, «қада-негіз» жүйесінің қаттылығы жоғары екенін дәлелдейді.

Ең үлкен тіркелген шөгу мәні №1 полигондағы ТР-3 қадасы үшін 4,71 мм болды, бұл 1000 кН-нан асатын жүктеме кезінде рұқсат етілетін шама болып табылады және конструкцияның беріктік пен деформацияланғыштық талаптарына сай келетінін растайды. Ең төмен шөгу мәндері №2 полигондағы ТР-11 қадасы үшін 3,85 мм деңгейінде тіркелді, алайда бұл едәуір төмен жүктеме жағдайында алынған.

Нақты шөгу мәндерін нормативтік шекті көрсеткіштермен салыстыру. Қолданыстағы нормативтік құжаттардың (МЕМСТ 5686-2012) талаптарына сәйкес, статикалық сынақтар кезінде жеке қадалардың рұқсат етілетін шөгуі, әдетте, ғимараттың түріне және іргетастың есептік сұлбасына байланысты 20-40 мм аралығында болады.

Сынақтар нәтижесінде алынған нақты шөгу мәндері нормативтік шекті мәндерден айтарлықтай төмен:

- 1047 кН жүктеме кезінде – 4,71 мм (№1 полигон);
- 801 кН жүктеме кезінде – 4,11 мм (№2 полигон).

Бұл қадалардың деформацияланудың серпімді сатысы шегінде жұмыс істейтінін және деформацияға қатысты елеулі қордың бар екенін көрсетеді.

Қадалардың шекті көтергіштік қабілетін анықтау. Екі қада үшін де шекті жүктеме келесі көрсеткіштердің жиынтық талдауы негізінде қабылданды:

- «жүктеме-шөгу» қисықтарының сипаты;
- шөгудің үдемелі өсуінің болмауы;

– МЕМ 5686–2012 стандартымен белгіленген шөгу тұрақтану критерийінің (соңғы бір сағаттағы шөгу 0,1 мм-ден аспауы) орындалуы.

Қисықтарда айқын сынулар немесе шөгудің шексіз өсуіне көшу белгілері байқалмағандықтан, қадалардың көтергіштік қабілеті шекті шөгуге жету бойынша емес, деформациялардың тұрақтылығы жөніндегі нормативтік критерий бойынша анықталды. Қабылданған 1047 және 801 кН мәндері «қада–топырақ» жүйесінің орнықты жұмыс істеуі жағдайында қол жеткізілген ең жоғары сынақ жүктемелеріне сәйкес келеді.

Осылайша, далалық сынақтардың нәтижелері I типті шөгуге бейім топырақтар жағдайында С120.30-13 маркалы темірбетон қадалардың жоғары көтергіштік қабілетін растайды, сондай-ақ өзге тең жағдайларда алдын ала бұрғыланған ұңғымаларға орнатумен салыстырғанда қадаларды классикалық қағу әдісінің артықшылығын көрсетеді.

**Қорытынды.** Далалық сынақтардың нәтижелері С120.30-13 маркалы темірбетон қағылған қадалардың I типті шөгуге бейім топырақтар жағдайында жоғары көтергіштік қабілетке ие екенін және сенімді пайдалану сипаттамаларын көрсететінін дәлелдеді. Шекті жүктеме әсерінде алынған шөгу мәндері рұқсат етілген нормативтік шектерге сәйкес келеді, бұл қадалы негіздің тиімді жұмыс істейтінін көрсетеді. Жүргізілген салыстырмалы талдау алдын ала негізді дайындау және нормативтік құжаттарда көзделген технологиялық талаптарды қатаң сақтау жағдайында, шөгуге бейім топырақтар бар күрделі инженерлік-геологиялық аймақтарда ғимараттар мен құрылыстарды салу кезінде қадаларды қағу технологиясын қолданудың орынды әрі тиімді екенін растайды.

#### **Әдебиеттер тізімі**

1. Havryliuk O., Kashoida O., Zhuk V. Modelyuvannya vzayemodiyi pali z gruntovym seredovyschem z vykorystannyam nelineynoyi matematychnoyi modeli z modifikovanyim kryteriyem mitsnosti Kulona-Mora [Simulation of pile-soil interaction using a nonlinear mathematical model with a modified Mohr–Coulomb strength criterion] // Bases and Foundations. – 2024. – No. 49. – P. 43-54. <https://doi.org/10.32347/0475-1132.49.2024.43-54>.
2. Hussein M.H., Wayne A., Woerner II W.A., Sharp M., Hwang C. Pile driveability and bearing capacity in high-rebound soils //GeoCongress 2006: Geotechnical engineering in the information technology age. – 2006. – P. 1-4. [https://doi.org/10.1061/40803\(187\)63](https://doi.org/10.1061/40803(187)63).
3. Awwad T., Yenkebayev S.B., Tsigulyov D.V., Lukpanov R.E. Analysis of Driven Pile Bearing Capacity Results by Static and Dynamic Load Tests //International Congress and Exhibition “Sustainable Civil Infrastructures: Innovative Infrastructure Geotechnology”. – Cham : Springer International Publishing, 2018. – P. 77-84.
4. Meyerhof G.G., Sastry V. Bearing capacity of piles in layered soils. Part 2. Sand overlying clay //Canadian Geotechnical Journal. – 1978. – Vol. 15. – No. 2. – P. 183-189. <https://doi.org/10.1139/t78-018>.
5. Zhussupbekov A., Zhukenova G., Morev I., Omarov A., Borgekova K. Geotechnical considerations of piling testing in problematical soils of West Kazakhstan // International Journal of GEOMATE. – 2018. – Vol. 15(47).

6. Zhusupbekov A., Lukpanov R., Omarov A. Experience in Applying Pile Static Testing Methods at the Expo 2017 Construction Site // Soil Mechanics & Foundation Engineering. – 2016. – Vol. 53. – No. 4. <https://doi.org/10.1007/s11204-016-9394-4>.
7. Zhussupbekov A., Omarov A. Geotechnical and construction considerations of pile foundations in problematical soils // Proceedings of the 8th Asian Young Geotechnical Engineers Conference (8AYGEC). – Astana, Kazakhstan, 2016. – P. 27-32.
8. GOST 5686-2012. Grunty. Metody polevykh ispytaniy svyami [Soils. Methods of field testing with piles]. – Introduced. 01.07.2013. – Moscow: Standartinform, 2014. – 47 p. [in Russian].
9. Zhussupbekov A.Zh., Omarov A., Yergen A., Borgekova K., Tleulnova G. Piling Designing, Installation and Testing on Problematical Soil Ground of Kazakhstan // Proceedings of the 50th Anniversary Symposium of the Southeast Asian Geotechnical Society. – 2017. – P. 77-80.
10. Baca M. Static Load Test interpretation methods of pile base capacity approximation for design of wind turbine deep foundation // Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2020. – Vol. 1614. – P. 012020. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1614/1/012020>.

*Материал редакцияға 02.09.25 түсті, 03.03.26 қабылданды.*

**Г.А. Жаирбаева<sup>1</sup>, А.Ж. Жусупбеков<sup>1</sup>, Н.У. Шакирова<sup>1</sup>,  
А.С. Мүкашева<sup>1</sup>, Г.Т. Тлеуленова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан*

#### **СТАТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ЗАБИВНЫХ СВАЙ В УСЛОВИЯХ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ I ТИПА**

**Аннотация.** В статье рассмотрены результаты полевых испытаний забивных свай на просадочных грунтах I типа, проведённых на строительной площадке ремонтно-механической мастерской строящегося завода. Целью испытаний была определена несущая способность забивных свай при вертикальной статической вдавливающей нагрузке в условиях просадочных грунтов. Статические испытания выполнены согласно требованиям ГОСТ 5686-2012. Перед нагружением проведено предварительное замачивание основания на глубину 3,8 м с целью водонасыщения просадочного грунта. В рамках изысканий проведены лабораторные испытания образцов для определения физико-механических характеристик, а также построены графики зависимости осадки от нагрузки и времени. По результатам испытаний установлено, что забивные сваи марки С120.30-13 продемонстрировали высокую несущую способность (до 1083 кН) при минимальных осадках (до 4,7 мм), что подтверждает их эффективность при строительстве в сложных инженерно-геологических условиях.

**Ключевые слова:** просадочный грунт, забивная свая, статические испытания, несущая способность.

**G.A. Zhairbayeva<sup>1</sup>, A.Zh. Zhussupbekov<sup>1</sup>, N.U. Shakirova<sup>1</sup>,  
A.S. Mukasheva<sup>1</sup>, G.T. Tleulnova<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

#### **STATIC TESTS OF DRIVEN PILES IN SUBSIDENCE SOIL CONDITIONS OF TYPE I**

**Abstract.** The article presents the results of field tests of driven piles on collapsible soils of Type I, conducted at the construction site of the repair and mechanical workshop of a plant under construction. The purpose of the tests was to determine the bearing capacity of driven piles under vertical static compressive load in conditions of collapsible soils. The static tests were performed in accordance with the requirements of GOST 5686-2012. Prior to loading, the foundation was pre-soaked to a depth of 3.8 m to achieve saturation of the collapsible soil. Within the framework of the study, laboratory tests of samples were carried out to determine their physico-mechanical characteristics, and graphs of settlement versus load and time were constructed. The test results showed that driven piles of the C120.30-13 grade demonstrated high bearing capacity (up to 1083 kN) with minimal settlements (up to 4.7 mm), confirming their effectiveness for construction under complex engineering and geological conditions.

**Keywords:** subsidence soil, driven pile, static tests, bearing capacity.