

**Е.Т. Бесімбаев, С.Е. Ниетбай\*, Д. Асылбеков, А.С. Шадқам**

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,  
Алматы, Қазақстан

**Авторлар туралы ақпарат:**

Бесімбаев Ерік Тұрашұлы – техника ғылымдарының докторы, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің профессоры, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-0869-3513>, email: erik.bessimbaev@mail.ru

Ниетбай Саят Ержанұлы – техника ғылымдарының магистрі, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің докторанты, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-9748-6830>, email: sayat\_90@inbox.ru

Асылбеков Дархан – архитектура магистрі, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің докторанты, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0003-0955-8601>, email: assylbekdarkhan@gmail.com

Шадқам Асылбек Сафарәліұлы – техника ғылымдарының магистрі, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің оқытушысы, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0001-5759-0337>, email: asylbekshadkam@gmail.com

\*Автор корреспондент: email: sayat\_90@inbox.ru

**КӨНЕ ТАРИХИ СӘУЛЕТ ЕСКЕРТКІШТЕРІНІҢ  
СЕЙСМОТҰРАҚТЫЛЫҒЫН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУДІҢ  
ГЕОТЕХНИКАЛЫҚ ӘДІСІ**

*Аңдатпа. Мақалада тарихи ғимараттарды, әсіресе сәулет ескерткіштерінің сейсмотұрақтылығын қамтамасыз ету, сейсмикалық және басқа да техногендік әсерлерді айықтау мәселелері келтірілген. Бүгінгі күндегі сейсмикалық төзімділікті қамтамасыз етудің қолданыстағы тәсілдеріне талдау жүргізіле отырып, экспериментальды-есептіеу арқасында сейсмикалық беріктікті қамтамасыз ету және оларды орнату технологиясы тұрғысынан неғұрлым тиімді геотехникалық сейсмикалық оқшаулау жүйесі келтірілген. Ұсынылып отырған геотехникалық тәсіл сейсмикалық және динамикалық әсерлер кезінде сәулет ескерткішінің орнықтылығы мен тұтастығын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.*

*Түйін сөздер: сейсмикалық әсерлер, сәулет ескерткіштері, сейсмикалық оқшаулау, геотехникалық оқшаулау тәсілі, орналастыру технологиясы.*

**Кіріспе**

Сейсмикалық құбылыстардың әсерінен жер сілкінісі деструктивті сипаттағы табиғи апат ретінде қоршаған ортаға үлкен зиян келтіріп, орасан зор шығындар мен жойылуларға әкеліп соғады. Жер сілкінісінің гипоцентрінен бөлінетін күш пен энергия сейсмикалық толқындар түрінде жер бетіне таралып, кинематикалық күш ретінде жер қыртысының деформациясын тудырып, ғимараттар мен құрылыстарды зақымдалуға ұшыратады. Жойқын жер сілкіністерінің нәтижесінде соңғы 100 жыл ішінде 5 миллионнан астам адам құрбан болып, экожүйенің материалдық шығыны ондаған миллион долларды құрады [1, 2].

Әлемдік мәдениеттің меншігі болып табылатын Қазақстан мен Орталық Азияның ең көне сәулет ескерткіштерінің едәуір бөлігі күрделі инженерлік-геологиялық жағдайларда және сейсмикалық қауіпті аймақтарда орналасқан.

Соның бірі 14 ғасырдағы сәулет-мәдени мұра Қожа Ахмет Йасауи кесенесі сейсмикалығы 7 балдық аймақта, топырағы және гидрологиялық жағдайы қиын аумақта орналасқан [3].

Осы аумақтарда соңғы 100 және одан да көп жыл ішінде болған күшті жер сілкінісі мен техногендік әсерлер сәулет ескерткіштерінің осалдығын көрсетті. Қазақстан аумағындағы тарихи көне ғимараттардың сейсмикалық төзімділігін қамтамасыз ету, оларды бастапқы тарихи келбетінде сақтау және ұрпақтан-ұрпаққа жеткізу еліміздің өзекті мәселелерінің біріне айналуда.

Осыған байланысты тұжырымдаманың мақсаты тарихи көне ғимараттардың іргетасының астынан сейсмикалық оқшаулау жүйелерін орнату арқылы сәулет ескерткіштерін сейсмикалық және техногендік әсерлерден қорғау болып табылады.

### **Материалдар мен әдістер**

Ғимараттардың сейсмикалық төзімділігін қамтамасыз етудің осы мәселесін шешу үшін елімізде және шетелде сейсмикалық жүктемелердің қарқындылығын төмендететін және ғимараттардың сейсмикалық төзімділігін арттыратын сейсмикалық қорғаудың және сейсмикалық оқшаулаудың балама көптеген әдістері мен құралдары әзірленді [4].

Сейсмикалық төзімділікті қамтамасыз етудің қолданыстағы осыған дейінгі тәсілдерін талдау нәтижесі сейсмикалық оқшаулау және сейсмикалық әсерді төмендету жүйелерінің ғылыми-техникалық негіздемесі жоқ екенін көрсетті. Сейсмикалық оқшаулау жүйелерін орнату арқылы ғимараттардың сейсмикалық және динамикалық әсерлерге төзімділігін қамтамасыз етуге, оның тұтастығын сақтауға мүмкіншілік тудыратын тиімді шешімдердің бірі болып табылатыны соңғы жылдары көп қарастырылуда [5].

Қазіргі уақытта сәулет ескерткіштерінің сейсмикалық төзімділігін қамтамасыз ету екі жолмен жүзеге асырылады:

1. Ғимараттың негізгі конструктивтік элементтерінің әсерлерге тұрақтылығын арттыру арқылы сейсмикалық төзімділігін қамтамасыз етуге бағытталған дәстүрлі шаралар кешені;

2. Ғимаратқа түсетін сейсмикалық жүктемелердің қарқындылығын төмендететін әртүрлі сейсмикалық қорғаныс және сейсмикалық оқшаулау құрылыстарын қолдануға бағытталған балама әдістер.

Ғимараттар мен құрылыстардың сейсмикалық төзімділігін, олардың өлшемдері мен беріктігін үлкейту, негізгі құрылымдық элементтердің жүк көтеру қабілетін арттыру арқылы қамтамасыз ету инженер-конструкторлардың дәстүрлі тәжірибесі болып табылады. Бұл құрылымдық элементтердің қималарының үлкейуін, инерциялық (сейсмикалық) жүктеменің ұлғаюын тудыратын, конструкцияның қаттылығы мен салмағының артуына әкеліп соғады. Бұл процесс, сайып келгенде, құрылымның сейсмикалық төзімділігінің артуына әкелмеуі мүмкін [6].

Бүгінгі күні ғимараттардың жер сілкінісі кезіндегі кернеулі-деформациялық жағдайын сипаттайтын, құрылымдардың динамикалық күйінің анықтайтын әртүрлі есептік үлгілері әзірленіп, сейсмикалық әсерлердің қарқындылығын

төмендететін көптеген сейсмикалық қорғаныс және сейсмикалық оқшаулау жүйелері әзірленді. Қолданыстағы ғимараттарды сейсмикалық оқшаулау әдістерінің бірқатар шешімдері үшін теориялық және тәжірибелік сипаттағы көптеген зерттеулер жүргізіліп, нәтижесінде маңызды ғылыми-тәжірибелік деректер алынды [7]. Олардың тиімділігі екі критерий бойынша бағаланады: құрылымға түсетін инерциялық сейсмикалық жүктемелердің әсерін төмендету дәрежесі және қорғалатын объектінің топырақ негізіне немесе іргетасқа қатысты салыстырмалы жылжуларының шамасы. Көптеген ғылыми әзірлемелердің нәтижелері сәулет ескерткіштерінің сақталуын қамтамасыз ету тәжірибесінде өз қолдануын тапты. Осыған қарамастан, белсенді сейсмикалық оқшаулау жаңа ғылыми бағыт ретінде ғылыми-техникалық негіздемесіне ие емес, оларды тәжірибеде қолданудың нормативтік базасы жоқ.

Соңғы онжылдықтарда ғалымдар динамикалық әсерлерді бөгеттеу түрінде сейсмикалық оқшаулау жүйесін зерттеу үшін бірқатар эксперименттік және есептеу зерттеулерін жүргізді. Бұл толқындық бөгеттер бентонит ерітіндісімен, үгінділермен, құммен және т.б. толтырылған орлар мен ойықтар, сондай-ақ бетоннан, қаңылтырдан немесе қадалардан жасалған топырақтағы қабырғалар. Сонымен қатар, цифрлі модельдеу зерттеулерінің арқасында есептеу әдістерімен сейсмикалық оқшаулау мәселесін терең зерттеуге мүмкіндік туды.

Сейсмикалық оқшаулау әдістерінің әрқайсысы жұмыс істеу принципімен, сілкініс әсерін өшіру құралдарымен және жердегі тербелістерден ғимаратты оқшаулау жүйелерінің жұмыс істеу сипатымен ерекшеленеді. Сәулет ескерткіштерін сақтаудың маңызды мәселелерін шешуге мүмкіндік беретін балама әдістерге ғимаратты жер сілкінісінің беткі толқындарынан немесе жер асты жарылыстарынан қорғайтын демферлер түріндегі көлденең және тік сейсмикалық кедергілерді орналастырудың геотехникалық әдісі жатады [8].

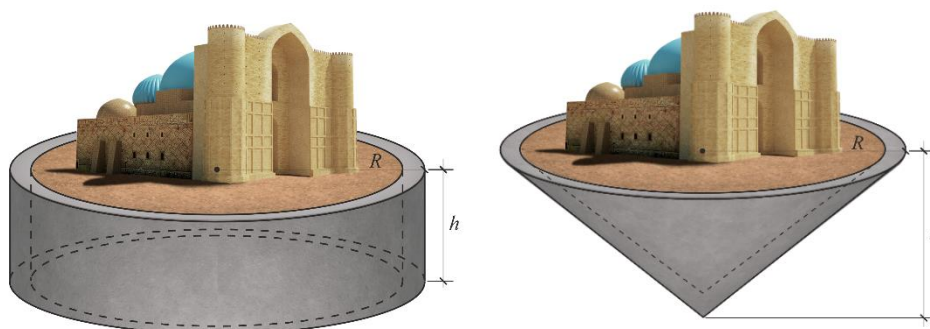
Біздің тұжырымдамамыз бойынша көне сәулет ескерткіштерінің сейсмотұрақтылығын қамтамасыз ету кешенді жүйеде қарастырылу керек;

- жер сілкінісі кезінде сәулет ескерткіштері элементтерінің сейсмикалық әсерге өзара әрекеттесуін анықтау мақсатында «іргетас негізі – ғимарат» жүйесінің бірлескен жұмысын математикалық модельдеуі жүргізу;
- ғимараттағы жер сілкінісі энергиясының төмендетуге арналған сейсмикалық толқындарды оқшаулау жүйесі мен ғимараттың әрекеттесуін модельдеу;
- сейсмикалық оқшаулау жүйесінің техникалық параметрлерінің тиімділігін ғылыми-тәжірибелік тұрғыдан анықтау;
- сейсмотұрақтылығын қамтамасыз ету және пайдалану кезеңдеріндегі сәулет ескерткіштерінің сақталуы мен тұтастығының ұйымдастыру-технологиялық сенімділігін анықтау.

### **Нәтижелер және талқылау**

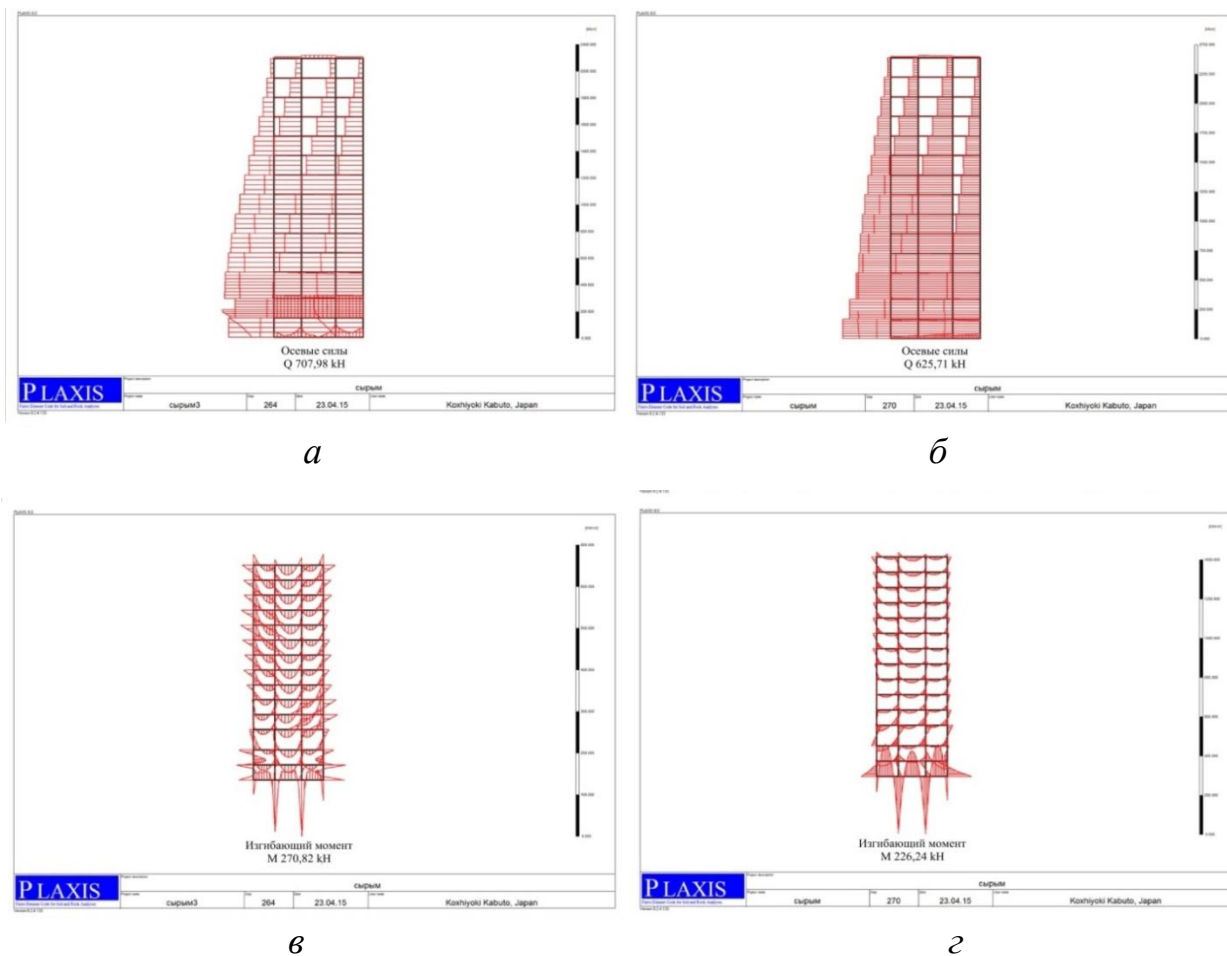
Көне сәулет ескерткіштерін сақтау мақсатында біз сейсмикалық әсерлер кезінде сейсмикалық төзімділікті қамтамасыз ету сенімділігімен және дайындау технологиясымен ерекшеленетін демпфер-экран түріндегі сейсмикалық кедергілерді орнату арқылы сейсмикалық оқшаулаудың альтернативті геотехникалық

әдісін ұсынып отырмыз (1-сур.). Ұсынылып отырған әдіс математика, механика, информатика, геотехника, сейсмология, сейсмикалық төзімділік және заманауи құрылыс технологияларының қиылысындағы есептерді шешуді қарастырады.



1-сурет – Демпфер-экранны түріндегі геотехникалық оқшаулау жүйесінің конструктивтік схемасы

Сейсмикалық әсерлерге арналған демпфер-экранны түріндегі сейсмикалық кедергілердің «іргетас негізі – ғимарат» жүйесінің үлгілеріне жүргізілген зерттеулерде әртүрлі материалдардан жасалған демпферлік қабаттардың тиімділігін көрсетті [9].



2-сурет – Осьтік күштер мен иілу моменттерінің эпюралары:  
*а, в* – сейсмикалық оқшауланбаған ғимарат;  
*б, г* – сейсмикалық оқшаулау негізі бар ғимаратта.

Біздің осының алдындағы жүргізілген зерттеулерімізде демпфер-экранының тиімділігі биіктігі он екі қабатты Алматыдағы «GrandAsia» бизнес орталығын ғимаратының, дәстүрлі сейсмикалық күшейту және сейсмикалық оқшаулау негізі бар модельдерін PLAXIS бағдарламалық кешені көмегімен салыстырмалы есептеу процесінде анықталған [10]. Есептеу нәтижелері сейсмикалық оқшаулау негізі бар ғимаратта көлденең деформациялар (жылжулар) сейсмикалық оқшауланбаған ғимаратқа қарағанда төмен болатыны дәлелденді. Зерттеу нәтижесі бойынша (2-сур.) осьтік күштер мен иілу моменттерінің эпюралары арасындағы үлкен айырмашылықты көруге болады. Мұнда, сейсмикалық оқшаулау негізі бар ғимаратта осьтік күштер мен иілу моменттерінің мәндері сейсмикалық оқшауланбаған ғимаратқа қарағанда 30-40% төмен болып шықты. Сонымен қатар, ғимараттың негізіндегі горизонтальды деформация мәні сейсмикалық оқшауланбаған ғимаратта – 5,98 мм, ал сейсмикалық оқшаулау негізі бар ғимаратта – 4,25 мм екендігі анықталды.

Бұл жағдайда демпфер-экранның беттік толқындарды қабылдайтын кедергі ретінде сілкініс энергиясын жұтады және құрылымдық элементтерге, мысалы бағандарда, арқалықтарда динамикалық әсер ету күшін азайтады. Демпферлік экранмен жүргізілген есептеу зерттеулері осы сейсмикалық оқшаулау жүйесінің тиімділігін көрсетті. Осыған ұқсас нәтижелер басқа жылжымалы қабат түріндегі сейсмикалық оқшаулауды қолданатын зерттеулерде алынды [9, 10, 11].

Дегенімен, әртүрлі сейсмикалық оқшаулау жүйелерінің тиімділігіне қатысты сұрақтар әлі де бар. Жүйелердің тиімділігін бағалау көптеген факторларға байланысты, мысалы, демпферлік экрандарының пішіні мен параметрлік өлшемдері, олардың конструкциялық схемасы, сейсмикалық толқындарды шағылдырғыш немесе жұтқыш ретінде қолданылатын экран материалдарының қасиеттері, «іргетас негізі – ғимарат» жүйесінің динамикалық моделіндегі демпферлік материалдың қызметі және т.б.

### **Қорытынды**

1. Сейсмикалық қорғау және сейсмикалық оқшаулау тәжірибесіне талдамалық шолу сәулет ескерткіштерінің сейсмикалық төзімділігін қамтамасыз ету үшін нақты шешімнің пайдалылығын және олардың тиімділігін ғылыми-техникалық негіздеудің бірыңғай әдістемесінің жоқтығын көрсетеді. Бүгінгі таңда әзірленген сейсмикалық оқшаулаудың тәжірибелік әдістері мен құралдары сейсмикалық әсердің өзгеруін ескере отырып, жер сілкінісі кезінде негіздік топырақ пен ғимараттың өзара әрекеттесуін, бірлескен жұмысын әрдайым көрсете бермейді.

2. Қолданыстағы теориялық және тәжірибелік зерттеу әдістері «негіздік топырақ – сейсмикалық оқшаулау жүйесі – ғимарат» жүйесін модельдеуге, алғышарттары және олардың өзара әрекеттесуінің шектік шарттарын анықтауға, жер сілкінісі кезіндегі сәулет ескерткіштерінің динамикалық жағдайын сипаттауға мүмкіндік береді.

3. Геотехникалық әдістің теориялық негіздері сейсмикалық оқшаулаудың біртұтас әдіснамасы мен ғылыми-техникалық негіздемесін жүйелеуге және құруға мүмкіндік беріп, сейсмикалық төзімділікті және сәулет ескерткіштерін сақтауды жақсартатын жаңа ғылыми бағыт ретінде қолдануға болады.

4. Геотехникалық әдістің тәжірибелік маңыздылығы сәулет ескерткіштерінің сейсмикалық төзімділігін оқшаулау жүйелерін орнату арқылы қамтамасыз ету үшін оларды орналастырудың жаңа технологиясын тап етпейді.

5. Геотехникалық әдіс тұжырымдамасы Қазақстанның тарихи-мәдени мұрасы объектілерін сақтауға және қалпына келтіруге бағытталған орасан зор әлеуметтік, экономикалық, экологиялық, ғылыми-техникалық нәтиже береді.

#### Әдебиеттер:

1. Жунусов Т.Ж. Основы сейсмостойкости сооружений (Прикл. курс) Для строит. спец. Вузов, 270 с.1990 Алма-Ата. URL: <https://rusneb.ru › catalog> (In Russian).
2. Parolai S., Zschau J., Begaliev U. Preface: Earthquake Model Central Asia: seismic hazard and risk assessment in Central Asia. *Annals of Geophysics, Special Issue. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*, 2015. – 58, 1, S0101. URL: <https://www.annalsofgeophysics.eu/index.php/annals/article/view/6784/6457>.
3. Ордабаев А., Проблемы изучения, охраны и реставрации памятников архитектуры на примере Мавзолея Ходжи Ахмеда Ясави. 2017. URL: <https://vlast.kz/gorod/22023-problemy-izuceniya-ohrany-i-restavracii-pamatnikov-arhitektury-na-primere-mavzolea-hodzi-ahmeda-asavi.html>.
4. Кириков Б. История сейсмостойкости древних сооружений. Мюнхен, А. Jochim Vela Verlag. 2020, С. 197. URL: [http://www.kirikov-boris.de/data/Istorija\\_sejsmostojkosti\\_drevnih\\_sooruzhenij.pdf](http://www.kirikov-boris.de/data/Istorija_sejsmostojkosti_drevnih_sooruzhenij.pdf).
5. Джинчвелашвили Г.А., Колесников А.В., Заалишвили В.Б., И. С. Годустов. Перспективы развития систем сейсмоизоляции современных зданий и сооружений. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2009. – № 6. – С. 27-31. URL: [https://lira-soft.com/download/present/SSBS-2009-06\\_p27-31\\_Dzhinchvelashvili.pdf](https://lira-soft.com/download/present/SSBS-2009-06_p27-31_Dzhinchvelashvili.pdf).
6. Абакаров А.Д., Омаров Х.М. Сейсмическая реакция каркасных зданий с комбинированной системой сейсмозащиты. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2017;44 (1):116-126. DOI: <https://doi.org/10.21822/2073-6185-2017-44-1-116-126>.
7. Черепинский Ю.Д. Сейсмоизоляция жилых зданий. Алматы, 2003. URL: [http://89.218.44.250 › CGI › cgiirbis\\_64](http://89.218.44.250 › CGI › cgiirbis_64).
8. Dudchenko A., Dias D., Kuznetsov S., Pile Rows for Protection from Surface Waves, (2022) *Lecture Notes in Civil Engineering*, 170, pp. 433 - 445. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-79983-0\\_40](https://doi.org/10.1007/978-3-030-79983-0_40).
9. Orekhov V.V., Negahdar H. Efficiency of Trench Barriers Used to Protect Structures from Dynamic Loads and Study of the Stress — Strain State of Soils Based on Strain Hardening and Elastic Models. Вестник МГСУ. 2013, 3, P. 105—113. URL: [http://vestnikmgsu.ru › issue › article.download › 2013 › 3 \(Print\)](http://vestnikmgsu.ru › issue › article.download › 2013 › 3 (Print)).
10. Бесимбаев Е.Т., Буганова С.Н., Муханбетжанов С.Т. Сейсмоизолирующий «экран - оболочка» для снижения сейсмических воздействий на здания и сооружения. Вестник ТарГУ «Природопользование и проблемы антропоферы» Тараз: Dulaty university, 2021. – 433 с <https://dulaty.kz/ru/component/k2/item/2397-vestnik-dulaty-university.html> (in Russian)
11. Абовский П.Н. Конструктивная сейсмобезопасность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях: препринт / под ред. Н.П. Абовского – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2009. - 186с. <http://isi.sfu-kras.ru/sites/is.institute.sfu-kras.ru/files/konstruktivnaja%20sejsmobeзопасnost.pdf> (in Russian)

**References:**

1. Zhunusov T.Zh. *Fundamentals of seismic resistance of structures (Applied course) For building specialist. Universities*, 270 p.1990 Alma-Ata. URL: [https://rusneb.ru > catalog](https://rusneb.ru/catalog) (In Russian)
2. Parolai S., Zschau J., Begaliev U. *Preface: Earthquake Model Central Asia: seismic hazard and risk assessment in Central Asia. Annals of Geophysics, Special Issue. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*, 2015. - 58, 1, S0101. URL: <https://www.annalsofgeophysics.eu/index.php/annals/article/view/6784/6457>
3. Ordabaev A. *Problems of study, protection and restoration of architectural monuments on the example of the Mausoleum of Khoja Ahmed Yasawi. Published: March 09, 2017* <https://vlast.kz/gorod/22023-problemy-izucenia-ohrany-i-restavracii-pamatnikov-arhitektury-na-primere-mavzolea-hodzi-ahmeda-asavi.html> (In Russian)
4. Kirikov B. *The history of seismic resistance of ancient structures. Munich, A. Jochim Vela Verlag 2020, 197 pp.* [http://www.kirikov-boris.de/data/Istorija\\_sejsmostojkosti\\_drevnih\\_sooruzhenij.pdf](http://www.kirikov-boris.de/data/Istorija_sejsmostojkosti_drevnih_sooruzhenij.pdf) (In Russian)
5. Jinchvelashvili, G.A. *Prospects for the development of seismic isolation systems for modern buildings and structures / G. A. Dzinchvelashvili, A. V. Kolesnikov, V. B. Zaalishvili, I. S. Godustov // Seismic-resistant construction. Building safety. - 2009. - No.6. - S.27-31.* [https://lira-soft.com/download/present/SSBS-2009-06\\_p27-31\\_Dzinchvelashvili.pdf](https://lira-soft.com/download/present/SSBS-2009-06_p27-31_Dzinchvelashvili.pdf) (In Russian)
6. Abakarov A.D., Omarov Kh.M. *Seismic response of frame buildings with a combined seismic protection system. Bulletin of the Dagestan State Technical University. Technical science. 2017;44(1):116-126. DOI:10.21822/2073-6185-2017-44-1-116-126* [https://cyberleninka.ru > article > seysmicheskaya-reakts.](https://cyberleninka.ru/article/seysmicheskaya-reakts)
7. Cherepinsky Yu. D. *Seismic isolation of residential buildings. Almaty, 2003.* [http://89.218.44.250 > CGI > cgiirbis\\_64.](http://89.218.44.250/>CGI/>cgiirbis_64)
8. Dudchenko A., Dias D., Kuznetsov S., *Pile Rows for Protection from Surface Waves, (2022) Lecture Notes in Civil Engineering, 170, pp. 433 – 445. DOI:10.1007/978-3-030-79983-0\_40* [https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0\\_85119858003&doi=10.1007%2f978-3-030-79983\\_0\\_40&partnerID=40&md5=ce1847842f3b7bd7ee52a0be1abe9b4c.](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0_85119858003&doi=10.1007%2f978-3-030-79983_0_40&partnerID=40&md5=ce1847842f3b7bd7ee52a0be1abe9b4c)
9. Orekhov V.V., Negahdar H. *Efficiency of Trench Barriers Used to Protect Structures from Dynamic Loads and Study of the Stress – Strain State of Soils Based on Strain Hardening and Elastic Models. Vestnik MGSU. 2013. No. 3. P. 105-113* [http://vestnikmgsu.ru > issue > article.download > 2013 > 3 \(Print\).](http://vestnikmgsu.ru/>issue/>article.download/>2013/>3(Print))
10. Besimbaev E.T., Buganova S.N., Mukhanbetzhanov S.T. *Seismic insulating "screen - shell" to reduce seismic impacts on buildings and structures. Bulletin of TarSU "Nature management and problems of the anthroposphere" Taraz: Dulaty university, 2021. - 433 p.* <https://dulaty.kz/ru/component/k2/item/2397-vestnik-dulaty-university.html> (in Russian)
11. Abovsky P.N. *Constructive seismic safety of buildings and structures in complex soil conditions: preprint / ed. N.P. Abovsky - Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2009. -. 186s.* <http://isi.sfu-kras.ru/sites/is.institute.sfu-kras.ru/files/konstruktivnaja%20sejsmbezopasnost.pdf> (in Russian)

**Е.Т. Бесимбаев, С.Е. Ниетбай\*, Д. Асылбеков, А.С. Шадкам**

Казахский национальный технический университет  
имени К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

**Информация об авторах:**

Бесимбаев Ерик Турашевич – доктор технических наук, профессор Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-0869-3513>, email: erik.bessimbaev@mail.ru.

Ниетбай Саят Ержанулы – магистр технических наук, докторант Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-9748-6830>, email: sayat\_90@inbox.ru

Асылбеков Дархан – магистр архитектуры, докторант Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0003-0955-8601>, email: assylbekdarkhan@gmail.com

Шадкам Асылбек Сафаралиулы – магистр технических наук, докторант Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0001-5759-0337>, email: asylbekshadkam@gmail.com

## ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ДРЕВНИХ ИСТОРИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы обеспечения сейсмостойкости исторических зданий, особенно памятников архитектуры, снижения сейсмических и других техногенных воздействий. Анализируя существующие на сегодняшний день способы обеспечения сейсмостойкости, были выведены наиболее эффективные с точки зрения обеспечения сейсмостойкости геотехнические системы сейсмоизоляции и технология их монтажа за счет экспериментально-расчетных исследований. Предлагаемый геотехнический подход позволяет обеспечить устойчивость и целостность памятника архитектуры при сейсмических и динамических воздействиях.

**Ключевые слова:** сейсмические воздействия, памятники архитектуры, сейсмоизоляция, метод геотехнической изоляции, технология размещения.

**Ү.Т. Bessimbayev, S.E. Niyetbay, D. Asylbekov, A.S. Shadkam**

Kazakh National Technical University named after K. I. Satpaeva,

Almaty, Kazakhstan

### **Information about the authors:**

Bessimbayev Yerik Turashevich – doctor of technical sciences, professor of the Kazakh National Technical University named after K. I. Satpaev, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-0869-3513>, email: erik.bessimbaev@mail.ru

Niyetbay Sayat Erzhanuly – master of technical sciences, doctoral student of the Kazakh National Technical University. K.I. Satpaev, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-9748-6830>, email: sayat\_90@inbox.ru

Asylbekov Darkhan – master of architecture, doctoral student of the Kazakh National Technical University named after K.I. Satpaeva, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0003-0955-8601>, email: assylbekdarkhan@gmail.com

Shadkam Assylbek Safaraliuly – master of technical sciences, doctoral student of the Kazakh National Technical University named after K.I. Satpaeva, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0001-5759-0337>, email: asylbekshadkam@gmail.com

## GEOTECHNICAL METHODS FOR SEISMIC RESISTANCE OF ANCIENT HISTORICAL BUILDINGS AND MONUMENTAL ARCHITECTURE

**Abstract.** The article deals with issues of ensuring seismic resistance of historical buildings, especially architectural monuments, reducing seismic and other man-made impacts. Analyzing the existing methods of ensuring seismic resistance, the most effective geotechnical systems of seismic isolation and their installation technology from the point of view of ensuring seismic resistance have been determined through experimental and computational studies. The proposed geotechnical approach allows to ensure the stability and integrity of the monument architecture under seismic and dynamic influences.

**Keywords:** seismic effects, monumental architecture, seismic isolation, method of geotechnical isolation, placement technology.