

ISSN (Print) 2616-7263
ISSN (Online) 2663-1261

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

ХАБАРШЫСЫ

BULLETIN

of L.N. Gumilyov
Eurasian National University

ВЕСТНИК

Евразийского национального
университета имени Л.Н. Гумилева

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР сериясы

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGY Series

Серия ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ
№ 3(136)/2021

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Нұр-Сұлтан, 2021

Nur-Sultan, 2021

Нур-Султан, 2021

Бас редакторы **Мерзадинова Г.Т.**
т.ғ.д, проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Бас редактордың орынбасары **Жусупбеков А.Ж.**
т.ғ.д, проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Бас редактордың орынбасары **Тогизбаева Б.Б.**
т.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Бас редактордың орынбасары **Сарсембаев Б.К.**
т.ғ.к., доцент, Назарбаев университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Редакция алқасы

Акира Хасегава	проф., Хачинохе технологиялық институты, Хачинохе, Жапония
Акиитоши Мочизуки	проф., Токусима Университеті, Токусима, Жапония
Базарбаев Д.О.	PhD, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Байдабеков А.К.	т.ғ.д. проф., Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Дер Вэн Чанг	проф., Тамкан Университеті, Тайбэй, Тайвань
Жумагулов М.Г.	PhD, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Закирова А.Б.	п.ғ.к. (комп. ғылымдар), доцент, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Йошинори Ивасаки	проф., Геологиялық зерттеулер институты, Осака, Жапония
Калякин В.Н.	проф., Делавэр Университеті, Ньюарк, АҚШ
Куц С.	проф., Краков технологиялық университеті, Краков, Польша
Сахапов Р.Л.	проф., Қазан мемлекеттік сәулет-құрылыс университеті, Қазан, Ресей
Тадатсугу Танака	проф., Токио Университеті, Токио, Жапония
Тулбекова А.С.	PhD, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Хое Линг	проф., Колумбия Университеті, Нью-Йорк, АҚШ
Утепов Е.Б.	PhD, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Чекаева Р.У.	а.к., проф., Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Шахмов Ж.А	PhD, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Юн Чул Шин	проф., Инчон ұлттық университеті, Инчон, Оңтүстік Корея

Редакцияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Сәтбаев к-сі, 2, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 402 б.
Тел: +7 (7172) 709-500 (ішкі 31-428). E-mail: vest_techsci@enu.kz

Жауапты хатшы, компьютерде беттеген: А. Бекбаева

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы.

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР сериясы

Меншіктенуші: КеАҚ "Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті"

Мерзімділігі: жылына 4 рет

Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігімен тіркелген

19.04.2021ж. № KZ31VPY00034682 қайта есепке қою туралы куәлігі

Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Қажымұқан к-сі 13/1

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

Тел: +7 (7172)709-500 (ішкі 31-428). Сайт: <http://bultech.enu.kz>

Editor-in-Chief **Gulnara Merzadinova**
Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan
Deputy Editor-in-Chief **Askar Zhussupbekov**
Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan
Deputy Editor-in-Chief **Baglan Togizbayeva**
Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan
Deputy Editor-in-Chief **Bayandy Sarsembayev**
Assoc. Prof., Nazarbayev University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Editorial board

Akira Hasegwa	Prof., Hachinohe Institute of Technology, Hachinohe, Japan
Akitoshi Mochizuki	Prof., University of Tokushima, Tokushima, Japan
Daniyar Bazarbayeva	Assoc. Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Auez Baydabekov	Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Der Wen Chang	Prof., Tamkang University, Taipei, Taiwan (ROC)
Mihail Zhumagulov	Assoc. Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Alma Zakirova	Assoc. Prof. (comp. sci.), L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Yoshinori Iwasaki	Prof., Geo Research Institute, Osaka, Japan
Viktor Kalakin	Prof., University of Delaware, Newark, Delaware, USA
Sabina Kuc	Prof., Cracow University of Technology, Cracow, Poland
Rustem Sakhapov	Prof., Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia
Tadatsugu Tanaka	Prof., University of Tokyo, Tokyo, Japan
Tulebekova Assel	Assoc. Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Hoe Ling	Prof., Columbia University, New York, USA
Yelbek Uteпов	Assoc. Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Rahima Chekaeva	Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Zhanbolat Shakhmov	Assoc. Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Eun Chul Shin	Prof., Incheon National University, Incheon, South Korea

Editorial address: 2, Satpayev str., of. 402, L.N. Gumilyov Eurasian National University,
Nur-Sultan, Kazakhstan, 010008

Tel.: +7 (7172) 709-500 (ext. 31-428), E-mail: vest_techsci@enu.kz

Responsible secretary, computer layout: Aliya Bekbayeva

Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University.

TECHNICAL SCIENCES and TECHNOLOGY Series

Owner: Non-profit joint-stock company «L.N. Gumilyov Eurasian National University»

Periodicity: 4 times a year

Registered by the Ministry of Information and Communication of the Republic of Kazakhstan

Rediscount certificate № KZ31VPY00034682 from 19.04.2021

Address of Printing Office: 13/1 Kazhimukan str., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan 010008

Tel: +7 (7172) 709-500 (ext.31-428). Website: [http:// bultech.enu.kz](http://bultech.enu.kz)

Главный редактор **Мерзадинова Г.Т.**
д.т.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Зам. главного редактора **Жусупбеков А.Ж.**
д.т.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Зам. главного редактора **Тогизбаева Б.Б.**
д.т.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Зам. главного редактора **Сарсембаев Б.К.**
д.т.н., проф., Назарбаев университет, Нур-Султан, Казахстан

Редакционная коллегия

Акира Хасегава	проф., Технологический институт Хачинохе, Хачинохе, Япония
Акитоши Мочизуки	проф., Университет Токусима, Токусима, Япония
Базарбаев Д.О.	PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Байдабеков А.К.	д.т.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Дер Вэн Чанг	проф., Тамканский Университет, Тайбэй, Тайвань
Жумагулов М.Г.	PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Закирова А.Б.	к.п.н. (комп. науки), доцент, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Йошинори Ивасаки	проф., Институт геологических исследований, Осака, Япония
Калякин В.Н.	проф., Делаверский Университет, Ньюарк, США
Куц С.	проф., Краковский технологический университет, Краков, Польша
Сахапов Р.Л.	проф., Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Казань, Россия
Тадатсугу Танака	проф., Токийский Университет, Токио, Япония
Тулбекова А.С.	PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Хое Линг	проф., Колумбийский университет, Нью-Йорк, США
Утепов Е.Б.	PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Чекаева Р.У.	к.а., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Шахмов Ж.А.	PhD, доцент, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Юн Чул Шин	проф., Инчхонский национальный университет, Инчхон, Южная Корея

Адрес редакции: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Сатпаева, 2, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, каб. 402
Тел: +7(7172) 709-500 (вн. 31-428). E-mail: vest_techsci@enu.kz

Ответственный секретарь, компьютерная верстка: А. Бекбаева

Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева.

Серия ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ

Собственник: НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева»

Периодичность: 4 раза в год

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан

Свидетельство о постановке на переучет № KZ31VPY00034682 от 19.04.2021 г.

Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Кажымукана, 13/1, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева

Тел.: +7(7172)709-500 (вн.31-428). Сайт: <http://bultech.enu.kz>

МАЗМҰНЫ/ CONTENTS/ СОДЕРЖАНИЕ

<i>Н.Т. Алибекова, А.К. Абишева, А.К. Алдунгарова</i> Арнайы геотехникалық карталарды құруды рәсімдеу мәселесі бойынша <i>N.T. Alibekova, A.K. Abisheva, A.K. Aldungarova</i> On the issue of formalization of the creation of special geotechnical maps <i>Н.Т. Алибекова, А.К. Абишева, А.К. Алдунгарова</i> К вопросу формализации создания специальных геотехнических карт	7
<i>S. Saarelainen, H. Gustavsson</i> Топырақтың аязға бейімділігін анықтау туралы <i>S. Saarelainen, H. Gustavsson</i> On determining frost susceptibility of soils <i>S. Saarelainen, H. Gustavsson</i> Об определении морозостойкости почв	20
<i>А. Буранбаева, А.Ж. Жусупбеков, А. Омаров</i> Нұр-Сұлтан қаласындағы Абу-Даби Плаза жертөлесінің тақтанегіздерінің геомониторингі <i>A. Buranbayeva, A.Zh. Zhussupbekov, A. Omarov</i> Geo-monitoring of basement slab at Abu-Dhabi Plaza in Nur-Sultan City, Kazakhstan <i>А. Буранбаева, А.Ж. Жусупбеков, А. Омаров</i> Геомониторинг подвальной плиты в рамках проекта Абу-Даби Плаза в городе Нур-Султан	25
<i>Р.У. Чекаева, А.Т. Семби, М.К. Семби</i> Сарыарқа мәдени архитектурасының ескерткіштері <i>R.U. Chekaeva, A.T. Sembi, M.K. Sembi</i> Monuments of cultural architecture of Saryarka <i>Р.У. Чекаева, А.Т. Семби, М.К. Семби</i> Памятники культовой архитектуры Сарыарки	33
<i>Н.Б. Сәрсенбаев, Б.К. Сәрсенбаев, Ж.Т. Айменов, А.Ж. Айменов, Н.Б. Айнабеков</i> Ең тиімді толтырғыштарды қолдана отырып, ұсақ клинкерлі цементтерді алудың құрамы мен технологиясын оңтайландыру <i>N.B. Sarsenbayev, B.K. Sarsenbayev, Zh.T. Aimenov, A.Zh. Aimenov, N.B. Ainabekov</i> Optimization of compositions and technology of production of small-clinker floured cements using the most effective fillers <i>Н.Б. Сәрсенбаев, Б.К. Сәрсенбаев, Ж.Т. Айменов, А.Ж. Айменов, Н.Б. Айнабеков</i> Оптимизация состава и технологии производства мелкоклинкерных цементов с использованием наиболее эффективных наполнителей	46
<i>А.С. Түлебекова, А. Жанкина</i> Құрылыстағы техникалық реттеу <i>A. Tulebekova, A. Zhankina</i> Technical regulation in the construction <i>А.С. Түлебекова, А. Жанкина</i> Техническое регулирование в строительстве	56
<i>А.С. Кадыров, А.А. Ганюков, К.Г. Балабекова</i> Мобильді жол өтпесін соңғы айырым әдісі арқылы есептеу <i>A.S. Kadyrov, A.A. Ganyukov, K.G. Balabekova</i> Calculation of a mobile overpass using the finite difference method <i>А.С. Кадыров, А.А. Ганюков, К.Г. Балабекова</i> Расчет мобильного путепровода методом конечных разностей	67

Б.Д. Сулеев, А.Б. Кенесбек, Б.Б. Тогизбаева, К.Г. Балабекова Эскаватордың қосымша жұмыс мүшесін математикалық үлгілеу

B.D. Suleev, A.B. Kenesbek, B.B. Togizbayeva, K.G. Balabekova Mathematical modeling of the additional working body of the excavator

Б.Д. Сулеев, А.Б. Кенесбек, Б.Б. Тогизбаева, К.Г. Балабекова Математическое моделирование дополнительного рабочего органа экскаватора

N.T. Alibekova¹, A.K. Abisheva^{1*}, A.K. Aldungarova²

¹L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

²Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan

*Corresponding author: abish_assem@mail.ru

On the issue of formalization of the creation of special geotechnical maps

Abstract. Today in the scientific and technical literature of Kazakhstan as well as abroad there are a significant amount of works which have been devoted to engineering-geological mapping. By means of specialized maps it is obviously possible to assess geological profile of building ground in general, and separate sites of project facilities. The assessment of geological profile of territory of cities is impossible without geoinformation technologies at the present time. Improvement of mapping services and technologies of GIS software are widely used for engineering-geological mapping, development plan of territories, forecasting dangerous natural processes and assessment of various risks. However introduction of geoinformation technologies and special engineering-geological mapping in the Republic Kazakhstan is underdeveloped and does not play a leading role in engineering practice. The article addresses formalization of the process of creating special geotechnical maps in GIS as a certain step-by-step description of the process, based on a number of principles that determine the characteristics of map indicators and the methods of mapping. Special geotechnical maps are a basis for the decision of practical problems connected with an arrangement of constructions on the building ground, a detailed planning and project formulation of building blocks. The analysis of the existing methods of assessing geological profile of the built-up territory of the city was given in order to optimize the survey and engineering work on the construction of foundations, an example of the developed geoinformation database for the analysis of geotechnical properties of soils and the development of special geotechnical maps was given in addition. Also examples of types and the reasons of deformations of buildings and constructions caused by variations in the bases of foundations, besides the research works of the authors who developed their own methods of conducting engineering and geological surveys and special geotechnical maps have been analyzed and the concepts as «engineering-geological maps», «special geotechnical maps» have been defined.

Keywords: formalization, special geotechnical maps, geoinformation system, engineering-geological surveys, deformations of buildings and constructions, engineering-geological conditions, geoinformation database, engineering-geological maps.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2021-136-3-7-19

Introduction

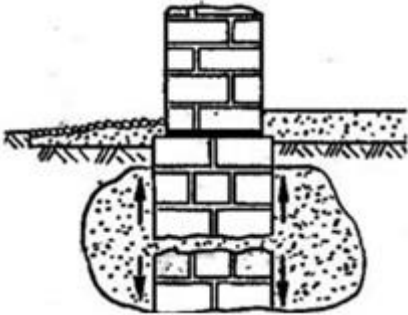
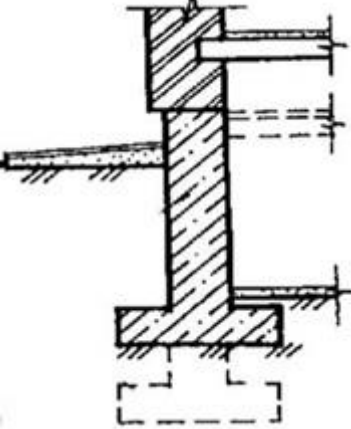
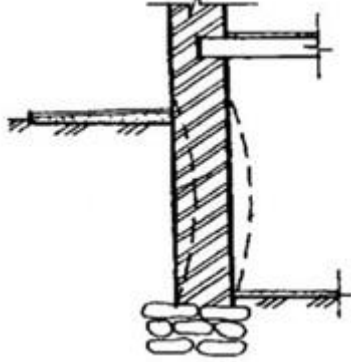
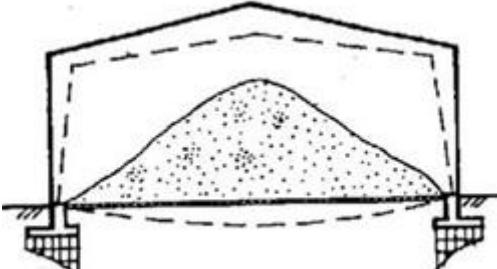
The modern construction system is organized in such a way that engineering and geological surveys, development of building projects, design of bases and foundations, work on their arrangement are carried out by organizations that poorly coordinating with each other. Their joint work is regulated by the provisions of normative documents [1 -**], unified throughout the territory of the Republic of Kazakhstan, which are not fully observed. And, despite the large volume of construction, on the territory of cities, full-scale observations of the precipitation of buildings from the moment of their construction are carried out extremely rarely and commonly for a short time. In general, design engineers return to the design objects only in cases of damage to structures caused by changes in the foundations that lead to deformations of constructions. Examples of some deformations are given in Table 1.

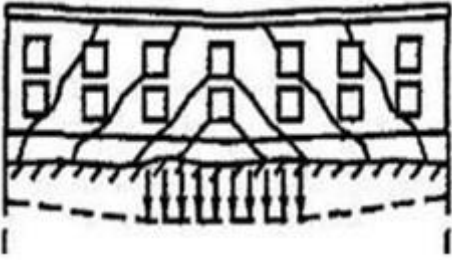
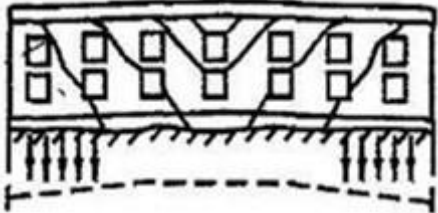
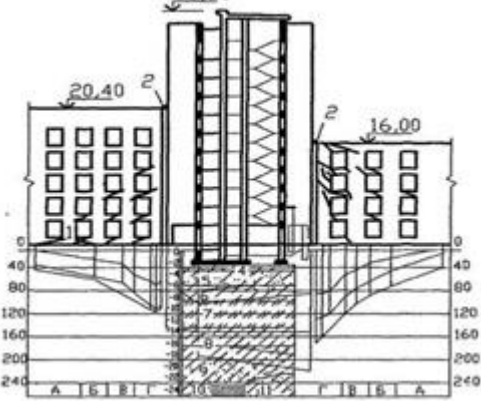
In these cases, verification calculations give little, since observations organized after the occurrence of damage do not have sufficient information content. This leads to the fact that in most cases, designers and researchers do not have full-fledged materials based on which it is possible to

check and correct the calculations of the bases, to make a reasonable choice of the precipitation forecast method considering the specific engineering and geological conditions of the region [2].

Table 1

Types and causes of deformation of structures of buildings and structures

Deformation diagram constructions	Type and reasons deformation
	<p>Breaking the foundation. <i>Possible causes of damage</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - frost heaving of base soils with incorrect foundation arrangement; - moistening of soils due to a rise in the level of groundwater or flooding of the territory and frost heaving of base soils.
	<p>Inadmissible deformations of the base. <i>Possible causes of damage:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - insufficient support area of the foundation sole; - emergency soaking of base soils; - additional loading due to the superstructure; - the presence of highly compressible soils at the base.
	<p>Deformations of the building foundation wall <i>Possible causes of damage:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - loss of strength of a brick wall; - additional load on the base surface in the immediate vicinity of the building; - frosty heaving of the soil due to improper operation of the basement.
	<p>Deformation of the frame when overloading the floor <i>Possible causes of damage:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - exceeding the permissible values of temporary long-term loads.

	<p>Building deflection <u>Possible causes of damage:</u> - incorrect structural solution of foundations on heterogeneous soils; - softening of soils in the middle of the building; - frosty heaving of soils under the ends of the building.</p>
	<p>Building bend <u>Possible causes of damage:</u> - incorrect constructive solution of foundations on heterogeneous soils; - softening of soils under the ends of the building; - frosty heaving of soils in the middle of the building.</p>
	<p>Distortion of old buildings due to the construction of a new building - inserts <u>Possible causes of damage:</u> - incorrect structural solution of the foundations in the place where the new building adjoins the old ones</p>

The construction of the foundation is determined by the climatic conditions of the construction site, the type of structure, loads and various effects (deformation, aggressive, etc.), the capabilities of the construction organization and other less significant factors. But, in addition to the above conditions, the choice of engineering and geological conditions is also of great importance [3].

When designing foundations, several options for their structures are first assigned. Sometimes, with the same design options, different methods of preparing the base are taken.

Caked fill soils and dumps of soils from coarse sands, gravelly and crushed stone soils can be used as natural bases.

The main methods of preparation of foundations on bulk soils are surface compaction with heavy rammers; ramming of foundation pits; the device of pillows; surface compaction with vibrating machines; deep compaction by punching boreholes, cutting of bulk soils with deep foundations.

For the convenience of preliminary designation of foundation structures, depending on the engineering and geological conditions of the site, the known types of soils are schematically subdivided according to their physical and mechanical characteristics and their layers in depth into separate types. The subdivision of soils according to their physical and mechanical characteristics is conditional since the same soil can be strong for low-rise buildings and fragile for multi-storey buildings. However, the conditional division of soil layers into separate schemes makes it easier to choose options. Experience shows that in the practice of surveying and designing quarterly urban development, the type of soil and geological conditions are not sufficiently considered. This leads to the irrational use of the natural

resources of the foundations for the construction of reliable and sustainable buildings and structures. This problem arises during the construction of buildings and structures on the territory of cities.

Considering the massive nature of modern construction of buildings and structures on various types of soils, it must be recognized that the development of new principles for the formation of building blocks in such conditions can give a significant economic effect [3].

For a more complete description of the issue under consideration, the research works of some authors were studied [1, 4-8], who, when achieving their goals, solved the problems of optimizing the choice of building structures under various engineering and geological conditions.

For example, in the dissertation «Analysis of geotechnical properties of soil in Astana city for optimization of lengths of piles» [1] of the applicant for the academic degree of PhD, the author N. Alibekova performed several tasks to achieve the following goal: Study and analysis of the geotechnical properties of soils in the city of Nur-Sultan (Astana) to optimize pile lengths in conditions of a variety of soil strata. The applicant completed such tasks as: generalization and analysis of methods for studying and assessing the geotechnical properties of soils the foundations of pile foundations; developing a method for assessing engineering and geological conditions; creating a geoinformation database. Using the program «Geoinformation database», an assessment of engineering and geological conditions in the built-up area of the city Nur-Sultan (Astana) was made, engineering-geological maps of Quaternary sediments and bedrocks, deposited in the city Nur-Sultan (Astana), were developed, special geotechnical zoning maps for 8 types of foundations and optimization of the lengths driven piles; the values the bearing capacity of driven piles, determined according to the calculation data and field tests, were compared; a coefficient of reliability is proposed for determining the bearing capacity of driven piles. Recommendations on the use of the program «Geoinformation database» and geotechnical zoning map are offered

In the dissertation «Features of the methodology of engineering and geological surveys in the conditions of dense urban development: on the example of the city of Moscow» [4] for the degree of candidate of technical sciences, the author E. Vorontsov carried out an analysis of the current state of the engineering and geological surveys (EGS) in urban areas, developed a research methodology and characteristics of the studied objects, determined the influence of dense urban development on the conduct of IGI, outlined fundamental approaches to the EGS technique in dense urban development and developed the main provisions of the recommended methodology EGS for the construction and reconstruction of buildings and structures in dense urban areas. The main idea of the applicant's work was to take into account the influence of the existing dense urban development in the EGS methodology on obtaining the necessary and sufficient information about the engineering and geological conditions of the projected construction (reconstruction) of buildings and structures, as well as construction objects in the zone of influence.

Author N. Tyunina in her thesis for the degree of candidate of geological and mineralogical sciences «Features of the application of the method of engineering-geological analogies in surveys in urban areas: the example of the city Moscow» [5] analyzed the current state of the theory and practice of applying the method of analogies in engineering geology, developed a research methodology and gave a characterization of the studied objects, developed the basic theoretical provisions for the application of the method of engineering and geological analogies (EGA) in surveys in urban areas, including: studying the natural and technical system «Geological environment – Construction object – Urban environment», determining the value of engineering and geological the study of the territory for the use of the EGA method, consideration of the concept and principles of applying the EGA method in surveys in urban areas. In addition, the study by the author of the features the EGA method in relation to the research tasks allowed the applicant to develop recommendations for the use of the EGA method in surveys in urban areas.

Author S. Akhazhanov in his dissertation for the degree of Doctor of Philosophy «Development of a geoinformation database for installation of bored piles in Nur-Sultan» [6] defined the purpose of the

work, namely: The creation of a geoinformation database of bored piles, considering the engineering-geological environment of Nur- Sultan. The applicant completed several tasks and received the following scientific results: using the program «Geographic Information Database» [1], a special geotechnical map was developed to optimize the lengths of bored piles; the values of the bearing capacity of bored piles, determined from the calculation data and field tests, were compared; the coefficient of reliability is proposed for determining the bearing capacity of bored piles.

The dissertation for the degree of candidate of technical sciences, the author K.Kh. Nguyen «Methodology for choosing the optimal foundations for high-rise buildings in the conditions of Ho Chi Minh City» [7]. The applicant initially studied the geographic and geological conditions of the city of Ho Chi Minh City, engineering-geological zoning for the selection of the optimal foundation, principles and experience of engineering-geological zoning, analyzed the experience of constructing foundations for high-rise buildings and foreign experience in constructing foundations for high-rise buildings, including in Vietnam. Further, the author analyzed and compared methods for determining the settlement of foundations and selected the optimal parameters of the foundation in the city. As a result, a geotechnical map was drawn up on the optimal type of foundations for multi-storey buildings in the soil conditions of Ho Chi Minh City.

The authors I. T. de Sena Nola, L.M. Zuquette in their scientific publication «Procedures of engineering geological mapping applied to urban planning in a data-scarce area: Application in southern Brazil» [8] defined the goal of the work, namely: to verify the efficacy of procedures, methods and classification schemes based on engineering geological mapping principles to generate data and maps for urban planning, restructuring (rehabilitation) and engineering projects. First, the mapping criteria, characterization methods and classification procedures were selected for the mapping and engineering geological classification of the natural geological materials and anthropogenic deposits. The results obtained for the study area provide users with data to foresee construction-related challenges (cost of engineering works, manmade slope instability and the planning of detailed geological geotechnical investigations to obtain more specific data) and environmental problems (natural slope instability, inadequate conditions for sustainable urban drainage systems). 2 complex zones were identified and delineated that are characterized by high diversity and spatial variability of the natural geological materials associated with anthropogenic deposits and morphological changes.

These studies have made a serious contribution to the methodology of engineering and geological surveys and the development of special geotechnical maps.

Currently, one of the most urgent tasks in cartography is still the formalization of the mapping process, considering the widespread use of computer technologies and GIS technologies.

According to some authors, the introduction of formal procedures in cartographic work makes it possible to automate the daily and labor-intensive stages of mapping, thereby freeing up time for experimentation and creativity in the field of cartographic modeling and map design [9].

In the general case, formalization [10] means the representation of any area content (reasoning, evidence, classification procedures, information retrieval of scientific theories) in the form of a formal system or calculus. According to some authors, the choice of suitable presentation forms is one of the first steps in formalizing and building a model. The second and probably the most difficult step in the entire process of formalizing the model should focus on the methods and rules that bind the data being processed. In the process of formalization, it is better to use tabular data of statistical studies. Text data is the least suitable for formalization.

Classification of engineering-geological maps. Engineering-geological maps [11] – type of geological maps, which show all the most important geological factors considered in planning, design, construction, operation of structures and other engineering activities, as well as in predicting changes in the geological environment under the influence of engineering and economic activities. Geotechnical maps show the age, genesis, conditions of occurrence, composition, structure and physical and mechanical properties of rocks and complexes and their distribution geomorphological characteristics of the territory,

hydrogeological conditions, and geodynamic phenomena. Maps are accompanied by sections, tables, text explanations (Fig. 1).

Geological mapping consists in the systematic and comprehensive study of natural and artificial outcrops of rocks to determine their composition of origin, age and forms of occurrence and plot their distribution on a topographic map.

Geological maps represent an image on a topographic map using conventional signs of distribution and conditions of occurrence of rocks on the earth's surface, divided by age and composition. Maps are one of the most important results of geological mapping but can also be compiled based on processing materials accumulated during geological research [11].

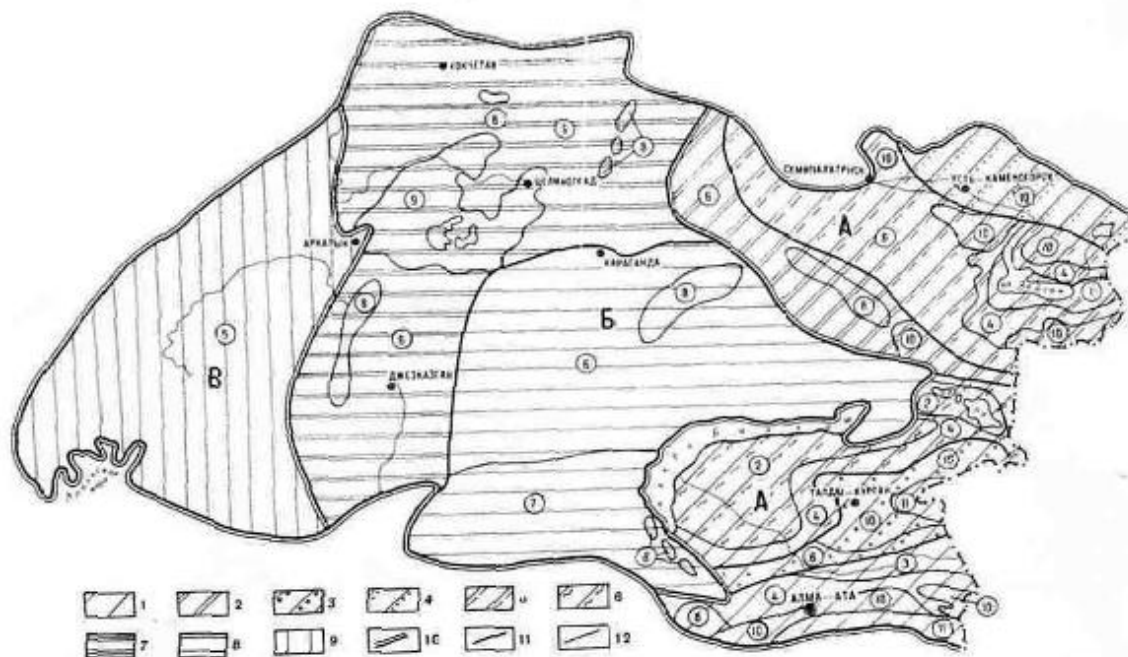


Figure 1. Example of the scheme of engineering and geological zoning of Kazakhstan

Engineering-geological regions of the first order: 1- Ore belt of Kazakhstan, 2- Kazakh shield; 3- Turan plate. Engineering-geological regions of the second order: 1 - North Tien Shan; 2 - Chingiz-Tarbagatai. 3- Dzungarian; 4 - Altai; 5 - Irtysh-Zaisan; 6 - Alakol-Balkhash; 7 - Kokshetau-Ulytau; 8 - Central Kazakhstan; 9- Turgai; 10 - first-order regional boundaries; 11 - second-order regional boundaries; 12 - boundaries of engineering and geological areas. The circles indicate geotechnical areas.

Maps of engineering-geological conditions are the most numerous of the published engineering-geological maps. They reflect the main natural factors that determine the engineering and geological situation and affect the conditions of design, construction, and operation of engineering structures. According to their content, maps of engineering and geological conditions are divided into synthetic and analytical one.

Synthetic maps comprehensively characterize the geological structure of the area, the nature of the rocks composing it (composition, state, conditions of occurrence, properties), relief (primarily its morphological and morphometric features), geocryological conditions (distribution of frozen, thawed and unfrozen strata, their temperature, thickness of frozen rocks, their cryogenic structure, depth of seasonal thawing-freezing, etc.), hydrogeological features (types, patterns of distribution, depth of occurrence, water availability and regime groundwater, its composition and mineralization, aggressiveness towards building materials, etc.) and modern geological processes and phenomena [12].

The analytical maps give a characteristic of one or more components of the engineering-geological situation. These can be geological processes or a single process, fracturing, the depths, and types of seasonal freezing and thawing, the iciness of soils, the thickness of permafrost rocks, the salinity of soils, the depth of groundwater, etc.

Both synthetic and analytical maps of engineering and geological conditions can be both general and special for their purpose. On the general maps, the components of engineering and geological conditions, as already noted, are selected, schematized, and characterized in accordance with the requirements of regulatory documents, without considering the requirements of any particular type of construction [12].

Methodology for creating special geotechnical maps

It is important for the study that engineering-geological cartography developed in the USSR for more than half a century, but specialized maps have not yet received sufficient development in the practice of surveys and design. One of the reasons is that the majority of engineering-geological maps are still extremely difficult for non-specialists (not geologists), hence the reason for their poor use in design and construction practice [13].

For a specific construction site or several of its homogeneous types, special geotechnical maps are created, considering the specific needs of construction, in particular, the arrangement of foundations for geological-ecological and urban zoning. According to them, it is possible to assess the engineering-geological state of the construction site as whole and individual sections of the projected structures, as well as to determine the exploration plan for experimental works and the organization of stationary observations [1].

For optimal use of the geological environment, considering many years of construction experience, special geotechnical maps can be developed using the program «Geoinformation Database» [1].

The following is the order of construction of maps [14]:

1. The graphical module of the program «Geoinformation Database» shows the existing exploration boreholes and probing points.
2. The line of the engineering-geological section is set (with automatic inclusion of the boreholes required for this). The user can change this set of boreholes, adding or removing them in the dialog mode, as well as redefine the cut line and create a new set of boreholes from the very beginning.
3. The stratigraphic boundaries of rocks are determined and engineering-geological elements (EGE) are distinguished.
4. Information on all the boundaries of the EGE is included in a specific folder. Both the coordinates of the EGE and their boundaries are marked. It is also possible to graphically edit the EGE borders or add new ones at any time.
5. Based on the processed information, maps of quaternary sediments and bedrock are constructed (Fig. 2a, b).
6. Based on the graphical analysis of engineering-geological sections, it is possible to build a zoning map by type of foundation (Fig. 2c).

The results of the development of special geotechnical maps

Special engineering and geological mapping for applied purposes – the development of urban development projects taking into account the factors of foundation construction – still does not play a significant role in the design practice in Kazakhstan. The reasons for this, according to L. G. Zavarzin, are [15]:

1) insufficiently developed methodology for drawing up special maps. In some cases, they are excessively complex and difficult to read, in others they are too primitive, not revealing the connection of natural phenomena;

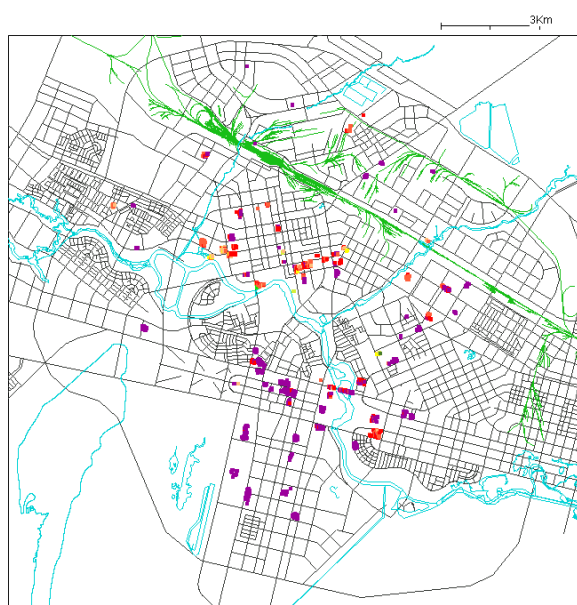
2) lack of awareness of the majority of builders and designers about what a specialized engineering and geological map gives, which systematizes survey data by area and allows for a much faster and more objective assessment of the construction area;

3) geological engineers, not seeing the interest of architects and designers in such maps and not receiving tasks for their implementation, do not take the initiative to compile them themselves.

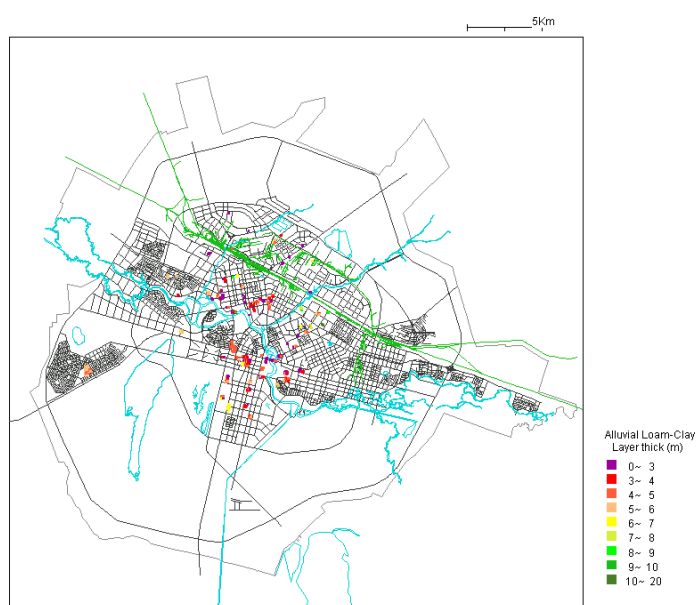
Although the current state of engineering and geological mapping of Kazakhstan has a theoretical and practical basis for the development of special geotechnical maps [1].

For example, using the geotechnical GIS «Geoinformation Database of Astana» for the first time, special geotechnical maps of the occurrence of quaternary deposits and bedrock soils and zoning maps by base type and optimization of the length of driven piles for buildings of the 2nd (normal) level of responsibility, taking into account the type of base (Fig. 2) [14, 16] were created, which were developed on the basis of the methodology for construction purposes [14]:

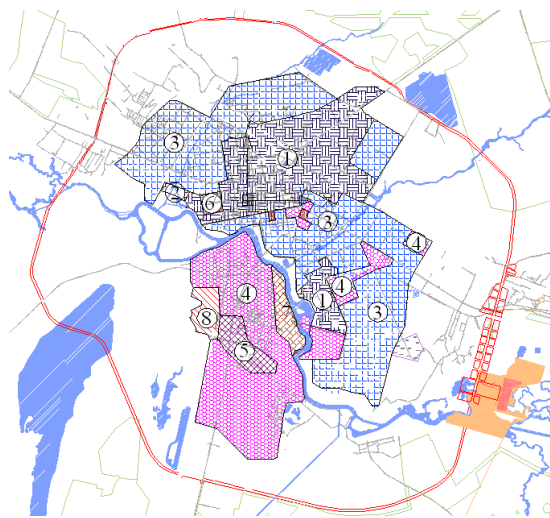
1) the purpose of the map is determined, i.e. the construction event for which the map is being compiled is indicated (engineering training, engineering network design, foundation and foundation design, zero-cycle work, etc.);



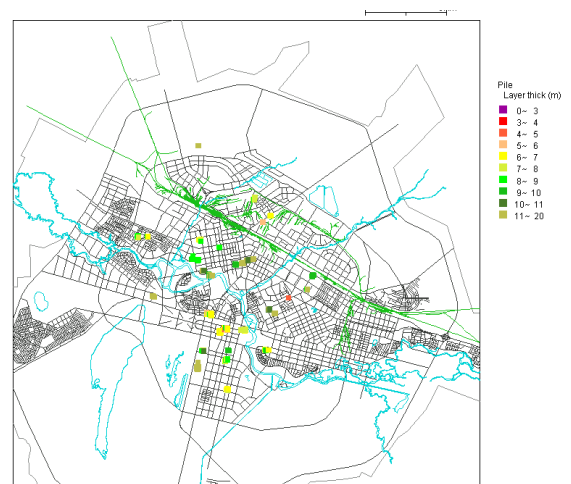
a) map of the occurrence of technogenic deposits displaying their power



b) map of occurrence of alluvial deposits displaying their power



c) geotechnical zoning map by type of foundation



d) geotechnical zoning map to optimize the lengths of driven piles

Figure 2. Special geotechnical maps of the city of Nur-Sultan (Astana)

2) the main construction factors related to soils and which are the main ones for the justification of this construction are established;

3) archival materials of engineering and geological surveys on the territory of the development are studied and selected, which are useful for drawing up a map;

4) the identification of soils by their age, origin, composition, condition is performed; separate varieties of sediments (for example, quaternary) are distinguished;

5) complexes of combining soils are formed; sections of soil strata are drawn up; soil arrays of one or another type of addition are outlined in area;

6) a soil map and its symbols are compiled; tables of generalized soil properties are given; recommended construction measures are noted.

Conclusion

As a result of the study, material was obtained, the analysis of which made it possible to conclude that the capabilities of cartographic systems are absolutely sufficient to create simple in terms of content and design, but informative maps of natural resources for unprepared users.

Along with this, it should be noted that the developed technological sequence for the formalized creation of special geotechnical maps for extensive coverage of users, allows you to optimize the types of foundations depending on the location of construction objects on the appropriate soil conditions of urban development, as well as to quickly receive the necessary information for the purpose of substantiating design work in construction and planning the development of the city territory.

References

1. Алибекова Н.Т. Анализ геотехнических свойств грунтов г. Астаны для оптимизации длин свай. Диссертация на соискание академической степени доктора философии (PhD). - Астана, 2009.
2. Шиналиев Б.Б. Зонирование территории как эффективный инструмент развития городского пространства // Сборник материалов IX Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2014» Астана, 2014. - С.4443-4448.

3. Tetior A.N. Foundations: textbook. Manual for students of institutions of higher education. prof. education / A.N. Tetior. - Moscow: Publishing Center «Academy», 2010. -17 p.
4. Воронцов Е.А. Особенности методики инженерно-геологических изысканий в условиях плотной городской застройки: на примере города Москвы. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Москва, 2002.
5. Тюнина Н.В. Особенности применения метода инженерно-геологических аналогий при изысканиях на городских территориях: на примере города Москвы. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. - Москва, 2008.
6. Ахажанов С.Б. Разработка геоинформационной базы данных для устройства буронабивных свай в г. Нур-Султан. Диссертация на соискание ученой степени доктора PhD. - Нур-Султан, 2019.
7. Нгуен К.Х. Методика выбора оптимальных фундаментов высотных зданий в условиях г. Хошимина. Диссертация на соискание степени кандидата технических наук. - Санкт-Петербург, 2008.
8. I.T. de Sena Nola, L.V. Zuquette. Procedures of engineering geological mapping applied to urban planning in a data-scarce area: Application in southern Brazil // Journal of South American Earth Sciences. Elsevier. - 2021. - Volume 107, pp.1-19, 103141.
9. Dyshlyuk S.S., Nikolaeva O.N., Romashova L.A. Formalization of thematic map-making for public at large // Interexpo-GEO-Siberia - 2015. - Volume 1, №2. - pp.10-16.
10. Дышлюк С.С., Николаева О.Н., Ромашова Л.А. К вопросу формализации процесса создания тематических карт в гис-среде // Вестник Сибирского государственного университета геосистем и технологий (СГУГиТ) -2015. - №2 (30). - С.78-85.
11. Абдрашитова Р. Н. Инженерно-геологические карты: Учебное пособие / Р. Н. Абдрашитова, А. В. Матусевич. - Тюмень: ТИУ, 2016. - 10 с.
12. Трофимов В.Т., Красилова Н.С. Инженерно-геологические карты: учебное пособие, 2007. - 33 с.
13. Мангушев Р.А. Принципы формирования застройки с учетом разнотипности зданий и напластования грунтов, определяющих выбор фундаментов. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. - Санкт-Петербург, 1993.
14. Жусупбеков А.Ж., Алибекова Н.Т., Ахажанов С.Б., Шакирова Н.У., Алпысова А.Б. Геотехническая геоинформационная система Астаны // Основания, фундаменты и механика грунтов. -2018. -№6. - С.25-28.
15. Морарескул Н.Н. Заварзин Л.Г. Опыт типизации оснований фундаментов в районах массовой застройки. - Ленинград: ЛНДТП, 1984. -270 с.
16. Zhussupbekov, A., Alibekova, N., Akhazhanov, S., Sarsembayeva, A. Development of a unified geotechnical database and data processing on the example of Nur-Sultan City // Applied Sciences (Switzerland).- 2021. -№ 11(1), - pp. 1-20, 306.

Н.Т. Алибекова¹, А.К. Абишева¹, А.К. Алдунгарова²

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-сұлтан, Қазақстан

²Торайғыров университеті, Павлодар, Қазақстан

Арнайы геотехникалық карталарды құруды рәсімдеу мәселесі бойынша

Аңдатпа. Бүгінгі күнге дейін ғылыми-техникалық әдебиеттерде, біздің елде де, шетелде де инженерлік-геологиялық картаға арналған жұмыстардың айтарлықтай саны бар. Мамаңдандырылған карталардың көмегімен жалпы құрылыс алаңының инженерлік-геологиялық жағдайларын және жобаланған құрылымдардың жекелеген учаскелерін бағалауға болады. Қазіргі

уақытта қалалар аумағының геологиялық жағдайларын бағалау геоақпараттық технологияларсыз мүмкін емес. Геоақпараттық жүйелер өнімдерінің картографиялық қызметтері мен технологияларын жетілдіру инженерлік-геологиялық карта жасау, аумақтарды дамытуды жоспарлау, қауіпті табиғи процестерді болжау және әртүрлі тәуекелдерді бағалау үшін кеңінен қолданылады. Алайда, Қазақстан Республикасында геоақпараттық технологиялар мен арнайы инженерлік-геологиялық картаны енгізу дамымаған және жобалау тәжірибесінде маңызды рөл атқармайды. Мақалада кескінделген индикаторлардың сипаттамаларын анықтайтын бірқатар принциптерге және карталарды құрастыру әдістемесіне сүйене отырып, арнайы геотехникалық карталарды құру процесін белгілі бір кезеңдік сипаттама ретінде қарастырылады. Арнайы геотехникалық карталар құрылымның құрылыс алаңында орналасуына байланысты практикалық мәселелерді шешуге, егжей-тегжейлі жоспарлау мен жобаларды құруға негіз болады. Іргетастарды орналастыру бойынша іздестіру және жобалау жұмыстарын оңтайландыру мақсатында қалада орналасқан аймақтың инженерлік-геологиялық жағдайларын бағалаудың қолданыстағы әдістеріне талдау жасалды және геоақпараттық мәліметтер жиынтығын топырақтың геотехникалық қасиеттерін талдау және арнайы геотехникалық карталарды жасау әзірленіп берілген. Сонымен қатар, іргетастардың өзгеруінен және шөгуінен туындаған ғимараттар мен құрылымдарының деформацияларының түрлері мен себептерінің мысалдары қарастырылып, оның үстіне инженерлік-геологиялық зерттеулер мен арнайы геотехникалық карталарды жүргізудің өзіндік әдістерін жасаған авторлардың ғылыми-зерттеу жұмыстары талданды, «инженерлік-геологиялық карталар», «арнайы геотехникалық карталар» ұғымдарына анықтама берілген.

Түйін сөздер: рәсімдеу, арнайы геотехникалық карталар, инженерлік-геологиялық жағдайлар, геоақпараттық технологиялар, геоақпараттық жүйелер, ғимараттар мен құрылыстар құрылымдарының деформациялары, инженерлік-геологиялық ізденістер, геоақпараттық мәліметтер жиынтығы, инженерлік-геологиялық карталар.

Н.Т. Алибекова¹, А.К. Абишева¹, А.К. Алдунгарова²

¹*Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан*

²*Торайгыров университет, Павлодар, Казахстан*

К вопросу формализации создания специальных геотехнических карт

Аннотация. На сегодняшний день в научно-технической литературе как у нас, так и за границей имеется значительное количество работ, которые были посвящены инженерно-геологическому картированию. При помощи специализированных карт представляется возможным давать оценку инженерно-геологических условий строительной площадки в общем, и отдельных участков проектируемых сооружений. Оценка геологических условий территории городов в нынешнее время невозможна без геоинформационных технологий. Усовершенствование картографических сервисов и технологии ГИС-продуктов широко используются для инженерно-геологического картирования, планирования развития территорий, прогноза опасных природных процессов, оценки различных рисков. Однако внедрение геоинформационных технологий и специальное инженерно-геологическое картирование в Республике Казахстан недостаточно развито и не играет значительной роли в практике проектирования. В статье рассматривается формализация процесса создания специальных геотехнических карт в ГИС среде как определенное поэтапное описание процесса, основывающийся на ряд принципов, которые определяют характеристики картографируемых показателей и методику составления карт. Специальные геотехнические карты, являются основой для решения практических задач, связанных с расположением конструкции на строительной площадке, детальной планировки и

составлением проектов застройки кварталов. Был приведен анализ существующих методик оценки инженерно-геологических условий застраиваемой территории города с целью оптимизации изыскательских и проектных работ по устройству фундаментов, приведен пример разработанной геоинформационной базы данных для анализа геотехнических свойств грунтов и разработки специальных геотехнических карт. Также рассмотрены примеры видов и причин деформаций конструкций зданий и сооружений, вызванных изменениями в основаниях фундаментов, кроме того, проанализированы научно-исследовательские работы авторов, которые разработали собственные методики проведения инженерно-геологических изысканий и специальные геотехнические карты, дано определение понятиям «инженерно-геологические карты», «специальные геотехнические карты».

Ключевые слова: формализация, специальные геотехнические карты, инженерно-геологические условия, геоинформационные технологии, геоинформационная система, деформации конструкций зданий и сооружений, инженерно-геологические изыскания, геоинформационная база данных, инженерно-геологические карты.

References

1. Alibekova N.T. Analiz geotekhnicheskikh svojstv gruntov g. Astany dlya optimizacii dlin svaj. [Analysis of geotechnical properties of soil in Astana city for optimization of length of piles]. Dissertaciya na soiskanie akademicheskoy stepeni doktora filosofii (PhD). Astana, 2009 [in Russian].
2. Shinaliev B.B. Zonirovanie territorii kak effektivnyj instrument razvitiya gorodskogo prostranstva // Sbornik materialov IX Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii studentov i molodyh uchenyh «Nauka i obrazovanie - 2014» [Proceedings of the IX International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education – 2014»] Astana, 2014, P. 4443-4448 [in Russian].
3. Tetior A.N. Foundations: textbook. Manual for students of institutions of higher education. prof. education. A.N. Tetior. Publishing Center «Academy», Moscow, 2010, 17 p.
4. Voroncov E.A. Osobennosti metodiki inzhenerno-geologicheskikh izyskanij v usloviyah plotnoj gorodskoj zastrojki: na primere goroda Moskvy. Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. Moskva, 2002 [in Russian].
5. Tyunina N.V. Osobennosti primeneniya metoda inzhenerno-geologicheskikh analogij pri izyskaniyah na gorodskih territoriyah: na primere goroda Moskvy. Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk. Moskva, 2008 [in Russian].
6. Ahazhanov S.B. Razrabotka geoinformacionnoj bazy dannyh dlya ustrojstva buronabivnyh svaj v g. Nur-Sultan. [Development of geoinformation database for installation of bored piles in Nur-Sultan]. Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora PhD. Nur-Sultan, 2019 [in Russian].
7. Nguen K.H. Metodika vybora optimal'nyh fundamentov vysotnyh zdanij v usloviyah g. Hoshimina. Dissertaciya na soiskanie stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. Sankt-Peterburg, 2008 [in Russian].
8. I.T. de Sena Nola, L.V. Zuquette. Procedures of engineering geological mapping applied to urban planning in a data-scarce area: Application in southern Brazil. Journal of South American Earth Sciences. Elsevier. 107(103141), 1-19 (2021).
9. Dyshlyuk S.S., Nikolaeva O.N., Romashova L.A. Formalization of thematic map-making for public at large. Interexpo-GEO-Siberia 1(2), 10-16 (2015).
10. Dyshlyuk S.S., Nikolaeva O.N., Romashova L.A. K voprosu formalizacii processa sozdaniya tematiceskikh kart v gis-srede [To the question of formalization of the process of creating thematic maps in GIS environment] // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta geosistem i tekhnologij (SGUGiT) [Vestnik Siberian State University of Geosystems and Technologies (SSUGT)] 30(2), 78-85 (2015) [in Russian].

11. Dyshlyuk S.S., Nikolaeva O.N., Romashova L.A. K voprosu formalizacii processa sozdaniya tematicheskikh kart v gis-srede [To the question of formalization of the process of creating thematic maps in GIS environment]. Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta geosistem i tekhnologij (SGUGiT) [Vestnik Siberian State University of Geosystems and Technologies (SSUGT)] 30 (2), 78-85 (2015). [in Russian].
12. Abdrashitova R. N. Inzhenerno-geologicheskie karty : Uchebnoe posobie [Textbook] / R. N. Abdrashitova, A. V. Matusevich. TIU, Tyumen', 2016 [in Russian].
13. Trofimov V.T., Krasilova N.S. Inzhenerno-geologicheskie karty: uchebnoe posobie [Textbook], 2007, 33 p. [in Russian].
14. Mangushev R.A. Principy formirovaniya zastrojki s uchetom raznotipnosti zdaniy i naplastovaniya gruntov, opredelyayushchih vybor fundamentov. Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk. Sankt-Peterburg, 1993 [in Russian].
15. ZHusupbekov A.ZH., Alibekova N.T., Ahazhanov S.B., SHakirova N.U., Alpysova A.B. Geotekhnicheskaya geoinformacionnaya sistema Astany [Geotechnical Geo-Information System of Astana]. Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov [Soil Mechanics and Foundation Engineering], 6, 25-28 (2018) [in Russian].
16. Morareskul N.N. Zavarzin L.G. Opyt tipizacii osnovanij fundamentov v rajonah massovoj zastrojki (LNDTP, Leningrad, 1984, 270 p.) [in Russian].
17. Zhussupbekov, A., Alibekova, N., Akhazhanov, S., Sarsembayeva, A. Development of a unified geotechnical database and data processing on the example of Nur-Sultan City. Applied Sciences (Switzerland) 11(1), 1-20, 306 (2021).

Information about authors:

Алибекова Н.Т. - азаматтық құрылыс кафедрасының доценті, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан, Қажымұқан көшесі 13а, 3 оқу-әкімшілік ғимараты, nt_alibekova@mail.ru

Абишева А.К. - PhD, азаматтық құрылыс кафедрасы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университі, Нұр-Сұлтан, Қазақстан, Қажымұқан көшесі 13а, 3 оқу-әкімшілік ғимараты, abish_assem@mail.ru

Алдунгарова А.К. - Инженерлік факультетінің доценті, Торайғыров университеті, Павлодар, Қазақстан, Ак. Шөкин көшесі 139, Инженерия факультеті, liya_1479@mail.ru

Alibekova N.T. - Associate Professor, Department of Civil Engineering, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan, Kazhimukan street 13a, 3 teaching and administrative building of the ENU, nt_alibekova@mail.ru.

Abisheva A.K. - PhD, Department of Civil Engineering, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan, Kazhimukan street 13a, 3 teaching and administrative building of the ENU, abish_assem@mail.ru.

Aldungarova A.K. - Associate Professor of Faculty of Engineering, Toraihyrov University, Pavlodar, Kazakhstan, Ak. Chokin street 139, Faculty of Engineering, liya_1479@mail.ru

On determining frost susceptibility of soils

Abstract. Freezing and thawing of soils are common in cold regions. They may even be considered as limit states from the thermo-hydro-mechanical point of view. Thus, to characterize the behavior of freezing and thawing soils, some basic principles should be considered. Design to prevent frost damage should be based on theories that have been shown to apply to field conditions. The laboratory procedures used in the design should imitate the expected freezing behavior, and the tested specimen should be prepared to simulate the soil conditions in the field. The parameters from the test should be applicable to the design model. If these principles are not applied, then the frost susceptibility can be considered as a limit classification property describing the risk of damage in freezing and thawing.

Keywords: frost susceptibility, frost damage risk, laboratory testing, modelling.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2021-136-3-20-24

Introduction

Freezing and thawing are characteristic ground processes in cold regions, which cover about 70% of the dryland on the Globe (Tsytoich 1975). In the Arctic, the ground is perennially frozen and is called “permafrost”, as to in more southern regions, the freezing only occurs seasonally, with intermediate thaw periods.

The most common implications of cold climate and freezing are frost heaving and thaw weakening of soils. To limit frost heaving, specific measures are needed to limit heaving so that the risk of damage is reasonable.

Thaw weakening is mobilized, when frost-susceptible ground, containing excess ice, thaws, and releases water, causing loss of strength, and bearing capacity, which may lead to excessive shear deformations and rutting of road surface. This may in bad conditions lead to total failure of the road and stop of trafficking.

In hydraulic liners that are constructed using frost-susceptible materials, freezing and ice segregation may cause the formation of shrinkage cracks in the soil and/or irreversible compression of soil matrix which may increase hydraulic conductivity thus degrading the function of the liner.

Artificial ground freezing is applied as a temporary strengthening for excavations, cavities and tunnels. It may also occur at cooled structures like cold storages, ice rinks etc.

To control the long-term behavior of a structure exposed to cold, some principles should be applied during design. Some effects are resulting as complete failure, jeopardizing the usability of the structure, like slope stability, watertightness of hydraulic liners or extreme thaw-weakening on roads, or frost heaving of foundations. In less severe cases, these effects cause considerable maintenance needs and related costs.

Impacts of freezing and thawing in soils

Freezing causes moisture redistribution in partially saturated soils. It does not, usually, cause volumetric expansion. When saturated soils freeze, ice segregation results from moisture flow driven by pore water suction related to freezing point lowering at the freezing front. The freezing point decrease is

characteristic of fine-grained soils such as silts and clays. In relatively slow frost penetration, ice is segregated in ice layers and lenses in the freezing soil. The frost heave ratio (frost heave divided by the thickness of the actual frozen layer) can vary from 0% to 20%. The suction (negative pore pressure) generated in freezing soils can cause an increase of consolidation pressure in cohesive soils. (This may be the origin of dry-crust phenomenon in natural clays and silts.) When clayey soils are frozen for the first time, which often happens in artificial ground freezing, the suction generated may cause excess compression and later settlements during thaw. In addition, the freeze-thaw induced compression may result in the formation of cracks in the thawed soil. The resulting increase in hydraulic conductivity can cause the failure of the liner.

As a frozen road structure, or a pavement on a frost-susceptible subgrade starts to thaw, the road is softened, and its mechanical response degrades compared to that before freezing. When the thaw front proceeds to the frozen, ice-rich subgrade, water saturates the pavement and subgrade, and its load response (bearing capacity) is lowered. This results in increased total and irreversible deflections, seen as increased surface settlements and rutting. Excess transport may cause “spring breakdown” and interrupt the flow of traffic in the worst cases.

Thaw impacts are often treated as an indirect observational problem. The problem has been less studied from soil-mechanics framework. The thaw deformation of roads might be handled as an accumulated cyclic shear problem, considering effective stresses during thaw. In practice, the trafficability can be estimated when knowing the actual frost penetration, actual thaw penetration, and measured pavement response during thaw.

Definition

A frost-susceptible soil is defined in terms of frost-heaving and/or thaw weakening behavior (eg. Andersland & Ladanyi (1994), Chamberlain (1980), ISSMFE/TC08 (1989)).

Besides natural ground and natural soils, we may have the need of investigating frost-susceptibility of constructed fills (eg. road layers) or artificially frozen ground. Moreover, the durability of construction materials is also affected by freeze-thaw and thus should be tested.

Validity

Frost heaving has been always seen on the roads and has been subjected to research to explain it (Taber (1930), Beskow (1935), Casagrande (1938), and others). Criteria of frost-susceptibility have been collected and presented by Chamberlain (1980) and ISSMFE/TC8 (1989) among others. Indirect criteria are also applied, because they give easy and quick answer to the problem, but their reliability is not known.

The criteria for assessing FS (frost susceptibility) have been stated, but not generalized, due to lacking theory. Thermodynamically based theories are, e.g., the rigid ice theory (Miller 1977, 1980 and Sheng et al. 2013) and the segregation potential theory (Morgenstern & Konrad 1980, 1981, 1982 and Saarelainen 1992). Currently, most design guides and frost related literature define criteria that are not consistent with the theories and the experimental testing practice is variable.

Criteria for classifying frost-susceptible soils or freezing expansion should be commonly agreed by the Geotechnical Community.

Discussion of the development of a common freezing test procedure is still at an initial phase. What we need is a theory for ice segregation in freezing soil, and the parameters needed to predict frost heaving. To ensure the validity of the theory and the frost heave test, the comparison between site and laboratory behavior should be carried out. An example, such a comparison for frost heaving has been presented in Saarelainen (1992). Henry (2005) compared three frost heave models' abilities to predict frost heave of laboratory specimens frozen under realistic field conditions. Similar research

utilizing field sites and conditions would be of great benefit to frost heave prevention design. However, the work should also be expanded so that theory and criteria should also be made available for strength loss and weakening in thawing soils, as well as for the change in hydraulic conductivity.

Application in design

Effects of freeze-thaw should be described so that they can be applied in design and planning, not only as classification but also in quantitative manner. Figure 1 is an example of frost heave design using the Segregation Potential.

Conclusion

1. The main effects of soil freezing are frost heaving, thaw weakening, freeze-compression, and cracking that increases the hydraulic conductivity of soils after thaw.
2. To get applicable parameters for design, the test procedures should imitate natural freezing or thawing, and the parameters should fit to the design model.

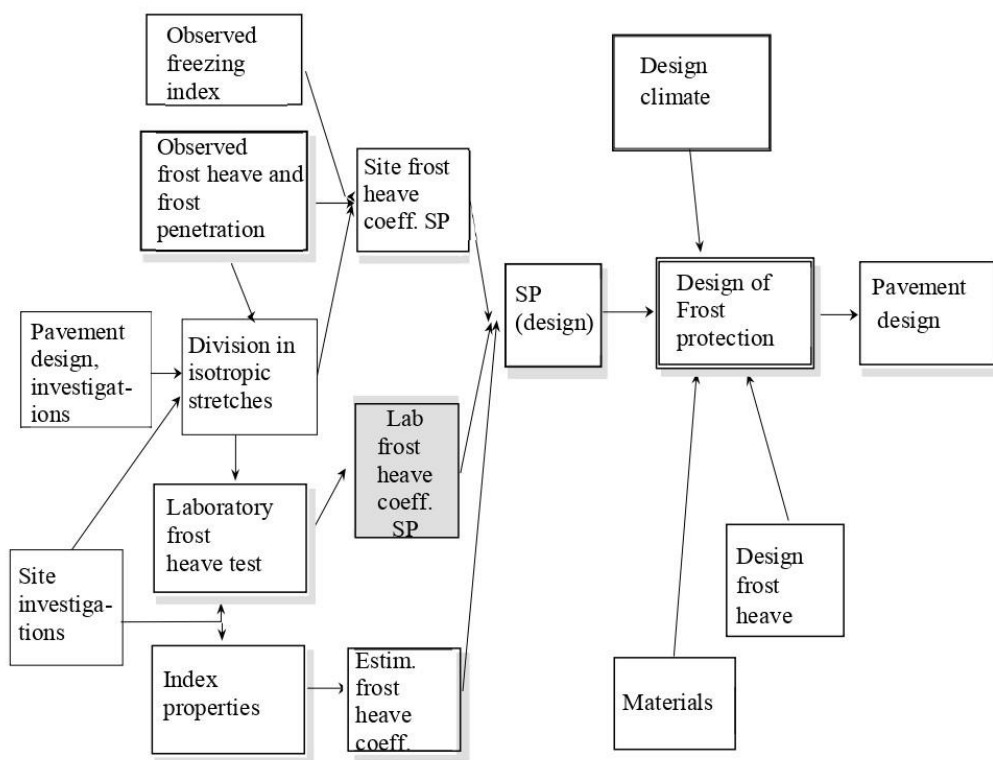


Figure 1. Pavement design considering frost heave utilizing the Segregation Potential (SP)

3. The frost susceptibility may be considered as a soil property that can also be indirectly estimated using classification properties or coarsely estimated with unverified laboratory freezing tests.

References

1. Andersland O.B. & Ladanyi B. An Introduction to Frozen Ground Engineering. - New York & London: Chapman & Hall Inc., - 1994. - 352p.
2. Beskow, G. Freezing and frost heaving with special consideration to roads and airfields (in Swedish). - Stockholm, Swedish Road Institute, - 1935. - 242p.
3. Casagrande, A. Effects of frost in soil. In: Proc of the VIII PIARC Congress, the Haque, - 1938. - p. 10.

4. Chamberlain E.J, Frost susceptibility of soils. Review of index tests. Hanover N.H., US. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory (CRREL), Monograph - 1981. 81-2. 88p. app. 22p.
5. Henry K.S., Zhu M. & Michalowski R.L., 2005. Evaluation of Three Frost Heave Models.: Proceedings Seventh International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields. 10p.
6. ISSMFE Technical Committee 08 on Frost 1989. Work Report 1985-89. In: Proc Int. Symp. on Frost in Geotechnical Engineering, Saariselkä, Finland, March 1989. Espoo, VTT Symposium 94, p. 15-70.
7. Konrad J-M. & Morgenstern N.R., A mechanistic theory of ice lens formation in fine-grained soils. Can Geot. J. - 1980. - 17(4). - p. 473-486.
8. Konrad J-M. & Morgenstern N.R., The segregation potential of a freezing soil. Can Geot. J. - 1981. - 18(4). P. 482-491.
9. Konrad J-M. & Morgenstern N.R., Prediction of frost heave in the laboratory during transient freezing. Can Geot. J. - 1982. - 19(3). - P. 250-259.
10. Miller R.D., Lens initiation in secondary heaving. Proc. Int. Symp on Frost Action In Soils, Vol.2. Luleå University of Technology, - Sweden. - 1977. - p. 68- 74.
11. Miller R.D., Freezing phenomena in soils. In: Hillel D. (Ed.), Applications of Soil Physics. Academic Press, - 1980. - p. 254-299.
12. Saarelainen, S. 1992. Modelling frost heaving and frost penetration in soils at some observation sites in Finland. The SSR model. Espoo, VTT Publications 95. 119 p.
13. Sheng D., Zhang S., Zhingwu Ju. & Zhang J. Assessing frost susceptibility of soils using PC Heave. J. Cold Regions Science and Technology. - 2013. - 95, - p. 27-38.
14. Taber, S. The mechanics of frost heaving. Journal of Geology. - 1930. 38(4). p. 303-317.

S. Saarelainen, H. Gustavsson

Аалто университеті, Эспоо, Финляндия

Топырақтың аязға бейімділігін анықтау туралы

Аңдатпа. Топырақтың мұздатуы және еруі суық аймақтарда жиі кездеседі. Оларды термо-гидро-механикалық тұрғыдан алғанда шекті күй деп қарастыруға болады. Осылайша, топырақтардың мұздату және еріту кезінде жағдайын сипаттау үшін кейбір негізгі принциптерді ескеру қажет. Аяздың зақымдануын болдырмайтын дизайн далалық жағдайларға сәйкес келетін теорияларға негізделуі керек. Жобалау кезінде қолданылатын зертханалық процедуралар мұздатудың күтілетін жағдайына сәйкестендіру, ал сыналған үлгіні даладағы топырақ жағдайларын модельдеуге дайындау керек. Сынақтан алынған параметрлер дизайн үлгісіне сәйкес келуі керек. Егер бұл принциптер қолданылмаса, онда аязға сезімталдықты мұздату және еріту кезінде зақымдану қаупін сипаттайтын шекті жіктеу қасиеті ретінде қарастыруға болады.

Түйін сөздер: Аязға сезімталдық, аяздан зақымдану қаупі, зертханалық тексеру, модельдеу.

S. Saarelainen, H. Gustavsson

Университет Аалто, Эспоо, Финляндия

Об определении морозостойкости почв

Аннотация. В холодных регионах обычны промерзание и оттаивание почв. Их можно даже рассматривать как предельные состояния с термогидромеханической точки зрения. Таким образом, чтобы охарактеризовать поведение промерзающих и оттаивающих грунтов, необходимо учитывать некоторые основные принципы. Дизайн, предотвращающий повреждение от мороза, должен основываться на теориях, применимых к полевым условиям.

Лабораторные процедуры, используемые при проектировании, должны имитировать ожидаемое поведение при замерзании, а испытанный образец должен быть подготовлен для моделирования условий почвы в поле. Параметры испытания должны быть применимы к расчетной модели. Если эти принципы не применяются, то восприимчивость к заморозкам можно рассматривать как предельное классификационное свойство, описывающее риск повреждения при замерзании и оттаивании.

Ключевые слова: морозостойкость, риск повреждения от мороза, лабораторные испытания, моделирование.

References

1. Andersland O.B. & Ladanyi B. An Introduction to Frozen Ground Engineering. (Chapman & Hall Inc., New York & London, 1994, 352p.).
2. Beskow, G. Freezing and frost heaving with special consideration to roads and airfields (in Swedish). (Swedish Road Institute, Stockholm, 1935, 242p.).
3. Casagrande, A. Effects of frost in soil. (In: Proc of the VIII PIARC Congress, the Hague, 1938, p. 10.).
4. Chamberlain E.J, Frost susceptibility of soils. Review of index tests. Hanover N.H., US. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory (CRREL), Monograph - 1981.81-2. 88p. app. 22p.
5. Henry K.S., Zhu M. & Michalowski R.L., 2005. Evaluation of Three Frost Heave Models.: Proceedings Seventh International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields. 10p.
6. ISSMFE Technical Committee 08 on Frost 1989. Work Report 1985-89. In: Proc Int. Symp. on Frost in Geotechnical Engineering, Saariselkä, Finland, March 1989. Espoo, VTT Symposium 94, p. 15-70.
7. Konrad J-M. & Morgenstern N.R., A mechanistic theory of ice lens formation in fine-grained soils. Can Geot. J. 17(4), 473-486 (1980).
8. Konrad J-M. & Morgenstern N.R., The segregation potential of a freezing soil. Can Geot. J. 18(4), 482-491 (1981).
9. Konrad J-M. & Morgenstern N.R., Prediction of frost heave in the laboratory during transient freezing. Can Geot. J. 19(3) 250-259 (1982).
10. Miller R.D., Lens initiation in secondary heaving. Proc. Int. Symp on Frost Action In Soils, Vol.2. Lulea University of Technology, (Sweden, 1977, p. 68- 74).
11. Miller R.D., Freezing phenomena in soils. In: Hillel D. (Ed.), Applications of Soil Physics. Academic Press, 1980. 254-299.
12. Saarelainen, S. 1992. Modelling frost heaving and frost penetration in soils at some observation sites in Finland. The SSR model. Espoo, VTT Publications 95. 119p.
13. Sheng D., Zhang S., Zhingwu Ju. & Zhang J. Assessing frost susceptibility of soils using PC Heave. J. Cold Regions Science and Technology. 95, 27-38 (2013).
14. Taber, S. The mechanics of frost heaving. Journal of Geology. 38(4), 303-317 (1930).

Information about authors:

S. Saarelainen - Аальто университеті, Эспоо, Финляндия.

H. Gustavsson - Аальто университеті, Эспоо, Финляндия.

S. Saarelainen - Aalto University, Espoo, Finland.

H. Gustavsson - Aalto University, Espoo, Finland.

A. Buranbayeva*, A.Zh. Zhussupbekov, A. Omarov

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

**Corresponding author: 7011773434g@gmail.com*

Geo-monitoring of basement slab at Abu-Dhabi Plaza in Nur-Sultan City, Kazakhstan

Abstract. In modern architecture, there is an increased need to design constructions in conditions of dense development. It is important to implement a project without hitches. However, during the construction process, design flaws or environmental impacts can often arise in the end result. Therefore, proper design and monitoring allow taking preventive measures that helps to avoid overhaul of buildings in the future, which also affects to the cost of project, and sometimes-human casualties.

During and after the construction of high-rise permanent structures often-unacceptable cracking can occur in the external walls and at the base slab of the basement. Respectively, groundwater starts to leak through the cracks of basement, compromising the serviceability and durability of the basement and rendering it unusable. The paper presents the use of fiber-optic sensor technologies geotechnical engineering. In this paper, it has been established the possibility of foundation monitoring system using fiber optic sensors during the construction process.

The monitoring system includes a distributed fiber-optic voltage measurement system using a fiber-optic cable, which allows you to control deformations that occur on the surface of the plate.

This study involves an investigation of the foundation system in a high-rise buildings and structures in Nur-Sultan city.

Keywords: strain, basement slab, high-rise buildings, fiber-optic sensors, civil engineering.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2021-136-3-25-32

Introduction

High-rise buildings (buildings with a height of more than 75 m) pose new challenges for engineers, especially in the field of calculations and design of above-ground structures, bases and foundations. Therefore, designers of both above-ground and underground parts of the building are forced to resort to more complex methods of calculation and design. Especially this applies to geotechnicians, who are involved in the design of foundations for high-rise buildings. By complexity, problematic design, erection, operation, impact on the environment and people, high-rises can be attributed to the structures of increased danger and complexity.

Many megaprojects are being built in Nur-Sultan. One of the unique projects is the "Abu-Dabi Plaza" (ADP) complex which was started to the construction from July 2011 in Nur-Sultan. This will be the highest building in Central Asia. "Abu-Dabi Plaza" - a complex from several towers, united around the main building with a height 320 meters - 75 floors here are used several heavy crane for construction stage (see Figure 1).

Before you start laying the foundation, you need to decide on its technology and depth. It depends on the expected load on it and the features of the natural conditions, namely the type of soil and the depth of the groundwater. ADP residential skyscraper consists of 5 main towers (see Figure 1): Block R - offices and living quarters (75-Storey, Mixed Use 450 Apts 69,000 sqm, Office 37,000 sqm); Block O- office building (30-storey, Office 69,000 sqm); Block H- hotel and furnished rooms (14-Storey Hotel, 190 Guest Rooms, 100 Serviced Apts, 32,000 sqm); Block Y- offices of class «A» (2-Storey, Podium Retail, 50,000 sqm) and Block Z-residential apartments (17-Storey Residential 20,000 sqm).

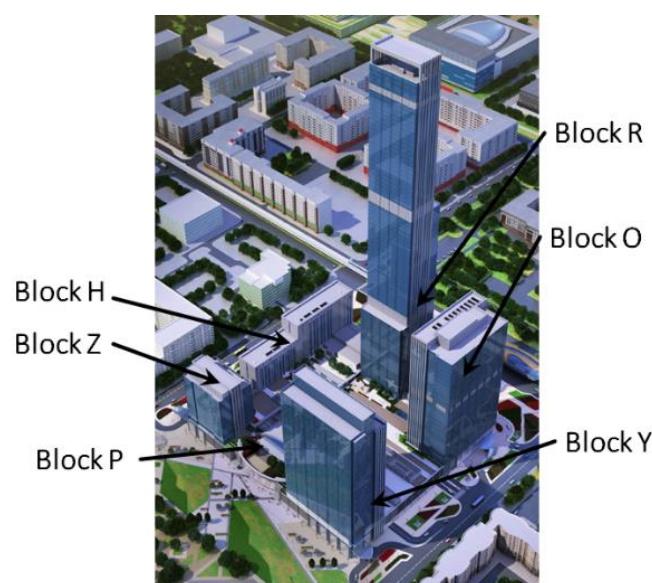


Figure 1. Project ADP in Nur-Sultan city

During and after construction of the permanent structures unacceptable cracking occurred in the external walls and base slab of the basement. Groundwater has been leaking through the cracks, compromising the serviceability and durability of the basement and rendering it unusable.

Construction site Company has since engaged Golder to review the design of the basement to establish the likely cause of the cracking and to propose methods for rectification. The chosen method comprised an internal drainage system maintaining a dry interior whilst collecting and draining water leaking through the walls and floor. Golder developed the system into a conceptual design consisting of a voided slab covering the floor and a façade for the walls [1-2].

Subsequent to the conceptual design Golder was made aware of the need for detecting and monitoring potential expansion arising from delayed ettringite formation (DEF) and alkali-aggregate reaction (AAR) in particular areas of the base slab. The possibility for DEF and AAR was highlighted by accelerated expansion tests and concrete chemical tests.

The voided slab obstructs visual observation of the slab and access for monitoring. Golder therefore developed a conceptual design for a slab monitoring system enabling the detection and monitoring of DEF- and AAR related expansion and cracking during operation of the basement. The primary element of the slab monitoring system comprises a distributed fibre optic strain sensing (DFOSS) system employing fibre optic cable to monitor strains developing on the slab surface. This paper presents the detailed design of the DFOSS system.

Design of distributed fibre optic strain sensing system. DFOSS has been employed for measuring the strain in civil engineering structures for over a decade. It is now harnessed worldwide for monitoring a wide range of structures, including tunnels, bridges, piles, dams, embankments and diaphragm walls.

DFOSS relies upon backscattering when light is transmitted along an optical fibre. One particular component of the backscattered light is produced by Brillouin scattering. At any point along a fibre, the frequency of Brillouin backscattered light depends upon the strain and temperature at that point. Making allowance for the effect of temperature therefore, the strain anywhere along a fibre can be deduced by transmitting pulses of light down the fibre and analyzing the frequency of backscattered light.

Compared to the use of isolated strain gauges, DFOSS offers a new paradigm for strain measurement in that:

- DFOSS returns the continuous strain profile along a structural element. Strain gauges can provide only discrete pointwise readings and can miss vital strain variations between gauges.
- The backscattering from optical fibres is unaffected by electromagnetic interference.
- The core of optical fibres is made from pure silica which is very stable and inert. The fibres therefore resist corrosion, do not contaminate the local environment and have a design life measured in terms of decades.
- Optical fibres can operate over a much wider range of temperatures than most electronic devices.
- Optical fibres are small and unobtrusive, and hence are easy to integrate into both new and existing structures.
- The complete strain profile can be recovered for a fibre stretching several kilometers, potentially replacing tens of thousands of discrete sensors. The single-cable approach greatly simplifies installation.
- As a result of the ongoing development of DFOSS read-out units, a DFOSS system installed now can benefit from potential enhanced measurement capabilities in the future.

Most analyzers require the installation of an additional optical fibre to measure temperature alongside the strain sensing fibre so that the effect of temperature can be eliminated from the Brillouin frequency shift.

The proposed DFOSS system comprises a grid of fibre optic cable bonded to the B4 slab linked to an analyzer located in a temperature- and humidity-controlled room at B1 level (see Figure 2 for "General plan of cable routing on B4 slab" and Figure 3 for "Part plan of cable routing in Block R monitoring area on B4 slab").

Gauge length. Fracture of the fibre must be prevented since installing the fibre below the voided slab renders any remediation of the fracture practically unfixable. Fracture at a localized crack in the slab is prevented by fixing the fibre only at discrete points rather than bonding the fibre to the slab continuously along its routing. An unbonded length between two adjacent points of fixture is called a gauge length. Prevention of overstraining relies upon the fibre undergoing the average surface strain of the slab along a gauge length instead of experiencing the maximum localized strain adjacent to a crack.

An alternative to discrete fixing is to bond the fibre continuously along its length but to allow the adhesive bond to yield beyond a predetermined shear stress. However, achieving consistent yielding of the adhesive under site conditions is difficult in practice and risks either inaccurate representation of strain in the case of premature yield or fibre fracture if yield is retarded.

Strain resolution. The degree to which an analyzer can resolve the strain in a fibre is limited by noise and so resolution decreases with measurement distance. Strain resolution may be augmented by improving the signal-to-noise ratio with a more powerful analyzer or by successively taking many measurements and averaging.

The averaging of strain along a gauge length places a more stringent requirement on the strain resolution compared with the case of a continuously bonded fibre. Furthermore, the spacing of the fibre optic grid determines the distance of fibres from an expansion event and influences the required strain resolution.

The lowest strain in a gauge length that would be induced by any conceivable expansion event was determined to be $22 \mu\epsilon$ through assuming:

A requirement to detect surface strains as low as 0.06%, equivalent to the strain of 0.6 mm m⁻¹ explains the determination of the lowest induced strain which is summarized as follows:

- 1) For each expansion event, interpolate the relationship of applied volumetric expansive strain and maximum induced surface strain obtained by numerical analysis to determine the critical value of expansive strain required to induce the lowest detectable strain of 0.06%.

2) For each expansion event and for a range of gauge lengths and grid spacings evaluate the maximum strain induced across a gauge length by the critical value of expansive strain.

When considering expansion events across the entire conceivable range of events the lowest induced strain is $22 \mu\epsilon$. Although specifications for most analyzers state a strain resolution in the order of 2 to $5 \mu\epsilon$ this refers to the condition of uniform strain along the entire fibre. Under irregular strain conditions the resolution of typical analyzers increases to around 20 to $30 \mu\epsilon$ which is adequate to detect practically all expansion events considered. Therefore, strain resolution is not a governing factor in the DFOSS design.

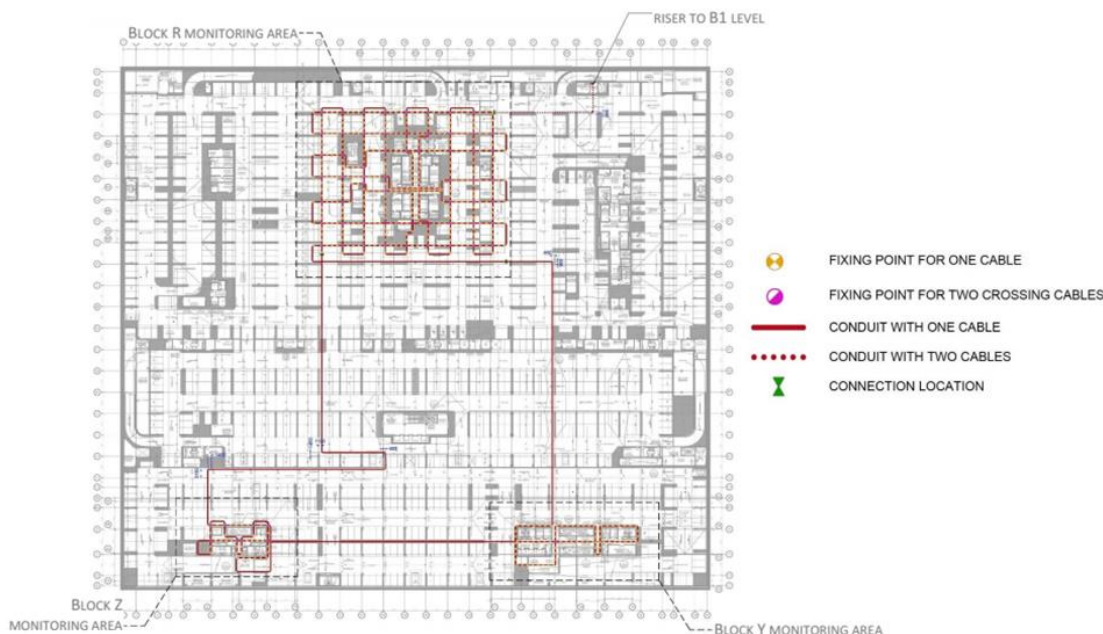


Figure 2. General plan of cable routing on B4 slab

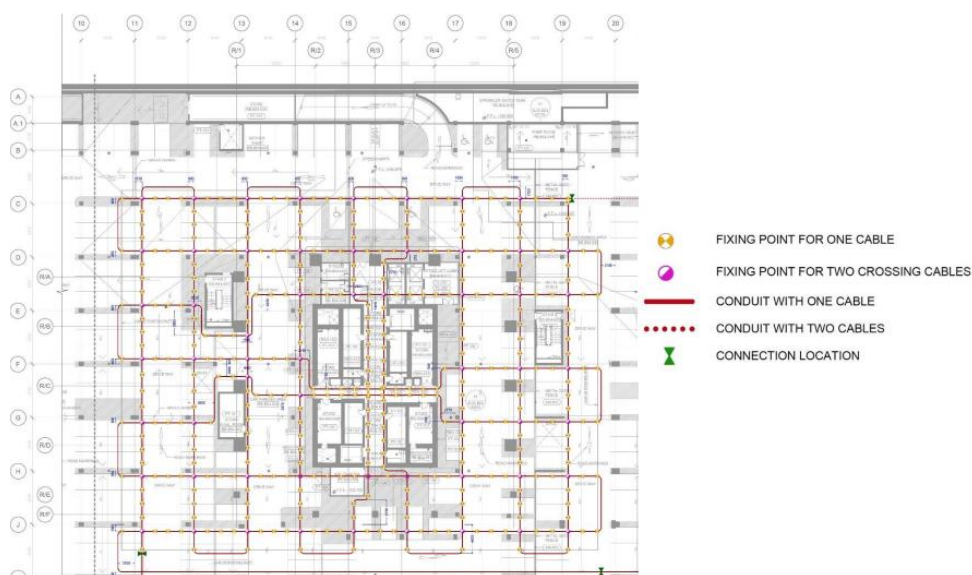


Figure 3. Part plan of cable routing in Block R monitoring area on B4 slab

At certain areas the base slab is thickened by casting additional concrete above the structural floor level and in places steel mesh is cast into the thickened section to prevent surface cracking. To reduce the risk of installing the cable at a curvature exceeding the allowable curvature the elevation of the cable

should be maintained in the thickened sections and instead the channel depth adjusted to accommodate the change in slab thickness.

Producing the channel at the thickened sections would necessitate cutting through any steel mesh that might be present and additional time and tooling should be provided for this task.

Fixing points within the monitored areas in Blocks R, Y and Z are depicted at intervals of approximately two meters or longer to create gauge lengths. Of the 525 fixing points 450 of them clamp a single cable and the remaining 75 clamp two perpendicular cables. A fixing solution similar to that illustrated in Figure 4 may be employed to clamp either one or two cables.

At most intersections both cables are clamped but at six intersections, namely four at the centre of the Block R core and two within the Block Y monitoring area, the intersections are spaced significantly closer than two meters. At these six locations only, a single cable is clamped to avoid creating gauge lengths shorter than two meters.

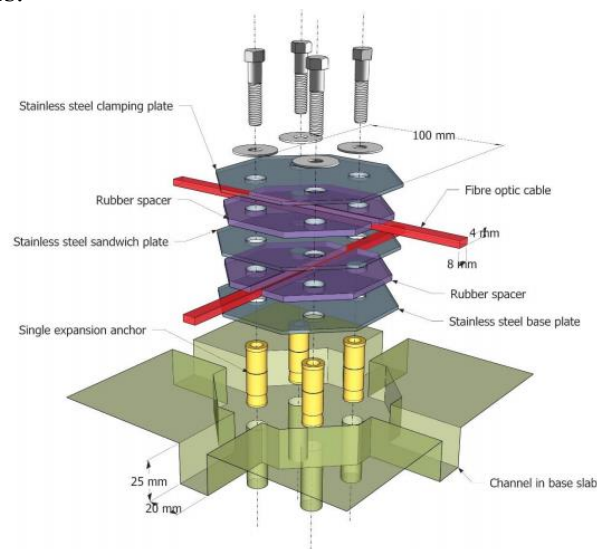


Figure 4. Conceptual design of cable fixing point (contractor to provide design)

The analyzer measures strain by transmitting pulses of light down the fibre and analyzing the frequency spectrum of the backscattered light. The optical budget of an analyzer may be increased by extending the pulse width measured in nanoseconds, which reduces its attenuation. If the pulse width is too long however, backscattered light from the leading edge of the pulse begins to interfere with backscattered light from the trailing edge of the pulse and the analyzer is unable to differentiate between the two. This places a limit on the minimum distance over which a value of strain can be interpreted by the analyzer. This distance is termed the spatial resolution and may be likened to the width of an averaging window for a sampling point [2-3].

A spatial resolution as short as 2 cm is achievable by some analyzers on the market but due to the trade-off between optical budget and spatial resolution this comes at the expense of the optical budget which at such a low spatial resolution would be only around 2 dB. To achieve the required optical budget of 11 dB the spatial resolution would typically be no lower than around 0.5 m [3].

Even though the spatial resolution limits the minimum distance over which a value of strain can be interpreted, the analyzer is still able to take multiple measurements at small intervals along the fibre. The shortest interval between two sampling points is termed the sampling resolution and depends upon the number of measurements made by the analyzer. Cable lengths and connectivity as portrayed in Figure 5.

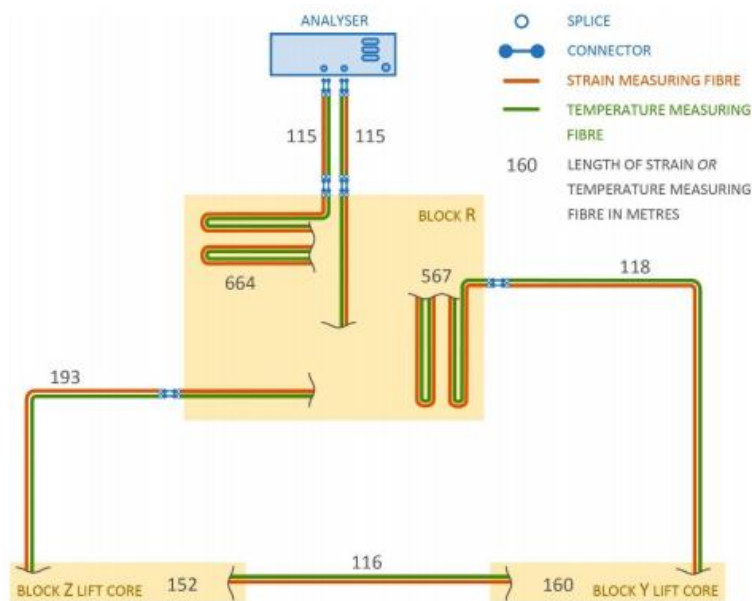


Figure 5. Schematic diagram of distributed fibre optic strain sensing system

The commission test results were able to capture temperature changes caused by curing of concrete during the testing as shown in Figure 6 and Figure 7. The temperature changes were significant at certain locations at Block R where slab casting process were ongoing during the measurement time. Similar measurement trends between both temperature and strain sensing cables indicates that the strain changes were caused by change in temperature rather than structural movement [7].

As slab casting and repair works were ongoing during the test, the temperature changes affected the recorded strain measurements which increased the standard deviation of both fibre optic cable at certain locations along the monitoring route.

By comparing the standard deviation of the first and second test, the results has shown that both tests have very similar magnitude of standard deviation except for those areas where there were significant changes in temperature. Therefore, for the current analyzer used, the thermal shift in electronic components does not affect the precision error when the analyzer is powered off.

Up to date, the slab casting and repair works at the monitoring area (Level B4) are still ongoing. Long term monitoring work will start after the completion of the slab casting and repair work at the monitoring area [4-5].

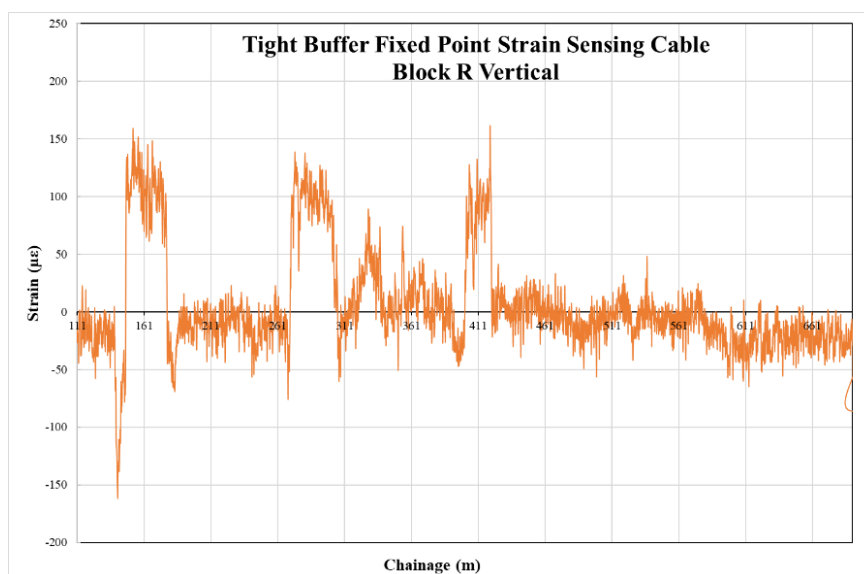


Figure 6. Strain measured at Block R vertical on 18/2/2020 16:45 (result of geotechnical monitoring)

References

1. Underground Structure Behaviour and Deformation Monitoring with Distributed Fibre Optic Sensor. Southeast Asian Conference and Exhibition in Tunnelling and Underground Space 2017 (SEACETUS2017) Subang Jaya, Malaysia 18-19 April 2017
2. Mohamad H., Soga K., Pellew A. and Bennett P.J. 2011. "Performance Monitoring of a Secant Piled Wall Using Distributed Fiber Optic Strain Sensing", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 137, No. 12, 1236-1243.
3. Mohamad H., Tee B.P., Ang, K.A., Chong M.F. 2016. "Characterizing Anomalies In Distributed Strain Measurements Of Cast-In-Situ Bored Piles", JurnalTeknologi. 78(8-5), p. 75-82.
4. Piao, C., Yuan, J., Shi, B. Lu, H., Wei, G. and Gu. C. 2015. "Application of Distributed Optical Fiber Sensing Technology in the Anomaly Detection of Shaft Lining in Grouting", Journal of Sensors, Vol. 2015, Article ID 678634, pg 1-8.
5. Sinnreich J. and Ayithi A. 2014. "Derivation of p-y Curves from Lateral Pile Load Test Instrument Data", ASTM, Geotechnical Testing Journal, Vol. 37, No.6, Nov 2014, pg 1-12.
6. Soga K., Mohamad H. and Bennett P.J. 2008. "Distributed fiber optics strain measurements for monitoring geotechnical structures", 6th Int. Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering (Symposium in honor of Professor James K Mitchell), Arlington, USA, Paper 4.
7. Zhu, L.J., Cheng, Y.M. and Yang, D.B.2012. "The analysis of instrumented pile under lateral load", Journal of Geomechanics and Geoengineering, Vol. 7, No.1, March 2012, pg 27-37.

А. Буранбаева, А.Ж. Жусупбеков, А. Омаров

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Нұр-Сұлтан қаласындағы Абу-Даби Плаза жертөлесінің тақтанегіздерінің геомониторингі

Аңдатпа. Заманауи сәулетте көп жағдайда тығыз құрылыс жағдайындағы құрылымдарды жобалау қажет етеді. Жобаны жүзеге асыру өте маңызды, бірақ құрылыс барысында көбінесе жобада қателіктер туындауы немесе қоршаған ортаның соңғы нәтижеге әсері болуы мүмкін.

Сондықтан, дұрыс жобалау және уақтылы бақылау болашақта ғимараттардың күрделі жөнделуін болдырмауға мүмкіндік беретін алдын-алу шараларың, сонымен бірге жобаның өзіндік құнына, кейде адамдардың қаза болмауына алып келеді.

Көп қабатты стационарлық ғимараттарды салу кезінде және одан кейін көбінесе сыртқы қабырғалар мен жертөле тақтасынан жарықтар табуға болады. Жер асты сулары жертөледегі жарықтар арқылы өте бастайды. Бұл жертөле қабатының ұзақтылығы мен беріктігіне қауіп төндіріп, оны пайдалануға жарамсыз етеді. Мақалада талшықты-оптикалық сенсорлы технологиялардың геотехникалық инженерияда қолданылуы көрсетілген. Құрылыс процесінде талшықты-оптикалық датчиктерді қолдана отырып, іргетастың мониторинг жүйесін құру мүмкіндігі қарастырылған.

Мониторинг жүйесіне пластинаның бетінде пайда болатын деформацияны басқаруға мүмкіндік беретін талшықты-оптикалық кабельді қолданумен таралған оптикалық кернеуді өлшеу жүйесі кіреді.

Осы зерттеу аясында Нұр-Сұлтан қ. (Қазақстан) орналасқан биік ғимараттар мен имараттардың негіздер жүйесін зерттеу болып табылады.

Түйін сөздер: кернеу, іргетас тақтасы, биік ғимараттар, талшықты-оптикалық датчиктер, азаматтық құрылыс.

А. Буранбаева, А.Ж. Жусупбеков, А. Омаров
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,
Нур-Султан, Казахстан

Геомониторинг подвальной плиты в рамках проекта Абу-Даби Плаза в городе Нур-Султан

Аннотация. В современной архитектуре все чаще возникает необходимость проектирования конструкций в условиях плотной застройки. Важно реализовывать проект без заминок, но в процессе строительства часто могут возникать ошибки проекта или влияние окружающей среды на конечный результат. Поэтому правильное проектирование и своевременный мониторинг позволяют принимать превентивные меры, которые помогают избежать капитального ремонта зданий в будущем, что также влияет на стоимость проекта, а иногда и на человеческие жертвы.

Во время и после строительства высотных стационарных зданий могут возникнуть часто недопустимые трещины во внешних стенах и на фундаментной плите подвала. Соответственно, грунтовые воды начинают протекать через трещины в подвале, что ставит под угрозу работоспособность и долговечность цокольного этажа и делает его непригодным для использования. В статье представлено применение волоконно-оптических сенсорных технологий геотехнической инженерии. В данной работе установлена возможность создания системы мониторинга фундамента с использованием волоконно-оптических датчиков в процессе строительства.

Система мониторинга включает в себя распределенную волоконно-оптическую систему измерения напряжения с использованием волоконно-оптического кабеля, что позволяет контролировать деформации, возникающие на поверхности плиты.

В рамках данного исследования проводится исследование системы фундаментов высотных зданий и сооружений в г. Нур-Султан (Казахстан).

Ключевые слова: напряжение, плита фундамента, высотные здания, волоконно-оптические датчики, гражданское строительство.

Information about authors:

Жусупбеков А.Ж. – техникалық ғылымдар докторы, Сәулет-құрылыс факультеті «Ғимараттар және ғимараттарды жобалау» кафедрасының профессоры, Геотехникалық институттың директоры, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көшесі 13 А, Сәулет-құрылыс ғимараты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан, astana-geostroi@mail.ru.

Омаров А. – Сәулет-құрылыс факультеті «Ғимараттар және ғимараттарды жобалау» кафедрасының доценті PhD, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көшесі 13 А, Сәулет-құрылыс ғимараты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан, omarov_01@bk.ru.

Буранбаева А. – Сәулет-құрылыс факультеті «Ғимараттар және ғимараттарды жобалау» кафедрасының PhD студенті, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көшесі 13 А, Сәулет-құрылыс ғимараты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан, 7011773434g@gmail.com.

Zhussupbekov A.Zh. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of "Design of buildings and constructions" of the Faculty of Architecture and Construction, Director of Geotechnical Institute, L.N.Gumilyov Eurasian National University, 13 A, Kazhymukana str., architectural and construction building, Nur-Sultan, Kazakhstan, astana-geostroi@mail.ru..

Omarov A. – Ph.D., Associate professor, Department of "Design of buildings and constructions" of the Faculty of Architecture and Construction, L.N.Gumilyov Eurasian National University, 13a Kazhymukana str., architectural and construction building, Nur-Sultan, Kazakhstan, omarov_01@bk.ru.

Buranbayeva A. – Ph.D. student, Department "Design of buildings and constructions" of the Faculty of Architecture and Construction, L.N.Gumilyov Eurasian National University, 13 a Kazhymukana str. a, architectural and construction building, Nur-Sultan, Kazakhstan, 7011773434g@gmail.com.

Памятники культовой архитектуры Сарыарки

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению двух традиционных памятников погребально-культовой архитектуры Сарыарки. Это мавзолей старшего сына Чингисхана – Жошы, а также один из замечательных средневековых культовых сооружений – Алашахан. Погребально-культовые сооружения являются частью традиционной казахской культуры и истории, а потому необходимо более глубокое и тщательное изучение этой малоисследованной темы.

При рассмотрении мавзолея Жошыхана следует учитывать, что это один из немногих памятников на территории Казахстана, имеющих собственное имя, то есть известно имя погребенного, в честь которого построено мемориальное сооружение. Имя Жошыхана, исторического деятеля, старшего сына великого Чингисхана, позволяет из исторических письменных источников установить точную дату строительства мавзолея над прахом умершего Жошы. Кроме того, местонахождение мавзолея Жошыхана в Центральном Казахстане позволяет историкам сделать вывод о том, что ставка Жошы, находившаяся в Восточном Казахстане, была перенесена в Центральный Казахстан, на что указывает местонахождение мавзолея. Нахождение мавзолея Жошыхана на территории современного Казахстана делает исследование личности Жошыхана, а также мемориального сооружения – частью истории средневекового Казахстана.

До сегодняшнего дня казахи сохранили в своей традиционной культуре обряд кругового обхода – айналмак. Этот обряд хорошо известен по церемонии инаугурации казахских ханов, когда избранного хана поднимали на белой кошме и представители знати обводили его девять раз по кругу солнца. Круговые движения вокруг больного совершали целители-шаманы с целью излечить больного. Этот широко известный у казахов обряд отразился и в структуре казахских погребальных сооружений – мавзолеях. Так, средневековый мавзолей Алашахана, а также мавзолей Дузена Сандыбаева (1866 г.) имеют в толще своих стен обходные галереи, по которым совершался круговой обход по движению Солнца, что указывает на древнейшие корни его происхождения. Близки по аналогии мавзолей Саманидов (IX-X вв.) в Бухаре, мавзолей Султана Санжара в Туркменистане, где обходные галереи являются рудиментом в структуре этих сооружений. В мавзолеях, где нет обходных галерей, обряд сакрального обхода совершался вокруг самого мавзолея.

Ключевые слова: архитектура, культура, памятник, портал, купол, кубба, ниша, барабан, конструкция, кирпичи, раствор, декор, сталактиты, полива, ганч, глазурь.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2021-136-3-33-45

Введение

Вице-президент Оренбургской ученой архивной комиссии Жозеф-Антуан (Иосиф Антонович) Кастанье (1875–1958), археолог, этнограф, историк, лингвист, ещё в самом начале XX века по достоинству оценил архитектурные памятники огромной казахской степи, опубликовав капитальные труды [1]; [2]. Это были не только одни из первых письменных сообщений, но и первые научные сведения о погребально-мемориальных памятниках казахских степей.

Научный уровень работ И. А. Кастанье высоко оценил выдающийся российский, советский ученый-востоковед В. В. Бартольд. Восхищенный средневековыми памятниками Самарканда, И. А. Кастанье отдал должное и мемориальным сооружениям Степи, лаконично и обоснованно сравнил степное зодчество с постройками великого полководца Тимура: «Древности

южной половины Средней Азии вследствие своей роскоши и грандиозности (мечети самаркандские и другие) затмили скромные и бедные памятники северной её половины, в то время как последние по своей древности и многочисленности заслуживают едва ли не большего внимания, чем первые».

В этой небольшой статье дается краткое описание двух замечательных памятников строительного искусства наших предков, мавзолеев Жошыхана – старшего сына Потрясателя Вселенной – Чингисхана - и Алашахана, являющегося замечательным образцом мемориального творчества безвестных зодчих.

Цель исследования. Целью данной статьи является обобщение материалов исследований, не получивших отражения в научной литературе. Материалы по памятникам Жошыхана и Алашахана сохранились в специализированных научно-исследовательских учреждениях РГП «Казреставрация». Такие материалы в совокупности с опубликованными научными статьями и монографиями дают возможность наиболее полно представить эти памятники как объекты материальной культуры. Также цель работы - выявить и показать место в культуре казахского народа исследуемых памятников, историческое, архитектурное, искусствоведческое значение которых неоспоримо.

Задачи. При описании мавзолеев Жошыхана и Алашахана использовалась специализированная литература, которая является частью списка диссертационной работы (библиографии). Исследования, приведенные в данной статье, позволяют определить место указанных архитектурных сооружений в классификационной системе аналогичных памятников.

Актуальность. Образ Республики Казахстан, ставшего независимым государством, не в последнюю очередь формируется его историческими особенностями, неповторимой культурной спецификой, и обнародование исключительно репрезентативных в этом отношении памятников народного зодчества является весьма актуальным и перспективным вопросом не только в научном отношении, но и в историко-культурном, а также политическом плане.

Предмет исследования. Предметом исследования являются средневековые памятники мемориальной архитектуры (мавзолеи).

Степень изученности. Относительно позднее изучение архитектурных памятников казахского народа объясняется стереотипным восприятием кочевой культуры, которая априори, якобы не может иметь памятники строительной культуры. Таким образом, учитывая и подчеркивая слабую степень изученности мемориальных памятников, мы намерены, по возможности заполнить эту лауну (пробел).

Основная часть

Мавзолей Жошыхана. Памятник находится на левом берегу реки Каракенгир, в 55 км к северо-востоку от города Жезказгана Карагандинской области. Входным проемом ориентирован на юго-запад (азимут 210 градусов). Приблизительно датируется XIII-XIV веками. Здание, слегка уширенное книзу, расположено на холме и несмотря на небольшие размеры производит впечатление монументального сооружения. Отсутствующий фундамент заменяет тщательно подобранное место для строительства, где почва состоит из непросадочных материалов (щебень, песок), которые переходит в скальную породу [3, с. 21]. Хорошая сохранность мавзолея, простоявшего много веков, указывает на продуманный выбор основания сооружения (рис. 1).

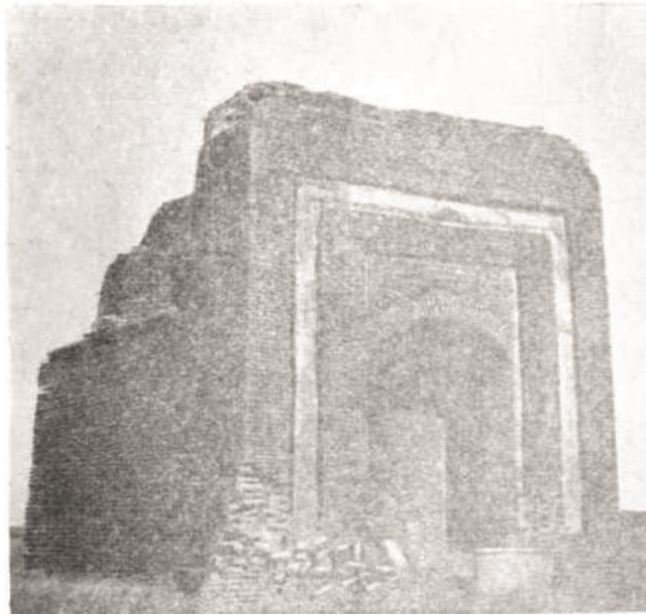


Рисунок 1. Историческое фото до реставрации

Стены построены из жженных кирпичей размером 28х28х6 см.; в кладке портала встречаются кирпичи размером 30х29х6 см. Ребристый звездчатый барабан сложен из квадратных (25х25х6 см) и прямоугольных (26х12х6 см) кирпичей. Круглый барабан и куполы сложены из прямоугольных (29х15х6 см) кирпичей. Облицовка ребристого барабана и внешнего купола велась квадратными (24х24х2,5 см; 24х24х 3,5 см) плитами с голубой глазурью. Скрепляющий раствор – глиняный. По своей объемно-пространственной композиции мавзолей Жошыхана представляет собой однокамерное сооружение с портално-купольной композицией, где главный фасад выделен в монументальный портал-пештак со вписанной стрельчатой аркой над глубокой нишей. Вертикальные членения пештака, смыкающиеся горизонтально над нишей входного проема, в виде П-образной бороздки шириной 45 см, были заполнены декоративными квадратными плитами, крепившимися на ганчевом (алебастровом) растворе, о чем говорят следы ганча в П-образном пояске. Высота портала составляет 8,0 м. Верх пештака завершен небольшим карнизом, выполненным постепенным напуском верхних рядов кладки над нижележащими. Под карнизом имеется фриз, высотой в 70 см, куда устанавливались плитки с голубой поливой. Тимпан арки и фриз пештака имеют остатки следов ганчевого раствора, что говорит о декоративных элементах, некогда их украшавших.

Портальная ниша обрамлена аркой, выполненной клинчатой кладкой. Высота портальной арки - 4,56 м. Переход к полусфере ниши от прямоугольника стен достигается при помощи консольных парусов в форме ячеистых сталактитов. Полусфера ниши выполнена методом радиально-клинчатой кладки (рис. 2). Щипцовая, щековая стены и полусфера имеют следы ганчевой штукатурки.

В щипцовой стене сделан входной проем (1, 60 х 0, 88 м) прямоугольной формы с деревянной перемычкой, установленной при ремонте в 1946 году. Имеется невысокий порог. Кладка семнадцатиконечного звездчатого ребристого барабана велась на глиняном растворе. Во многих местах стен ребристого барабана сохранился глиняный раствор с четкими следами (линиями) квадрата облицовочных плит. Толщина раствора, скрепляющего облицовочные плиты с барабаном, различна, что является следствием выравнивания разницы в кладке углов призматического барабана.

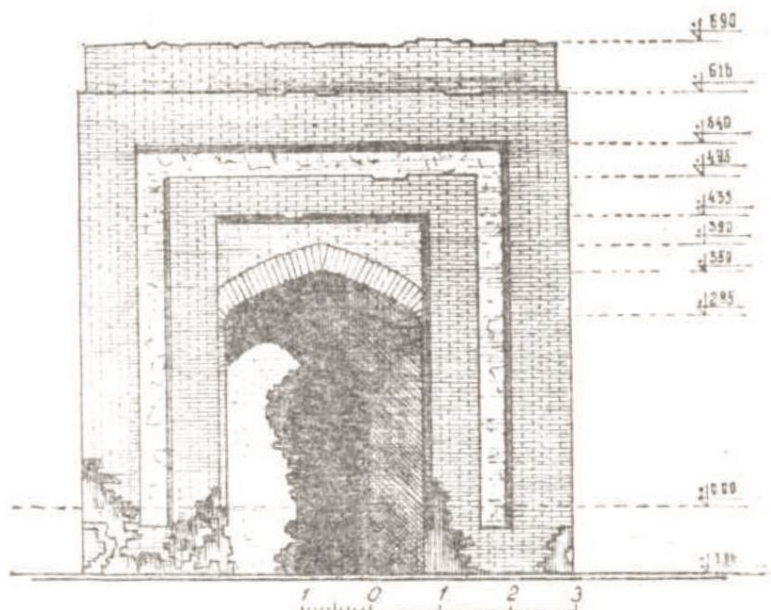


Рисунок 2. Главный фасад Жошыхана

Северо-западный, юго-восточный и северо-восточные фасады никаких архитектурно-декоративных украшений не имеют. Отсутствует и парапет. Карниз оформлен просто, в виде небольшого напуска рядов кирпичной кладки.

Мавзолей имеет двойной купол: внешний – конусообразный, декорированный облицовочными поливными плитами бирюзово-голубого цвета и внутренний – полусферический. Наружный (внешний) купол опирается на высокий 17-гранный, звездчатой формы, барабан (рис. 3). Примеров такого оформления в виде барабана с 17-ю гранями в Центральном Казахстане не встречается. Подобие такого барабана мы находим в Южном Казахстане (Жамбылская область), на мавзолее Бабаджи-хатун. Выше звездчатого барабана находится круглый барабан, высота которого составляет девять рядов кладки кирпича (плашмя). Звездчатый барабан и полусферический купол облицованы квадратными голубыми плитами, тогда как круглый барабан был облицован плитами с геометрическим орнаментом, представляющим переплетение шестиугольников, и окаймлялся плитами с зеленой поливой по торцу. Геометрический орнамент вырезался на плитке, которая затем покрывалась голубой поливой [4, с. 24].

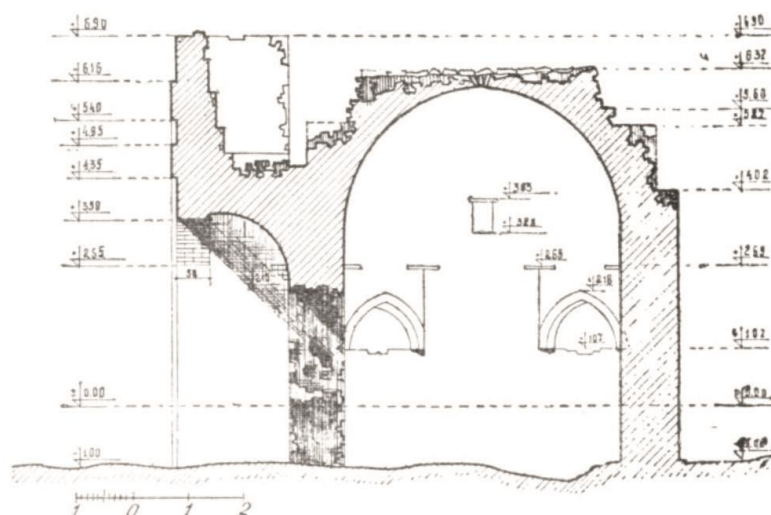


Рисунок 3. Продольный разрез

Купол завершался навершием (кубба) в форме кувшинов, соединенных между собой деревянным стержнем и покрытых зеленой поливой (рис. 4). Верхний «кувшин» имеет два отростка в форме рогов или узкого полумесяца. Внутренность звеньев навершия заливалась ганчевым раствором. «Рожки» куббы ориентированы по оси восток–запад [5, с. 9–10].

Внешняя поверхность внутреннего купола покрыта толстым слоем глиняного раствора, не уступающего по прочности ганчу. Внутренний полусферический купол диаметром 5 м опирался на плавный шестнадцатигранник, образованный посредством небольших деревянных импостов, перекинутых в углах восьмигранника.

В свою очередь переход от квадратного плана к восьмиграннику осуществлялся посредством арочных парусов с выступающими пятами на высоте около двух метров. Тимпаны арок выше замка вместе со стенами образуют восьмигранник. Так происходит переход от квадратного плана к куполу-перекрытию квадратного помещения мавзолея (рис. 4). Сферическая часть арочных парусов, так же, как и купола, выполнены методом радиально-клинчатой кладки, что позволяет при дефиците леса производить кладку без применения опалубки.

Для освещения помещения на поперечной оси, у основания купола, имеются небольшие оконные проемы (35x55 см), расширяющиеся во внутрь при помощи кладки уступом. Таким образом они служат для рассеивания света. Кроме того, входной проем также служит для освещения помещения. Никаких декоративных или других украшений в интерьере нет. Стены внутри оштукатурены глино-саманным раствором.

Глубокая продуманность каждого шага, не видимая глазу туриста, но хорошо различимая исследователями, является результатом высокого профессионального мастерства и глубокого уважения к своему труду. Результаты мастерства зодчего опробованы многовековым временем – самым убедительным из видов испытаний.

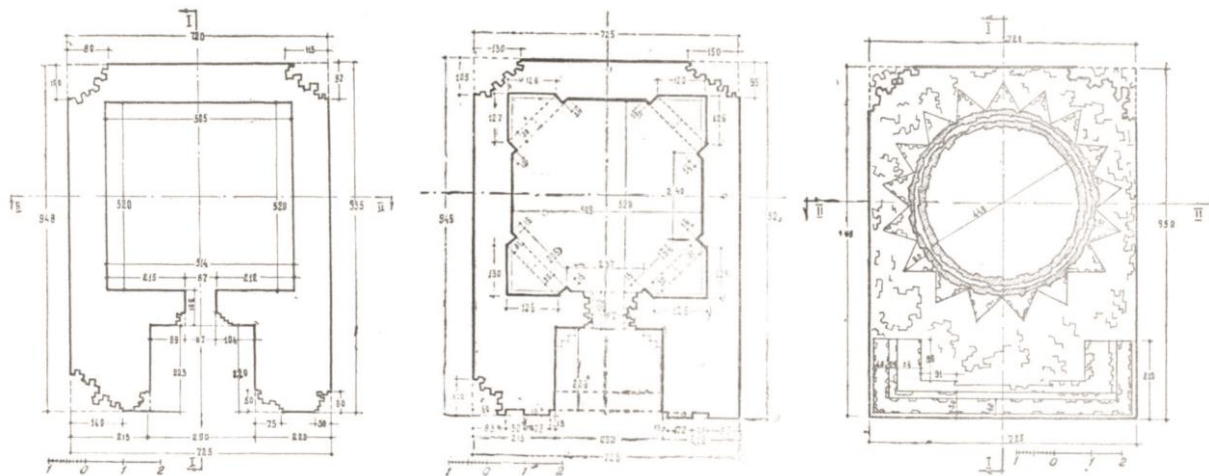


Рисунок 4. План на отметке $\pm 0,00$; $\pm 1,10$ и план под-купольного барабана

Мавзолей Жошыхана является одним из немногих архитектурных памятников Сарыарки, имеющим довольно точную датировку. Один из замечательных мемориально-культурных сооружений средневековья, мазар Жошыхана покоряет зрителя не грандиозностью, а монументальностью общего решения, является частью богатого архитектурного наследия казахского народа и как таковой имеет право не только на историко-архитектурное изучение, но и на творческое осмысление в аспекте новых требований современной архитектуры независимого Казахстана (рис. 5).

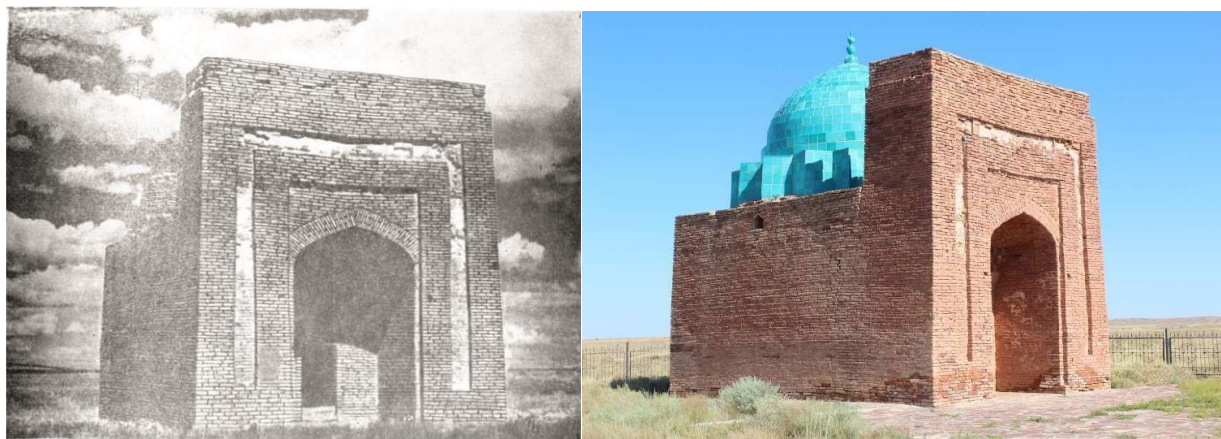


Рисунок 5. Историческое фото после ремонта и современный вид

Мавзолей Алашахана находится на правом берегу реки Каракенгир, в 2 км к юго-западу от села Малшыбай Улытауского района Карагандинской области. Алашахан – один из замечательных памятников Сарыарки. Он построен на высоком холме и хорошо виден на значительном расстоянии. Некрополь, в составе которого он находится, состоит из разновременных памятников мемориально-культовой архитектуры (рис. 6).

Мавзолей Алашахана, – однокамерное портално-купольное сооружение, построенное из красного жженого кирпича высокой прочности, размером 28х28х 5,5 см; 32х32х6,5 см. Размеры памятника по наружной конфигурации: 9, 73 х 11, 91 м. и квадрат по внутренней планировке – 6,31 х 6, 33 м. [6, с. 63–64].

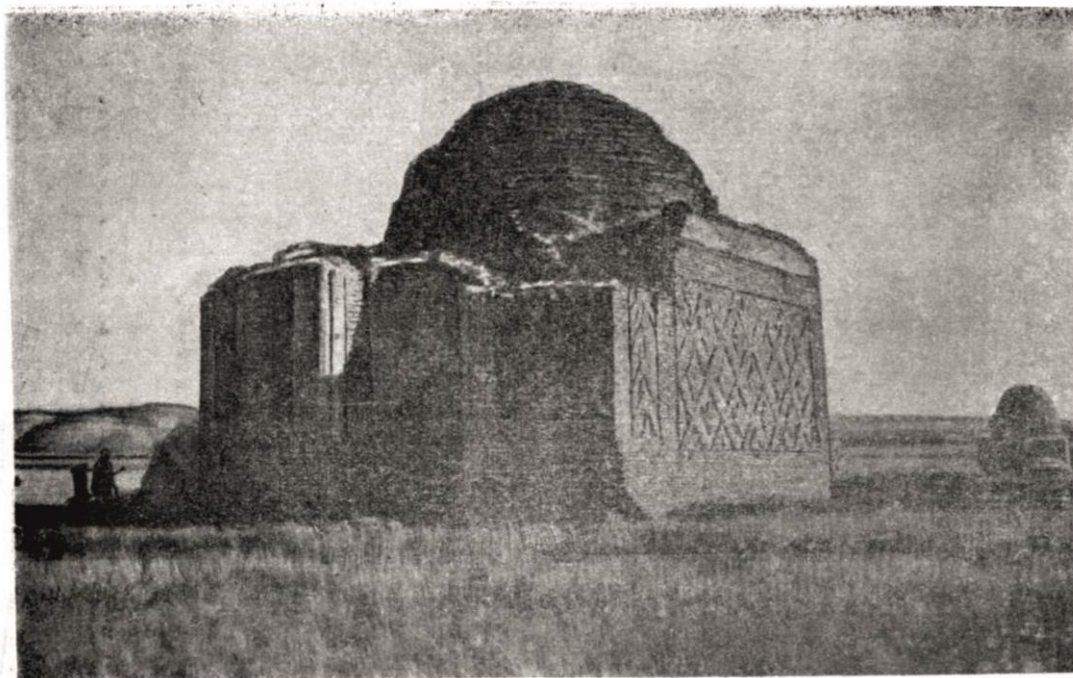


Рисунок 6. Историческая фотография до реставрации

Стены в интерьере расчленены по главным осям четырьмя довольно глубокими нишами с устройством таких же ниш по четырем углам помещения, благодаря чему внутренний объем в плане воспринимается как восьмигранник. Переход от квадратного плана к восьмиграннику осуществлен посредством угловых ниш, основание которых начинается с уровня земли. Переход от восьмигранника к шестнадцатиграннику и далее к кругу купола осуществлен при помощи сталактитов в углах восьмиугольника. Архитектор Т. К. Басенов считает несколько необычным

конструктивным приемом «наличие внутренних угловых ниш, идущих сквозь – с самого низа до основания барабана купола. По существу, угловые ниши образованы в результате кладки выступов под пяты угловых арок, начиная с пола мавзолея» [7, с. 13].

На круглом невысоком барабане покоится полусферический купол. В толще юго-западного пилона имеется узкий лаз, ведущий на галерею вокруг подкупольного барабана. Перекрыт лаз методом ложного свода. Галерея-ход (лаз) в толще стены размером 0,50 x 1,60 м огибает мавзолей с трех сторон и выходит на пештак и кровлю. В углах галереи устроены каморки, перекрытые сводом балхи, - прием, имеющий происхождение из г. Балхи (Афг.). Назначение галереи напоминает ритуальный обход (айналу) в доисламских храмах и в структуре этого здания является рудиментом. Освещение галереи осуществляется посредством шести небольших окон (18 x 35 см.) по два на каждом фасаде, кроме главного. В тимпанах угловых арок, напротив каморок галереи, имеются проёмы размерами 20 x 60 см. Кроме того, в плоскости осевых граней подкупольного барабана устроены окна с ниспадающими во внутрь уступами для рассеивания света, освещающего внутренность помещения (рис 7).

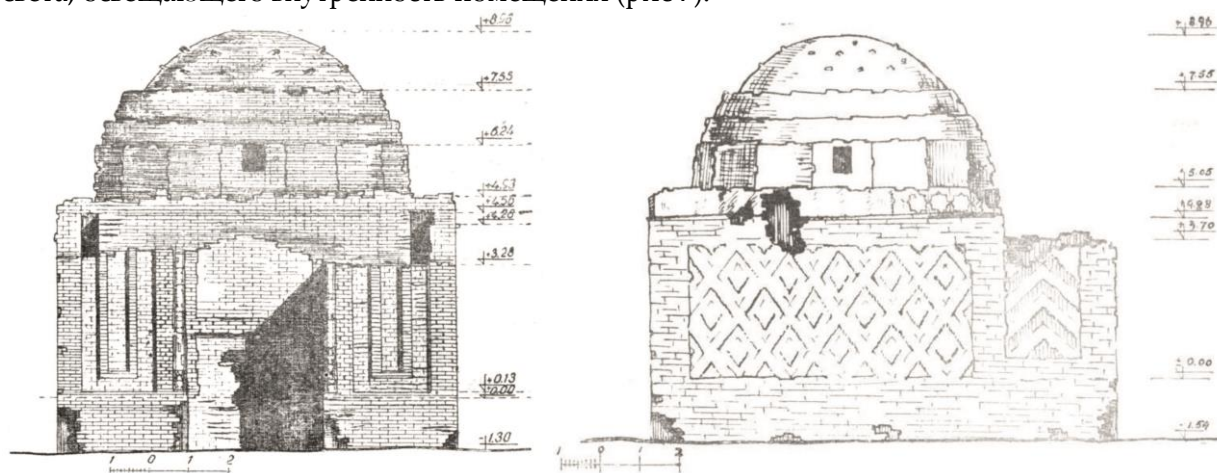


Рисунок 7. Главный фасад и боковой фасад

Для куполов и сводов использовали ганчевый раствор, данный раствор облегчал кладку сводов арок и куполов без опалубки благодаря быстрому схватыванию. В силу своей пластичности он обеспечивал хорошую сохранность и прочность сооружений. При рядовой кладке применялся раствор суглинка с примесью мелкого песка и хряща.

Видимо, из-за отсутствия леса при строительстве мавзолея было незначительное применение лесоматериалов. Так, в конструкцию стен в качестве арматуры закладывался карагач, а при возведении стен закладывались куски дерева в виде длинных консолей, служившие при строительстве опорами для лесов.

Под куполом заложены две пары взаимно пересекающихся перекладин, которые, возможно, служили опорами при возведении купола. Некоторые исследователи считают, что перекладины предназначены для подвески шкур жертвенных животных, в чем их поддерживал архитектор Г. Г. Герасимов. Это предположение не выдерживает критики, так как вывешивание ритуальных принадлежностей, как и шкур жертвенных животных на столь большую высоту практически невозможно (рис. 8).

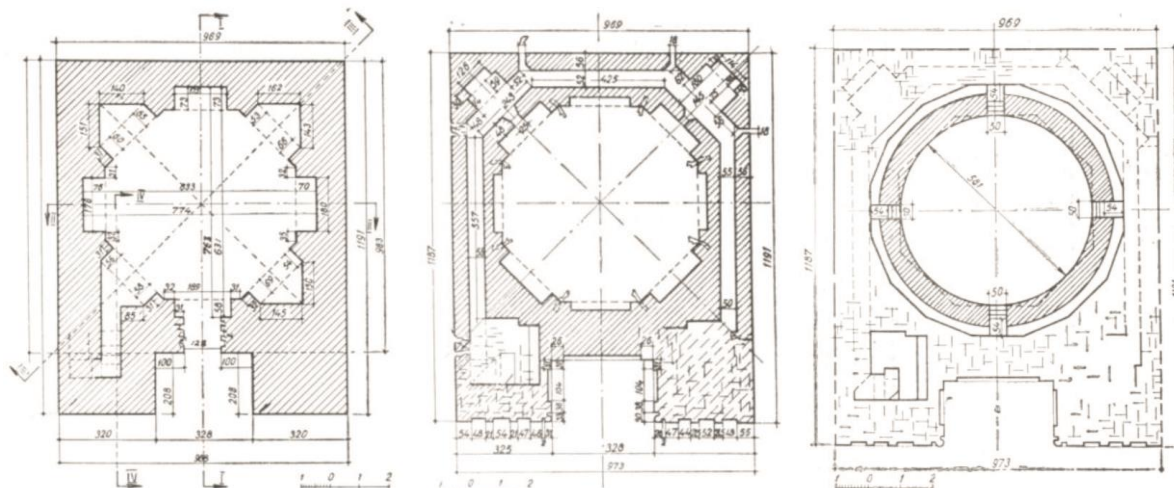


Рисунок 8. План на отметке $\pm 0,00$; $\pm 3,50$ и план купола

Здание мавзолея имеет неглубокий фундамент из жженных кирпичей, которые трудно считать фундаментом, так как он выглядит как «углубленная» в почву стена мавзолея. Практически фундаментом сооружения служит твердый (щебень, камень, песок) грунт холма, на котором воздвигнут мавзолей.

Композиция главного фасада здания состоит из очень мощного портала-пештака с большой и глубокой нишей по центру, перекрытой полуциркульной аркой, архивольты которой поддерживаются двумя трехчетвертными колонками, установленными на обресе кирпичного цоколя [8, с. 44–47]. Колонки выполнены из кирпича с общей кладкой пилонов, на ганчевой отделке которой нанесены горизонтальные швы, делящие колонку на ряд невысоких призм с рельефом в виде бантиков-бабочек. Базы колонок состоят из четырех полушаров, из которых два средних образуют полный шар, зажатый двумя другими, с повернутыми плоскостями в разные стороны и служащие опорами для шара («яблочка») и колонки.

В глубине ниши расположен входной проем, перекрытый деревянной перемычкой. На щипцовой стене арочной ниши, выше входного проема, имеется прямоугольное углубление, которое украшалось, по-видимому, либо резными терракотовыми плитами, либо эпиграфическим орнаментом. Боковые стороны арочной ниши пештака также проработаны широкой полосой, некогда заполненной декором.

Плоскость пештака проработана вертикальными и горизонтальными членениями в виде поясков-борозд, образующих букву «П» и охватывающих порталную арку (рис. 9). Центральное углубление пояска украшалось изразцовыми плитами с геометрическим и растительным орнаментом, о чем можно судить по декору мавзолея Дузена (копия Алашахана).

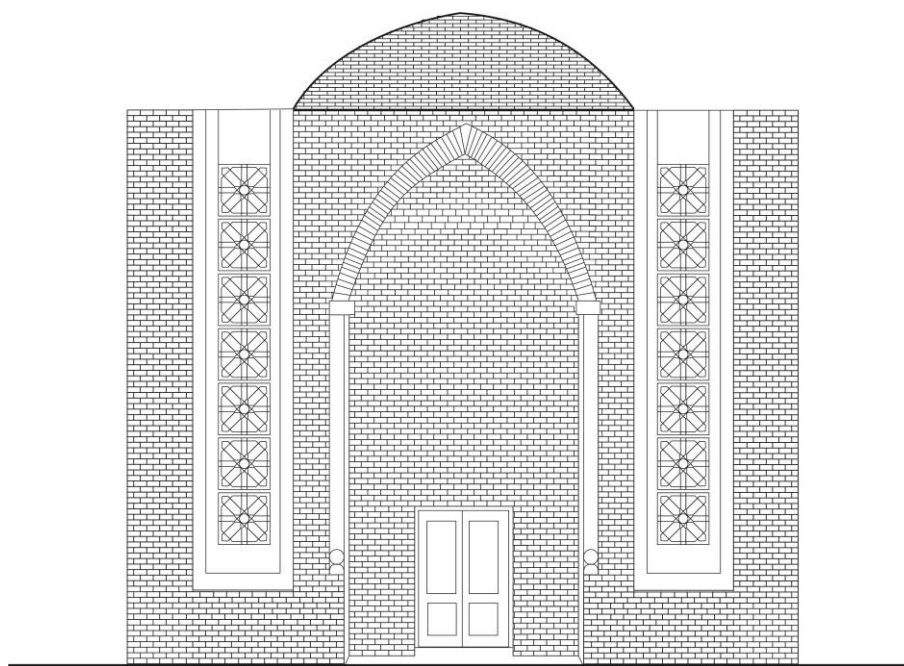


Рисунок 9. Изразцовые плиты с геометрическим и растительным орнаментом, графическая работа автора, 2019 год

Верх пештака завершался живописным фризом из восьмиугольных звезд, покрытых голубовато-зеленой глазурью и простым карнизом. Фриз опоясывал все сооружение по периметру.

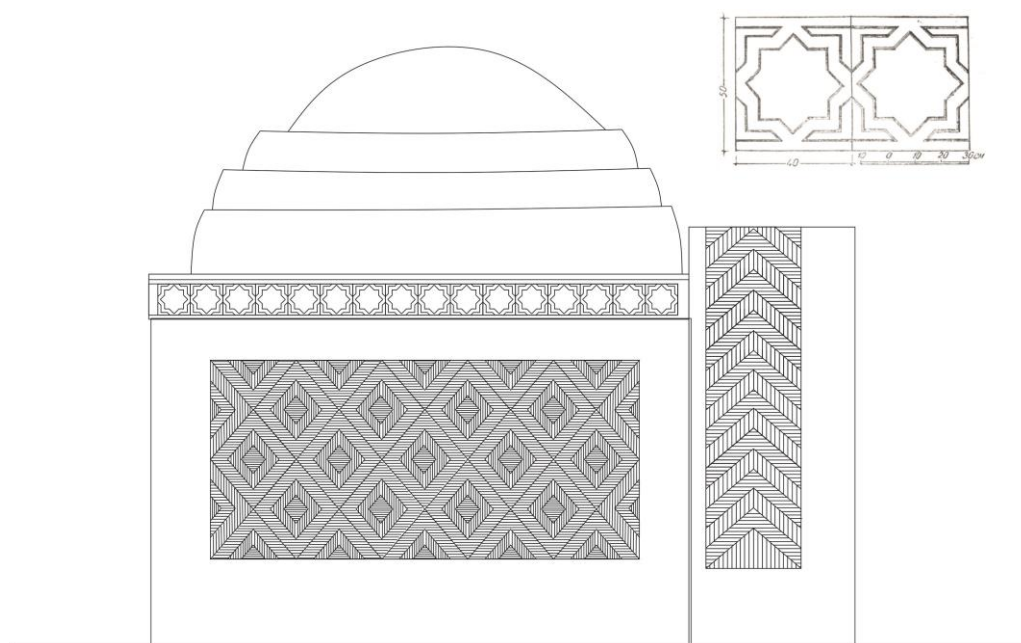


Рисунок 10. Орнаменты из кирпичной кладки на боковых фасадах, графическая работа автора, 2019 год

Плоскости боковых и задней стены памятника, выше цоколя, орнаментировались фигурной кладкой из светлых и темных жженных кирпичей в виде «ромбов» и «треугольников»,

составлявших живописный узор и создававший игру света и тени, придавая ажурность кладке. Органичность и умелое размещение орнамента, неистощимая выдумка и тонкий вкус мастера способствовали эффекту благодаря только одному материалу – кирпичу (рис. 10). Фриз зажимался с двух сторон голубыми поясками из кирпичей, уложенных в «ложок».

Плоскости боковых стен пештака украшены фигурной кладкой кирпичей в виде «ёлочки», стрелкой вверх, что придавало пештаку легкость и устремленность ввысь (рис. 11). Площадка вокруг подкупольного барабана была ограждена парапетом. Распор купола принимается невысоким круглым и ниже десятигранным барабанами.

Творческие поиски зодчих в X – начале XI вв. привели к новой архитектурной концепции – портално-купольной композиции. Таким образом, главный фасад получает дальнейшее пространственное и художественное развитие. В XI веке декорирование зданий привело к тщательной кладке кирпичей. Кладка кирпичей мавзолея Алашахана сделана тщательно, хотя кирпичи, использованные при строительстве, изготовлены с небольшими расхождениями в размерах. Видимо, они изготовлялись в разных мастерских и разными специалистами.

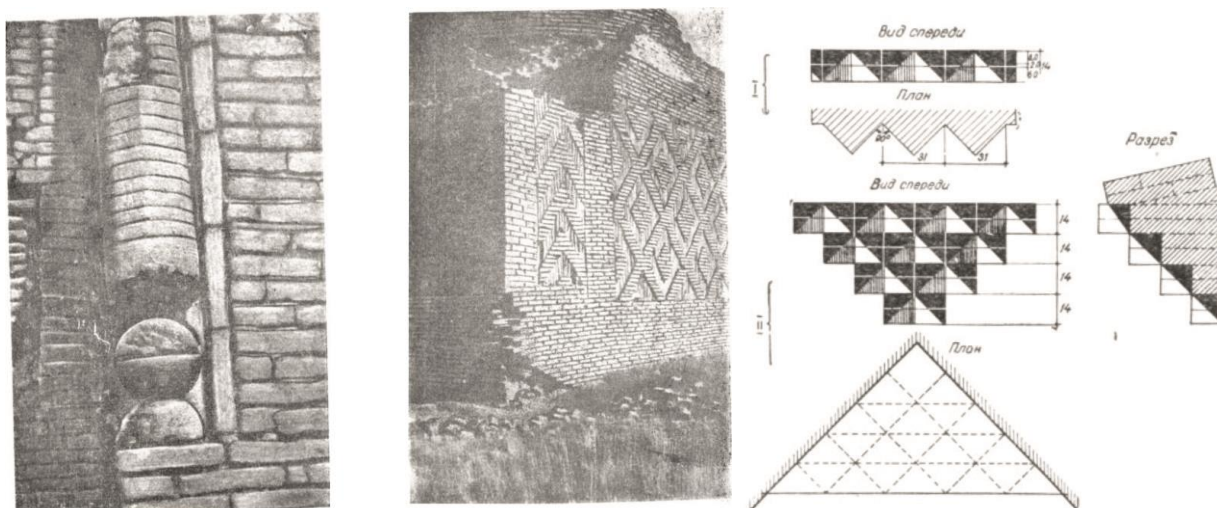


Рисунок 11. База колонки и кирпичная орнаментная кладка. Ромбы и елка. Ячеистая кладка в тропях

Декорирование кирпичной кладкой в XII веке получает дальнейшее развитие, однако появляются и новые средства художественной выразительности (рис. 12). Резьба по кирпичу, в силу своей трудоемкости, заменяется резной терракотой. В XII веке резная терракота не имела поливы.



Рисунок 12. Историческое фото и современный вид

В какой мере хронологическая система датировки памятников архитектуры Центральной Азии приемлема для памятников архитектуры Казахстана, является вопросом, требующим своего изучения. Однако игнорировать и рассматривать памятники Казахстана в отрыве от центрально-азиатских невозможно, так как на протяжении многих веков народы Центральной Азии связывают общность исторического, этнического и культурного развития.

Следовательно, определение времени строительства мавзолея Алашахана возможно в случае дальнейшего исследования строительной культуры казахов и братских народов Центральной Азии. На сегодняшний день специалисты датируют мавзолей Алашахана в диапазоне от X до XV века.

Заключение

Подводя итоги проделанного исследования, следует отметить, что памятники мемориально-культурной архитектуры Сарыарки исследованы недостаточно. На уровне работ немногочисленных авторов сказались не только отсутствие систематических исследований, но и доминанта советской идеологии, которая априори утверждала, что подлинная казахская история начинается с 1917 года, а строительная культура вовсе отсутствовала.

Рассматриваемые сооружения являются своеобразными эталонными памятниками обширной степной зоны Центрального Казахстана. В этой статье представлены два значительных памятника Сарыарки (мавзолей Жошыхана и Алашахана), описания которых позволяют утверждать, что средневековое строительное искусство достигло значительных профессиональных высот. В частности, техника перехода от квадратного плана к восьмиграннику путем угловых стрельчатых арок, как в мавзолее Жошыхана, и переход к восьмиграннику через выкладку угловых ниш, идущих от нижнего основания стен (от пола), выполнены безукоризненно как с конструктивной, так и эстетической точек зрения.

Семнадцатизвездчатый граненый барабан мавзолея Жошыхана уникален не только для региона Сарыарки, но и для всей Средней Азии. Нечто подобное можно увидеть в ребристом барабане мавзолея Бабаджи-хатун (в 18 км от г. Тараза), где он переходит в шатровое перекрытие, тогда как на мавзолее Жошыхана он функционально выполняет роль барабана. Купол у последнего сфероконический.

Исследования конструктивных особенностей данных сооружений, рассмотрение их в исторической перспективе и использование других методов датировки, например, радиоуглеродного анализа деревянных конструкций, позволят при дальнейшем изучении пересмотреть датировку строительства данных мавзолеев.

Выводы

Вывод 1. Дата смерти Жошыхана не указывает на точное время сооружения здания мавзолея, ибо потомки Чингисхана, принявшие ислам, порою через длительный срок после кончины предка, строили мавзолей мусульманского типа над их немусульманскими останками.

После смерти Жошыхана в 1227 году ему не могли построить мусульманское сооружение, пока в 1256 году ханом улуса Жошы не становится младший брат Бату Берке, умерший в 1266 году. Выросший Берке стал благочестивым мусульманином. Утвердившись на троне, он велел установить пятничную молитву - намаз - и иметь каждому воину молитвенный коврик.

На наш взгляд, именно он мог построить мусульманский памятник над могилой Жошыхана. Тогда мавзолей Жошыхана мог быть построен во второй половине XIII века.

Вывод 2. При исследовании мавзолея Жошыхана в 1973 году Центрально-Казахстанской экспедицией Министерства культуры Казахской ССР были зафиксированы облицовочные

голубые плиты на куполе и барабане (in situ). При составлении проекта реставрации мавзолея эти данные стали обоснованием реконструкции купола с использованием голубых плит.

Вывод 3. Реставраторы не завершили реконструкцию разрушенной части портала мавзолея Алашахана, но ее можно восстановить по образцу мавзолея Дузена, который был построен в 1963-1966 годах как точная копия Алашахана. Такое задание получил строитель Сералы Еламанулы от заказчика семьи Сандыбаевых.

Вывод 4. В период возведения Алашахана строительное искусство обогатилось декоративным оформлением фасадов со всех сторон памятника разнообразными формами кладки кирпичей.

Список использованной литературы

1. Кастанье И. А. Древности Киргизской степи и Оренбургского края. - Оренбург, 1910.
2. Кастанье И. А. Надгробные сооружения Киргизских степей. - Оренбург, 1911.
3. Сембин М. К. Отчет о работе Центрально-Казахстанской экспедиции Министерства культуры Каз.ССР 1975 года // Архив научно-исследовательского отдела РГП «Казреставрация». - 1975. - № 293. - С. 21.
4. Герасимов Г. Г. Памятники архитектуры долины реки Кара-Кенгир в Центральном Казахстане. Изд. АН КазССР. Алма-Ата, 1957. - С. 24.
5. Нуркабаев М.С. Отчет о работе Центрально-Казахстанской экспедиции Министерства культуры КазССР // Архив научно-исследовательского отдела РГП «Казреставрация». - Инв. № 294. - 1973. - С. 9-10.
6. Маргулан А. Х. Архитектурные памятники в долине р. Кенгир (Из отчета экспедиции 1946 г.) // Вестник АН КазССР. - 1947. - № 11. - С. 63-64.
7. Басенов Т. К. Архитектурные памятники в районе Сам. - Алма-Ата, Изд. АН КазССР, 1947. - С. 13.
8. Маргулан А. Х. Архитектурные памятники района рр. Кенгир и Сары-Су. // Краткие сообщения ИИМК. - Вып. 28, 1949. - С. 44-47.

Р.У. Чекаева, А.Т. Семби, М.К. Семби

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Сарыарқа мәдени архитектурасының ескерткіштері

Аңдатпа. Мақала Сарыарқаның жерлеу және табынушылық архитектурасының екі дәстүрлі ескерткіштерін қарастыруға арналған. Бұл Шыңғысханның үлкен ұлы – Жошының кесенесі, сонымен қатар ортағасырлық діни ғимараттардың бірі – Алашахан. Жерлеу және табыну құрылымдары дәстүрлі қазақ мәдениеті мен тарихының бөлігі болып табылады, сондықтан аз зерттелген тақырыпты тереңірек және мұқият зерттеу қажет.

Жошыхан кесенесін зерттеу кезінде бұл Қазақстан аумағында өзіндік атауы бар, яғни жерленген адамның есімі белгілі, оның құрметіне мемориалдық құрылым болған сирек ескерткіштердің бірі екенін ескеру қажет. Тарихи тұлға, Ұлы Шыңғысханның үлкен ұлы Жошыханның есімі тарихи жазба дереккөздерінен қайтыс болған Жошының сүйегінің үстіне кесене салудың нақты күнін анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, Жошыхан кесенесінің Орталық Қазақстанда орналасуы тарихшыларға Шығыс Қазақстанда орналасқан Жошы штаб-пәтері Орталық Қазақстанға көшірілді деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Бұл жағдайды кесененің орналасқан жері көрсетіп тұр. Жошыхан кесенесінің қазіргі Қазақстан аумағынан табылуы Жошыханның жеке басын, сондай-ақ мемориалдық құрылымын зерттеуді ортағасырлық Қазақстан тарихының бір бөлігіне айналдырады.

Осы уақытқа дейін қазақтар дәстүрлі мәдениетінде *айналма* («айналмақ») ғұрпын сақтап келеді. Бұл әдет-ғұрып қазақ хандарының ұлықтау рәсімінен жақсы көрінеді. Ол сайланған ханды ақ киізге көтеріп, ақсүйектер оны күн шеңберінде тоғыз рет айналып өткен. Бақсы емшілер емделушіні сауықтыру үшін айналмалы қозғалыстар жасады. Қазақтар арасында кеңінен танымал болған бұл ырым қазақтың жерлеу құрылыстары - кесенелер құрылымында көрініс тапты. Мысалы, ортағасырлық Алашахан кесенесінде, сондай-ақ Дүзен Сандыбаев кесенесінде (1863-1866 жж.) қабырғаларының қалыңдығында айналма галереялар бар, олардың бойында Күннің қозғалысына сәйкес дөңгелек серуен жасалды, бұл ең ежелгі тамырларды көрсетеді, оның шығу тегі Бұхарадағы Саманидтер кесенесі (IX-X ғғ.) мен Түркменстандағы Санжар Сұлтан кесенесі ұқсастық бойынша жақын, мұнда айналма галереялар осы құрылымында рудимент болып табылады. Айналма галереялары жоқ кесенелерде кесенені жер бетінде айналып, сонымен қасиетті дәстүрді орындайды.

Түйін сөздер: сәулет, мәдениет, ескерткіш, портал, күмбез, кубба, тауашасы, барабан, құрылыс, кірпіш, ерітінді, декор, сталактит, ирригация, ганч, глазурь.

R.U. Chekaeva, A.T. Sembi, M.K. Sembi

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Monuments of cultural architecture of Saryarka

Abstract. The article is devoted to the consideration of two traditional monuments of the burial and cult architecture of Saryarka. This is the mausoleum of the eldest son of Genghis Khan - Zhoshy, as well as one of the wonderful medieval religious buildings - Alashakhan. Burial and cult structures are part of the traditional Kazakh culture and history, and therefore, a deeper and more thorough study of this little-studied topic is necessary.

When considering the Zhoshykhan mausoleum, it should be noted that this is one of the few monuments on the territory of Kazakhstan that have their own name, that is, the name of the buried person is known, in whose honor the memorial structure was built. The name of Zhoshykhan, a historical figure, the eldest son of the Great Genghis Khan, allows us to establish the exact date of the construction of the mausoleum over the ashes of the deceased Zhoshy from historical written sources. In addition, the location of the Zhoshykhan mausoleum in Central Kazakhstan allows historians to conclude that the Zhoshy headquarters, located in Eastern Kazakhstan, was moved to Central Kazakhstan, as indicated by the location of the mausoleum. The finding of the Zhoshykhan mausoleum on the territory of modern Kazakhstan makes the study of the personality of Zhoshykhan, as well as the memorial structure, a part of the history of medieval Kazakhstan.

To this day, Kazakhs have preserved in their traditional culture the rite of a circular detour - *ainalmak*. This rite is well known from the inauguration ceremony of Kazakh khans, when the chosen khan was raised on a white felt mat and the nobility circled him nine times in the circle of the sun. Shaman healers made circular movements around the patient in order to heal the patient. This rite, widely known among Kazakhs, was reflected in the structure of Kazakh burial structures - mausoleums. So, the medieval mausoleum of Alashakhan, as well as the mausoleum of Duzen Sandybaev (1866) have bypass galleries in the thickness of their walls, along which a circular walk was made along the movement of the Sun, which indicates the most ancient roots of its origin. The mausoleum of the Samanids (IX-X centuries) in Bukhara and the mausoleum of Sultan Sanzhar in Turkmenistan are close by analogy, where bypass galleries are a rudiment in the structure of these structures. In mausoleums, where there are no bypass galleries, the sacred detour was performed around the mausoleum itself.

Keywords: architecture, culture, monument, portal, dome, kubba, niche, drum, construction, bricks, mortar, decor, stalactites, irrigation, ganch, glaze.

References

1. Kastan'e I. A. Drevnosti Kirgizskoj stepi i Orenburgskogo kraja [Kyrgyz steppe and Orenburg region], Orenburg, 1910, [in Russian].
2. Kastan'e I. A. Nadgrobnye sooruzhenie Kirgizskih stepej [Gravestones of the Kyrgyz steppes], Orenburg, 1911, [in Russian].
3. Sembin M. K. Otchet o rabote Central'no-Kazahstanskoj ekspedicii Ministerstva kul'tury Kaz.SSR 1975 goda [Report on the work of the Central Kazakhstan Expedition of the Ministry of Culture of the Kazakh SSR 1975] // Arhiv nauchno-issledovatel'skogo otdela RGP «Kazrestavraciya» [Archive of the research department of the RSE «Kazrestavratsiya»], 1975. No. 293. P. 21, [in Russian].
4. Gerasimov G. G. Pamyatniki arhitektury doliny reki Kara-Kengir v Central'nom Kazahstane [Architectural monuments of the Kara-Kengir river valley in Central Kazakhstan], Izd. AN KazSSR. Alma-Ata, 1957. P. 24, [in Russian].
5. Nurkabaev M.S. Otchet o rabote Central'no-Kazahstanskoj ekspedicii Ministerstva kul'tury KazSSR [Report on the work of the Central Kazakhstan Expedition of the Ministry of Culture of the Kazakh SSR], Arhiv nauchno-issledovatel'skogo otdela RGP «Kazrestavraciya» [Archive of the research department of the RSE «Kazrestavratsiya»], Inv. No. 294, 1973. P. 9-10, [in Russian].
6. Margulan A. H. Arhitekturnye pamyatniki v doline r. Kengir (Iz otcheta ekspedicii 1946 g.) [Architectural monuments in the Kengir river valley (From the report of the 1946 expedition)], Vestnik AN KazSSR [Bulletin of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR], 1947. No. 11, P. 63-64, [in Russian].
7. Basenov T. K. Arhitekturnye pamyatniki v rajone Sam [Architectural monuments in the Sam area], Pub. AS KazSSR. Alma-Ata, 1947. P. 13, [in Russian].
8. Margulan A. H. Arhitekturnye pamyatniki rajona rr. Kengir i Sary-Su [Architectural monuments of the region of the Kengir and Sary-Su rivers], Kratkie soobshcheniya IIMK [Brief messages of the IHMK], Iss. 28, 1949. P. 44-47, [in Russian].

Сведения об авторах:

Чекаева Р.У. – кандидат архитектуры, профессор, Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, ул. К. Сатпаева, 2, Нур-Султан, Казахстан, rahima.chekaeva@mail.ru.

Семби А.Т. – магистрант 2 курса специальности «Архитектура», Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, ул. К. Сатпаева, 2, Нур-Султан, Казахстан, aibike.sembi@gmail.ru.

Семби М. К. – историк, деятель культуры, Нур-Султан, Казахстан, msembi@gmail.com.

Чекаева Р. У. - Candidate of Architecture, professor, L. N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Nur-Sultan, Kazakhstan, rahima.chekaeva@mail.ru.

Sembi A. T. – The 2nd year master's student in Architecture, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Nur-Sultan, Kazakhstan, aibike.sembi@gmail.ru.

Sembi M. K. - Historian, art worker, Nur-Sultan, Kazakhstan, msembi@gmail.com.

N.B. Sarsenbayev, B.K. Sarsenbayev, Zh.T. Aimenov,
A.Zh. Aimenov, N.B. Ainabekov*

M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

**Автор для корреспонденции: grand.nur@mail.ru*

Optimization of compositions and technology of production of small-clinker floured cements using the most effective fillers

Abstract. Considering the physical chemistry of grinding it is worth quoting the grinding of mineral building material as “the change of physical-chemical properties of finely ground materials can not only be due to the reducing the particle sizes, at mechanical grinding significant changes of the crystalline structure of their surface layers (thickness 15-20 microns) take place, in many cases the technological properties of fine powders are not so much due to dispersability but are namely due to the structure rupture”, at that the energy costs for this are “significantly greater than for the exposal of surfaces with a clean cleavage”. The speed of heterogeneous chemical processes involving fine powders is determined primarily not by the magnitude of their specific surface area, as commonly is believed, but by the decrease of energy of activation as the result of crystalline structure rupture and amorphization.

However, both specific surface area and energy demands to achieve are actual evaluation of the effectiveness of any material grinding at a particular unit.

The main factor of the production process of cements of low water demand is the grinding, characterized by grindability.

Key words: small-clinker floured cements, grindability, activation, phosphoric and blast furnace slags, energy resource-saving.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2021-136-3-46-55

Introduction

One of the urgent problems of cement production in the Republic of Kazakhstan is the absence of raw materials, because the considerable part of natural sources of raw materials in the immediate proximity is exhausted and has no real replacement. In the future, it will lead to the inevitable partial or complete replacement of natural resources by technogenic ones, the importance of which should increase steadily, including environmental reasons [1,2-6,13].

Nowadays, Kazakhstan has accumulated 10 million tons of electro-phosphoric slags (LLP “Kazphosphat”, Taraz) and 85 million tons of metallurgical slags (LLP “IspatKarmet” Temirtau) and ash of the heat electric generation plant (HEGP) of Akmolinskaya oblast and North- Eastern regions of Kazakhstan. The richest deposits of carbonate, dolomite and dolomitic rocks are found in South Kazakhstan and Zhambyl oblasts [7-9].

The project aims to establish an industrial production of a new generation of high-tech small-clinker floured binders, the technology of which is based on joint grinding of the initial clinker or Portland cement without additions with carbonate rocks and wollastonite- containing rocks, as well as with blast furnace and electro -thermo- phosphoric slags and other technogenic wastes in the presence of superplasticizer (1 - 2%) in the Republic of Kazakhstan. Cement ratio: filler in the small-clinker floured cements (SCFC) varies from 20:80 (SCFC -20) to 80:20 (SCFC-80) [10-12]. The new type of cement has a low water demand, high brand strength from 300 to 1000, processibility, rapid rate of hardening in normal conditions. Its production is wasteless, environmentally full, allows the utilization of many technogenic materials. Construction from concretes on SCFC meets the principles of “green building”.

Materials and methods

Portland cements manufactured at Portland cement of LLP "Standartcement" PC500A0 according to GOST 10178 – Portland cement 500 free of additions, of normal hardening; Portland cements of LLP "Shymkentcement" were used as a binder.

Fields of carbonate -containing rocks (limestones), located in South Kazakhstan oblast, Tulkibasskyi area, LLP "Umit SD" and Zhambyl oblast, Sary- suskyi area, LLP "Kazphosphate" in the Republic of Kazakhstan have been used for study.

Blast-furnace and electro-thermo-phosphoric slags were the fillers in the study. Also, there was used a chemical additive in the form of a chemical (superplasticizer) - C-3 (specs TS 6-36- 0204229-625-90 *) of JSC "Polyplast" production.

The grinding equipment for research has been chosen on the basis of obtained results of grindability of SCFC - 100. The grindability has been studied in four types of laboratory mills, carrying out the grinding in different ways such as a ball one with abrasive and shock- gravitational grinding, vibratory -ball one (of "Consit" company) with abrasive and shock-vibratory grinding, a spring one with abrasive and splitting -compressing grinding, in centrifugal- planetary mill "Activator - 4m" with impact- abrasive grinding. Grindability of mineral components (PC and mineral additives) was evaluated by the specific surface area (S , cm^2/g), achieved in certain time intervals of grinding in one or another mill. The specific surface area of binders was determined at the PSH-12 (LLC "Hodakov" SPC). Operation of the device is based on the measurement of the specific surface area of powder materials by Kozeini- Karman method for air permeability and porosity of compacted powder layer and average sizes of particles corresponding to it [13].

The particle size distribution (PSD) of SCFC - powders was performed at the laser analyzer "Analissette 22 Nanotech" (Germany) with a measuring range 0,1-2000 microns and "Horiba LA-950" (Japan) with a measuring range 0,01-3000 microns[14-17].

Results and discussion

Specific surface area (S_{sa}) of Portland cement and the time required to achieve it were adopted as the grindability criterion. Specifically, of the experiment there were obtained kinetic curves of S_{sa} dependence from the time and grinding conditions. Specifications of the mills are presented in Table 1.

Table 1

Specifications of mills

Name of the indicator	Types of mills			
	Spring one	Vibratory- ball one of LLC "Consit"	Ball one	Centrifugal planetary mill
1	2	3	4	5
Engine power, kW	1,5	0,55	0,25	15
The volume of the grinding chamber, l	4,1	5	9,4	1300(x4)
Mass of grinding bodies(balls), kg	-	10-14	15-20	0,6 - 2,0

Diameter of bodies being ground (mm) share in %	-	10-20% 12-60% 14-20%	10-20% 12-60% 14-20%	5 - 20% 10-60% 15-20%
Weight of the material being crushed, kg:				
- max	0,5	1,8	4,0	0,4
- min	0,1	0,7	1,0	0,05

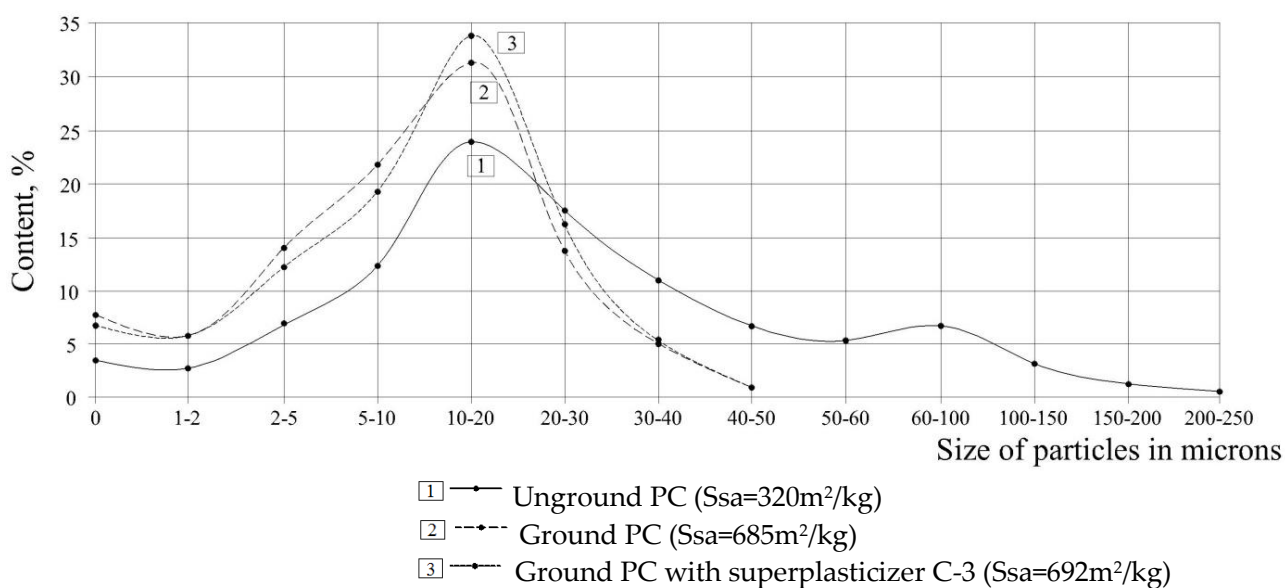


Figure 1. Distribution of the particles of the initial and ground Portland cement according to the sizes

In Figure 1 the granulometric composition of the particles of the initial cement (320 m²/kg) has a bimodal character of distribution with maxima in the sizes range of 10-20 microns and 63-100 microns. At this the right-hand branch of the curve “stretches” to 200- 250 microns. Grinding PC with 1% C-3 and without it increases the ‘height’ of the main maximum (range 10-20 microns) with 29% to 34 and 32%, respectively, due to the re- grinding of larger fractions, at this the role of C-3 in the grinding is low (over the entire range.) Grinding in both cases increases the share of all fractions smaller than 10-20 microns by 10-15%, which should lead to a high speed and depth of the cement binder hydration. Average geometric size of particles of the initial, ground “dry” and with C-3 composes respectively 17.3 microns; 7.8 microns and 8.5 microns [10-12,18-21].

As seen in Figure 2 the character of the curves of PSD of ground sand refers to a bimodal one with maxima in the range of 10 ... 20 microns (25%) and 2 ... 5 microns (17.5%). The total share of average particles 2 ... 20 microns reaches 58%, thin ones (<2 microns) - 25% , large ones (> 20 microns) - 17%. Introduction of SP C-3 at sand grinding leads to the shift of the curve toward thin (28%) and medium-sized particles (70%), fractions over 20-30 microns disappear. At this the content of these particles has considerably reduced (up to 2%).

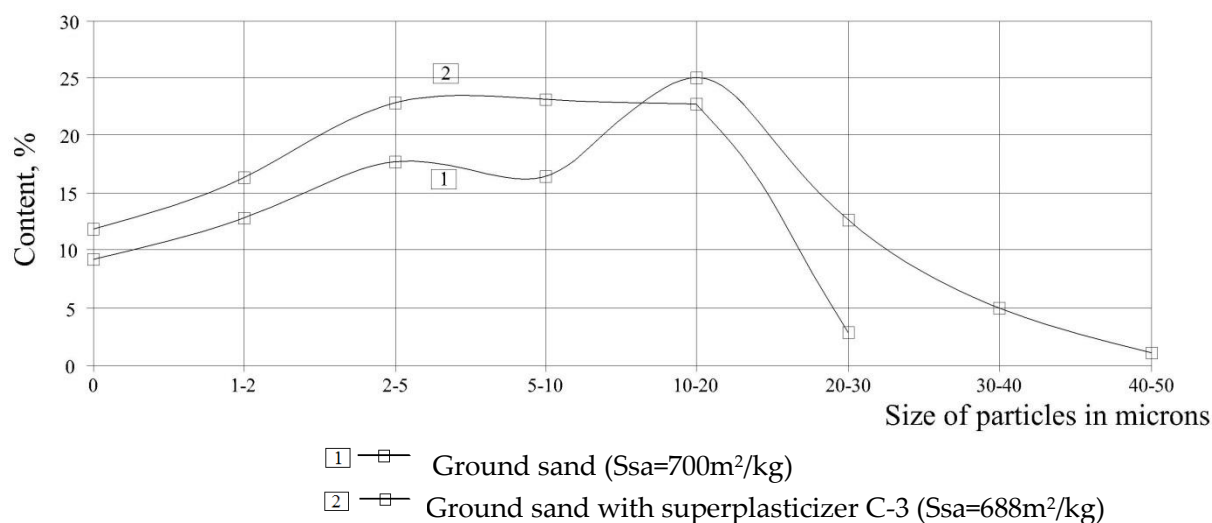


Figure 2. The particle size distribution of ground quartz sand

Comparing the curves of PSD of ground PCs and quartz sand, then at equal S_{sa} , they differ not only in smaller average geometric sizes of ground sand (4.13 microns and 6.20 microns, without and with C-3 respectively), but also in the lack of particles 30-40 and 40-50 microns of the latter and, in general, by greater influence of superplasticizer C-3 on grinding the material. Character of PSD of limestone (Figure 8) is also described by a bimodal curve, but its peculiarity is in the small maximum (rather a “shoulder”) in the range - 10-20 microns. A strongly pronounced maximum of interval of 2-5 microns - 22% dominates, but the share of finer particles 0-2 microns is also high - 33%. On average, their interrelationship with the particles in the range of 2-20 microns is exactly 1:1. Grinding with the addition of C-3 increases the share of fine particles (up to 5 microns) 65%, the share of large and medium particles reduces.

Comparative curves of PSD of Portland cement and of the “second” components of SCFC - fillers are presented in figure 9. They imply that PSD of Portland cement differs significantly from PSD of fillers (with almost equal $S_{sp} \approx 700 \text{ m}^2/\text{kg}$) at dominance of the fraction 10-20 microns (about 35%) with nearly symmetrical change to the right and to the left. PSD curves of carbonates (limestone and marble) are shifted toward smaller fractions and differ

To quantify the efficiency of grinding we introduced the following criteria:

1) grindability factor: $GF = (S_2 - S_1) / \Delta\tau$ ($\text{m}^2/\text{kg} \cdot \text{min}$),

Where S_1 and S_2 - specific surface area of the material (m^2/kg) before and after grinding during the time $\Delta\tau$ (min);

2) specific energy costs on the increase of the specific surface area of the material $\Delta S = 100 \text{ m}^2/\text{kg}$
 $E = N \cdot \Delta\tau / (\Delta S \cdot 10^{-2})$ ($\text{kWh} \cdot \text{kg}/\text{m}^2$);

3) efficiency coefficient of SAM at grinding F_{SAM} is equal to the ratio of the GF of grinding with SAM to GF when grinding without SAM: $F_{SAM} = GF_{SAM}/GF_0$

Results of calculations of the obtained experimental data are presented in Table 2.

Table 2

Design criteria of Portland cement grindability

No.	Indicators	Type of mills							
		Ball one		Consit		Activator		Spring one	
		w/a	C-3 2%	w/a	C-3 2%	w/a	C-3 2%	w/a	C-3 2%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Specific surface area, m^2/kg - initial S_1 - calculated S_2	320 380	320 425	320 460	320 600	280 600	300 600	320 500	320 600
2	Grinding time $\Delta\tau$ minutes to S_2 (calculated)	480	480	480	360	6	4	2	5
3	Coefficient of grindability GC ($m^2/kg \cdot min$)	0,125	0,218	0,29	0,78	53.3	75	90	56
4	Specific energy costs E ($S = 100 m^2/ kg$) * kWh kg/m^2	6,66	3,8	3,14	1,17	0,467	0,33	0,028	0,043
5	Efficiency coefficient of SAM at grinding of K_{SAM}	1,74	2,69	1,4	0,62				

In Table 2 specific energy costs, grindability coefficient and grinding time increase in the series: spring, activator, vibration - ball, ball one. Whereas the efficiency coefficient of SAM at grinding increases in the series: spring, activator, ball and vibratory- ball one. In the spring mill SAM is not the grinding intensificator, on the contrary, it slows it down, the reason is probably in a different mechanism of grinding in the spring mill (cracking) when the surface energy effects less on strength than in the vibration one (shock - abrasive mechanism of grinding).

In general superplasticizer C-3 accelerates the grinding from 1.5 to 2 times and reduces energy costs by 40-90%.

Thus, for further studies mills that have industrial analogs have been selected - vibratory- ball and planetary - centrifugal ones. Refusal from a spring mill is connected with the absence of such ones in an industrial version.

Specific surface area of powders - S_{sa} is an integral one, more precisely, an averaged characteristic of their dispersability, though being widely used. The quantitative granulometric composition or disperse composition which affects the technological characteristics of the powder, as such, and on the properties of the cured binder, in particular cement stone, seems much more informative and meaningful for binders. Therefore, grinding efficiency of PC and its modifying components (quartz sand - as control composition, limestone, etc.) should be assessed precisely by

disperse composition - the particle size distribution (PSD), which was done on the laser analyzer "Analisette 22 Nanotech" in the laboratory "CSRIgeolnerud" (Kazan). Grinding of materials was performed in the vibratory- ball mill "Consit".

There are presented the PSD curves of the initial unground Portland cement and ground "dry" and with C-3 to Ssp about 700 m²/kg in figures 6-8.

Conclusion

There was found out dependence of Portland cement grindability, depending on the type of grinding equipment.

PC grindability in the presence of C-3 increases in the series: ball, vibratory- ball, spring and activator, whereas the specific energy costs, grindability coefficient and grinding time increase in the series: spring, activator, vibration - ball, ball. At this coefficient of efficiency of SAM in grinding increases in the series: spring, activator, ball and vibratory- ball. In spring mill SAM is not the grinding intensificator, but on contrary, it slows it down, the reason is probably in a different grinding mechanism in the spring mill (cracking) when the surface energy less effects on strength than in the vibration one (shock - abrasive mechanism of grinding).

The opportunity to intensify the process of grinding the fillers -quartz sand, carbonate rock (limestone) and slags have been found out.

So, superplasticizer C-3 has practically no influence on the grinding of sand. Another pattern is observed when grinding it with limestone. Grinding the limestone with additive of C-3 increases the share of fine particles (up to 5 microns) 65% and reduces share of large and medium particles. Such a difference in PSD has a positive topological aspect when combining PC powders and fillers. Particles of the latter ones will fill the volume "gaps" between the PC particles, increasing the density of their total packaging.

References

1. Хозин В.Г., Хохряков О.В., Сарсенбаев Б.К., Сарсенбаев Н.Б., Карымсахов С.Д. Об эффективности использования промышленных отходов Республики Казахстан для производства маловодных цементов // «Строительные материалы». – 2013. – №5. – С 82-85.
2. Khudyakova T.M., Sarsenbayev B.K., Alvein Y.M., Dzhakipbekova N.O., Ali Khalid A.K. Studying the mineral additives effect on a composition and properties of a composite binding agent // Oriental journal of chemistry. – 2018. Vol. 4(34), –P. 1945-1955.
3. Сарсенбаев Н.Б., Сарсенбаев Б.К., Худякова Т.М., Айменов Ж.Т. Технология получения щелочных цементов и бетонов на их основе // Вестник Национальной Академии Наук Республики Казахстан. Серия Естественные науки. – 2019. – №3. – С. 44-47.
4. Айменов Ж.Т., Сарсенбаев Б.К. Процессы структурообразования композиционных цементов на основе отходов обогащения полиметаллических руд // Сборник материалов II Международного онлайн-конгресса: «Природные технологии построения композитов для защиты окружающей человека среды». – Белгород: – 2019, – С. 153-159.
5. Aimenov A.Zh., Aimenov Zh.T. Khudyakova T.M., Sarsenbaev B.K. Formation of structural concretes on the basis of composition cements, depending on the intensity of dehydration at processing // Proceedings of ICITE-2018, Shymkent: – 2018. – Vol. 2. – P. 128-130.
6. Aimenov A.Zh., Aimenov Zh.T. Khudyakova T.M., Sarsenbaev B.K. Composite cements production and their economic and technological advantages // Proceedings of ICITE-2018. Shymkent: – 2018, – Vol.1. – P. 52-57.
7. Sarsenbayev B.K., Aimenov Zh.T. Phase Composition and Structure-Formation of the Low-Clinkered Floured Cements // Eurasian Chemico-Technological Journal. – 2014. – Vol. 16(4), - P. 333-338.

8. Aimenov A.Zh., Sarsenbayev N.B., Sarsenbayev B.K., Khudyakova T.M., Batyrkhanov A.T., Kopzhasarov B.T. Research of processes of structure formation of composite cements on the basis of polymetallic are tailings // Eurasian Chemico-Technological Journal, – 2016. – Vol. 2, – P. 153-160.
9. Tatyana M. Khudyakova, Bakytzhan K. Sarsenbayev, Askar Zh. Aymenov. Composite cements production and their economic and technological advantages // Proceedings of ICITE-2018. Shymkent: – 2018, – Vol. 1. – P. 52-57.
10. Aimenov Zh.T., Sarsenbayev B.K. Kurtayev A.S. Geopolymeric cements based on South-Kazakhstan clay loam produced by non-clinker and non-fired scheme // 15th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ARS 2015: New Innovation and Sustainability. Extended Abstracts, Japanese Geotechnical Society. – Fukuoka: 2015, – P. 167.
11. Айменов Ж.Т., Сарсенбаев Н.Б., Айменов А.Ж. Производство низкоклинкерных тонкомолотых цементов на основе отходов горно-металлургических предприятий // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Инновации в области естествознания как основа экспортно-ориентированной индустриализации Казахстана», Алматы: – 2019, – С. 216-222.
12. Lesovik V.S., Aimenov Zh.T. Realization of the Similarity Law in the Building Material Science // Oriental Journal of Chemistry. – 2019. – Vol. 3(35), – P. 1067-1072.
13. Волженский А.В. Бетоны и изделия из шлама и пыли. – М.: Стройиздат. – 1969. – 390 с.
14. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Вишневская Я.Ю. Оптимизация условий отверждения композиционных вяжущих с учетом генезиса кремнийсодержащего компонента. (Монография). Белгород: Издательство БелГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016. – 90 с.
15. Алфимова Н.И., Калатози В.В., Карацупа С.В., Вишневская Я.Ю., Шейченко М.С. Механоактивация как способ повышения эффективности использования сырья различного генезиса в строительном материаловедении // Вестник БелГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016, – Т. 6. – С. 58-59.
16. Гуз В.А., Высоцкий Е.М., Жарко В.И. Шлаки и их использование в строительстве // Цемент и его использование. – 2019. – №4. – С. 40-45.
17. Lesovik V.S., Glagoev E.S., Sarsenbayev B.K., Zagorodnyuk L.Kh. Theoretical fundamentals of modern composites // Proceedings of ICITE-2016, Shymkent: – 2016, – P. 209-214.
18. Sarsenbayev B.K., Khudyakova T.M., Sarsenbayev N.B., Batyrkhanov A.T., Kopzhasarov B.T. Effect of additive of polymetallic ores' tailings on properties of composite cements // Eurasian Chemico-Technological Journal. – 2016. – Vol. 2(18). – P. 153-160.
19. Aimenov A.Zh., Fomina E.V., Lesovik V.S., Kozhukova N.I., Alaskhanov A.H. Behavior of solutions when metasomatic transformations in construction composites // Journal "Industrial technology and engineering". – 2018. – Vol. 4 (29). – P.30-39.
20. Sarsenbayev B.K., Lesovik V.S., Aubakirova T.S., Sarsenbayev N.B., Batyrkhanov A.T. Dehydrated clay additives entering influence on alkali-activated slag cement properties // Proceedings of ICITE 2015. – Shymkent: 2015, vol. 1, – P. 478-482.

Н.Б. Сәрсенбаев, Б.К. Сәрсенбаев, Ж.Т. Айменов, А.Ж. Айменов, Н.Б. Айнабеков

М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

Ең тиімді толтырғыштарды қолдана отырып, ұсақ клинкерлі цементтерді алудың құрамы мен технологиясын оңтайландыру

Аңдатпа. Ұнтақтаудың физикалық химиясын ескере отырып, минералды құрылыс материалдарының ұнтақталуын келтірген жөн: «ұсақ ұнтақталған материалдардың физикалық-химиялық қасиеттерінің өзгеруі тек бөлшектердің кішіреюіне байланысты емес, механикалық

ұнтақтауда кристалды құрылымның айтарлықтай өзгеруі олардың беткі қабаттарында (қалыңдығы 15-20 микрон) орын алады. Көптеген жағдайларда ұсақ ұнтақтардың технологиялық қасиеттері дисперстілікке байланысты емес, дәлірек айтқанда, құрылымның жарылуымен байланысты, бұл үшін энергия шығындары «айтарлықтай таза бөлшектелген беттердің экспозициясынан гөрі үлкен». Ұсақ ұнтақтар қатысатын гетерогенді химиялық процестердің жылдамдығы, ең алдымен, олардың белгілі бір беткі қабатының шамасымен емес, көбінесе, кристалдық құрылымның жарылуы мен аморфизациясы нәтижесінде активтену энергиясының төмендеуімен анықталады.

Дегенмен, нақты беткі қабат пен оған қол жеткізудің энергиялық қажеттілігі - бұл белгілі бір қондырғыдағы кез-келген материалды ұнтақтау тиімділігінің нақты бағасы.

Суға төмен сұранысқа ие цементтерді өндіру процесінің негізгі факторы ұсақталумен сипатталатын ұнтақтау болып табылады.

Түйін сөздер: ұсақ ұнтақталған цемент, ұнтақталу, активация, фосфорлы және домна пештерінің шлактары, энергияны үнемдеу.

**Н.Б. Сарсенбаев, Б.К. Сарсенбаев, Ж.Т. Айменов,
А.Ж. Айменов, Н.Б. Айнабеков**

Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

Оптимизация состава и технологии производства мелкоклинкерных цементов с использованием наиболее эффективных наполнителей

Аннотация. Рассматривая физическую химию измельчения, стоит отметить измельчение минеральных строительных материалов: «изменение физико-химических свойств тонкоизмельченных материалов может происходить не только за счет уменьшения размеров частиц, при механическом измельчении значительные изменения кристаллической структуры их поверхностных слоев (толщиной 15-20 мкм) во многих случаях технологические свойства тонкодисперсных порошков обусловлены не столько диспергируемостью, сколько разрушением структуры», при этом затраты энергии на это «значительно больше, чем для обнажения поверхностей с чистым сколом».

Скорость гетерогенных химических процессов с участием тонкодисперсных порошков определяется в первую очередь не величиной их удельной поверхности, как принято считать, а уменьшением энергии активации в результате разрыва кристаллической структуры и аморфизации.

Однако удельная площадь поверхности и потребность в энергии для ее достижения являются реальной оценкой эффективности измельчения любого материала на конкретном агрегате.

Основным фактором производственного процесса маловодных цементов является измельчение, характеризующееся измельчаемостью.

Ключевые слова: цементы мелкоклинкерные, измельчаемость, активация, фосфорные и доменные шлаки, энергоресурсосбережение.

References

1. Khozin V.G., Khokhryakov O.V., Sarsenbayev B.K., Sarsenbayev N.B, Karymsahov S.D. Ob effektivnosti primeneniya promyshlennykh otkhodov Respubliki Kazakhstan dlya proizvodstva tsementa s nizkoi potrebnostyu vody [About efficiency of application of industrial wastes of the Republic of Kazakhstan for production of cements of low water demand], Jurnal "Stroitel'nye materialy" [Journal "Building Materials"] 5, 82-85(2013).

2. Khudyakova T.M., Sarsenbayev B.K., Alvein Y.M., Dzhakipbekova N.O., Ali Khalid A.K. Studying the mineral additives effect on a composition and properties of a composite binding agent. *Oriental journal of chemistry*. 4(34), 1945-1955(2018).
3. Sarsenbayev N.B., Sarsenbayev B.K., Khudyakova T.M., Aimenov Zh.T. Tekhnologiya polucheniya alkalinykh tsementov i betonov na ikh osnove [Technology for obtaining alkaline cements and concretes based on them]. *Vestnik Natsionalnoi Akademii Nauk Respubliki Kazakhstan Seriya Estestvennye Nauki* [Bulletin of Kazakh National Academy of Natural Sciences], 3, 44-47(2019).
4. Aimenov Zh.T., Sarsenbayev B.K. Protsess formirovaniya struktury kompozitnykh tsementov polimetalicheskikh rud [The processes of structure formation of composite cements on the basis of wastes of concentration of polymetallic ores] *Sbornik Trudov II Mezhdunarodnogo Online Kongressa "Nature-like technologies of building composites to protect the human environment"* [Collection of Proceedings of II International Online Congress: "Nature-like technologies of building composites to protect the human environment"], Belgorod: 2019, P. 153-159.
5. Aimenov A.Zh., Aimenov Zh.T., Khudyakova T.M., Sarsenbaev B.K. Formation of structural concretes on the basis of composition cements, depending on the intensity of dehydration at processing. *Proceedings of ICITE-2018, Shymkent: 2018. vol. 2. P. 128-130.*
6. Aimenov A.Zh., Aimenov Zh.T., Khudyakova T.M., Sarsenbaev B.K. Composite cements production and their economic and technological advantages, *Proceedings of ICITE-2018. Shymkent: 2018, vol.1. P. 52-57.*
7. Sarsenbayev B.K., Aimenov Zh.T. Phase Composition and Structure-Formation of the Low-Clinkered Floured Cements. *Eurasian Chemico-Technological Journal*, 16(4), 333-338(2014).
8. Aimenov A.Zh., Sarsenbayev N.B., Sarsenbayev B.K., Khudyakova T.M., Batyrkhanov A.T., Kopzhasarov B.T. Research of processes of structure formation of composite cements on the basis of polymetallic are tailings, *Eurasian Chemico-Technological Journal*, 2, 153-160(2016).
9. Tatyana M. Khudyakova, Bakytzhan K. Sarsenbayev, Askar Zh. Aymenov. Composite cements production and their economic and technological advantages, *Proceedings of ICITE-2018. Shymkent: 2018, vol. 1. P. 52-57.*
10. Aimenov Zh.T., Sarsenbayev B.K., Kurtayev A.S. Geopolymeric cements based on South-Kazakhstan clay loam produced by non-clinker and non-fired scheme, 15th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ARS 2015: New Innovation and Sustainability. *Extended Abstracts, Japanese Geotechnical Society, Fukuoka: 2015, P. 167.*
11. Aimenov Zh.T., Sarsenbayev N.B., Aimenov A.Zh. Proizvodstvo nizkoklinkernykh tonkomolotykh tsementov na osnove otkhodov gorno-metallurgicheskikh predpriyatii [Production of low-clinker finely ground cements on the basis of wastes from mining and metallurgical enterprises], *Collection of Proceedings of International Scientific and Practical Conference "Innovations in the field of natural sciences as the basis for export-oriented industrialization of Kazakhstan"* [Sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Innovatsii v oblasti yestestvoznaniya kak osnova eksportno-oriyentirovannoy industrializatsii Kazakhstana"] Almaty: 2019, P.216-222.
12. Lesovik V.S., Aimenov Zh.T. Realization of the Similarity Law in the Building Material Science, *Oriental Journal of Chemistry*, 3(35), 1067-1072(2019).
13. Volzhenskiy A.V. *Betony i izdeliya iz shlama i pyli* [Concretes and products from slag and ash materials], (Stroiizdat, Moscow: 1969. - 390p.) [in Russian].
14. Alfimova N.I., Lesovik V.S., Glagolev Ye.S., Vishnevskaya Ya.Yu. Optimizatsiya usloviy otverzheniya kompozitsionnykh vyazhushchikh s uchetom genezisa kremniysoderzhashchego komponenta [Optimization of hardening conditions for composite binders, taking into account the genesis of the silicon-containing component], *Monografiya* [Monograph], Izdatel'stva BelGTU im. V.G. Shukhova [Publishing house of V.G. Shukhov BelSTU], (Belgorod, Russia, 2016 - 90 p.) [in Russian].

15. Alfimova N.I., Kalatozi V.V., Karatsupa S.V., Vishnevskaya Ya.Yu., Sheichenko M.S. Mekhanoaktivatsiya kak sposob povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya syr'ya razlichnogo genezisa v stroitel'nom materialovedenii [Mechanoactivation as a way to increase the efficiency of using raw materials of various genesis in building materials science], Vestnik BelGTU im. V.G. Shukhova [Bulletin of V.G. Shukhov BelSTU], 6, 58-59(2016).

16. Guz V.A., Vysotsky Ye.V., Zharko V.I. Shlaki i ikh ispol'zovaniye v stroitel'stve [Slag and their use in the construction industry], Jurnal: Tsement i yego ispol'zovaniye [Journal: Cement and its use], 4, 40-45(2019).

17. Lesovik V.S., Glagoev E.S., Sarsenbayev B.K., Zagorodnyuk L.Kh. Theoretical fundamentals of modern composites, Proceedings of ICITE-2016, Shymkent: 2016, P.209-214.

18. Sarsenbayev B.K., Khudyakova T.M., Sarsenbayev N.B., Batyrkhanov A.T, Kopzhasarov B.T. Effect of additive of polymetallic ores' tailings on properties of composite cements, Eurasian Chemico-Technological Journal, 2(18), 153-160(2016).

19. Aimenov A.Zh., Fomina E.V., Lesovik V.S., Kozhukova N.I., Alaskhanov A.H. Behavior of solutions when metasomatic transformations in construction composites, Journal "Industrial technology and engineering", 4 (29), 30-39(2018).

20. Sarsenbayev B.K., Lesovik V.S., Aubakirova T.S., Sarsenbayev N.B., Batyrkhanov A.T. Dehydrated clay additives entering influence on alkali-activated slag cement properties, Proceedings of ICITE 2015, Shymkent: 2015, vol.1, 478-482.

Information about authors:

Сарсенбаев Н.Б. – PhD докторы, Жаратылыстану – техникалық ғылымдары ғылыми-зерттеу институтының аға ғылыми қызметкері, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Тауке хан даңғылы., 5, Шымкент, Қазақстан.

Сарсенбаев Б.К. - техника ғылымдарының докторы, доцент, Жаратылыстану – техникалық ғылымдары ғылыми-зерттеу институтының зертхана меңгерушісі, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Тауке хан даңғылы., 5, Шымкент, Қазақстан.

Айменов Ж.Т. – техника ғылымдарының докторы, профессор, Жаратылыстану – техникалық ғылымдары ғылыми-зерттеу институтының директоры, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Тауке хан даңғылы., 5, Шымкент, Қазақстан.

Айменов А.Ж.– PhD докторы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің Жаратылыстану – техникалық ғылымдары ғылыми-зерттеу институтының ғылыми қызметкері, Тауке хан даңғылы., 5, Шымкент, Қазақстан.

Айнабеков Н.Б. – М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің Ғылыми талдамалық ақпарат орталығының басшысы, Тауке хан даңғылы., 5, Шымкент, Қазақстан.

Sarsenbayev N.B. – Ph.D., Senior Researcher of the Scientific Research Institute of Natural and Technical Sciences of M. Auevov South Kazakhstan University, 5 Tauke khan ave., Shymkent, Kazakhstan.

Sarsenbayev B.K. - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Laboratory of the Scientific Research Institute of Natural and Technical Sciences of M. Auevov South Kazakhstan University, 5 Tauke khan ave., Shymkent, Kazakhstan.

Aimenov Zh.T. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the Scientific Research Institute of Natural and Technical Sciences, M. Auevov South Kazakhstan University, 5 Tauke khan ave., Shymkent, Kazakhstan.

Aimenov A.Zh. – Ph.D., Researcher of the Scientific Research Institute of Natural and Technical Sciences, M. Auevov South Kazakhstan University, 5Tauke khan ave., Shymkent, Kazakhstan,.

Ainabekov N.B. - Head of the Center for Scientific and Analytical Information, M. Auevov South Kazakhstan University, 5 Tauke khan ave., Shymkent, Kazakhstan.

Technical regulation in the construction

Abstract. The system of technical regulation is considered as foundation for the creation of a high construction culture, increasing the competitiveness of the industry in Kazakhstan. Key actions to reform regulatory framework which was established by the government focused on achieving a sustainable balance of economic and social interests of construction participants and consumers. The process of adopting international standards to Kazakhstan soil and construction conditions is gradual. The first step was to adapt foreign technical documentation to the national technological environment. In this way, there were developed appropriate methodologies for assessing conformity to educate builders and designers to develop appropriate training programs, handbooks, and manuals, translation to the Kazakh language, checking the general format of the maintenance of the Eurocodes by comparative calculations, etc. It is important that this process does not contradict the Eurocode relating to any aspects of the requirements in Kazakhstan that are not covered by the Eurocode. The article presents discussions of stages for harmonization and adaptation of Eurocode to Kazakhstan norms.

Keywords: standard, technical regulation, construction, concept, harmonization.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2021-136-3-56-66

Introduction

Construction codes pursue several socially significant aims - ensuring the safety of life and health of people and other living organisms and the creation of decent conditions for their existence.

The purpose of building codes and regulations is to reduce the risks associated with the exploitation of buildings and structures to a level acceptable by society [1-3]. Any technical standards, regardless of what is the subject of their consideration - fire safety, electrical networks, sanitary equipment, ventilation, or energy resources - should reflect the current level of risks that society considers acceptable. At the same time, the purpose of the rules remains unchanged at an acceptable level of risk and aims to protect health, ensure safety and create decent living conditions for people. The difference between different levels of risk lies in the degree of health, degree of safety, and degree of comfort. In economically developed societies, this degree is much higher than in less developed ones. Accordingly, in developed countries, the level of risk expected by society is much lower than the level of risk considered acceptable by less developed societies.

Construction norms and rules impose minimum requirements on construction objects by setting minimum allowable restrictions. A participant of the construction activity should not ignore them. In case of non-observance of the established restrictions, there is a risk that the building or structure will cease to provide an acceptable level of safety for people in it [4].

Concerning building codes, the level of safety is interpreted as the degree of risk that society considers acceptable in terms of damage to human health and safety. In the meantime, extreme degree of risk lies between minor damage (for example, bodily injuries) and fatal, catastrophic damage for instance loss of human life. This level of risk is contextual and depends on many factors, including political, social, and cultural buttress and traditions of society, the level of its economic development, the level of building technologies used, the professional level of human resources, and the expectations of consumers of building products. Accordingly, the bottom bracket of minimum requirements in building codes is determined by a degree of risk to human life and safety that a society considers acceptable.

The concept of reforming the regulatory framework

The experience of Kazakhstan is also an important example, as the advantage of the countries largely depends on the reform of the system of technical regulation, which was carried out comprehensively, based on a well-thought-out national strategy.

The concept of reforming the regulatory framework of the construction sector represents the vision, opportunities, and stages of reform, including the industrial policy of the industry in the Republic of Kazakhstan [5].

The concept reflects the main opportunities and expected scenarios for reforming the regulatory framework of the construction sector, taking into account regional and global integration processes.

The system of technical regulation is considered as the foundation for the creation in Kazakhstan of a high construction culture, increasing the competitiveness of the industry.

Key actions to reform the regulatory framework should be focused on achieving a sustainable balance of economic and social interests of construction participants and consumers. Successful implementation of such a vision requires great efforts from the state in terms of abandoning the historically established monopoly on technical regulation of the construction market and a gradual transition to a system of technical self-regulation [5].

The degree of economic and creative freedom granted to the subjects of regulation must be simultaneously supported by an adequate social self-awareness of the regulated subjects and the observance of the norms of professional ethics.

This concept is based on the orientation towards the deep integration of the construction industry of Kazakhstan into the regional and global socio-economic system by harmonizing the principles of technical regulation with a variety of forms of implementation of these principles considering national peculiarities.

Special attention was paid to the close cooperation of public authorities and specialists of the private sector, the direct participation of all interested government bodies and enterprises, and organizations of the private sector who represent the professional interests and interests of consumers of products of construction activities.

The path to the future success of the system of technical regulation of construction will be laid through the tools for the implementation of the Concept.

The purpose of the Concept is to create a progressive system of technical regulation that will satisfy society's expectations of product construction activities regarding their safety as well as in creating favorable conditions for economic development and prosperity of populated places. The regulatory reform periods according to the concept are shown in Figure 1[5].

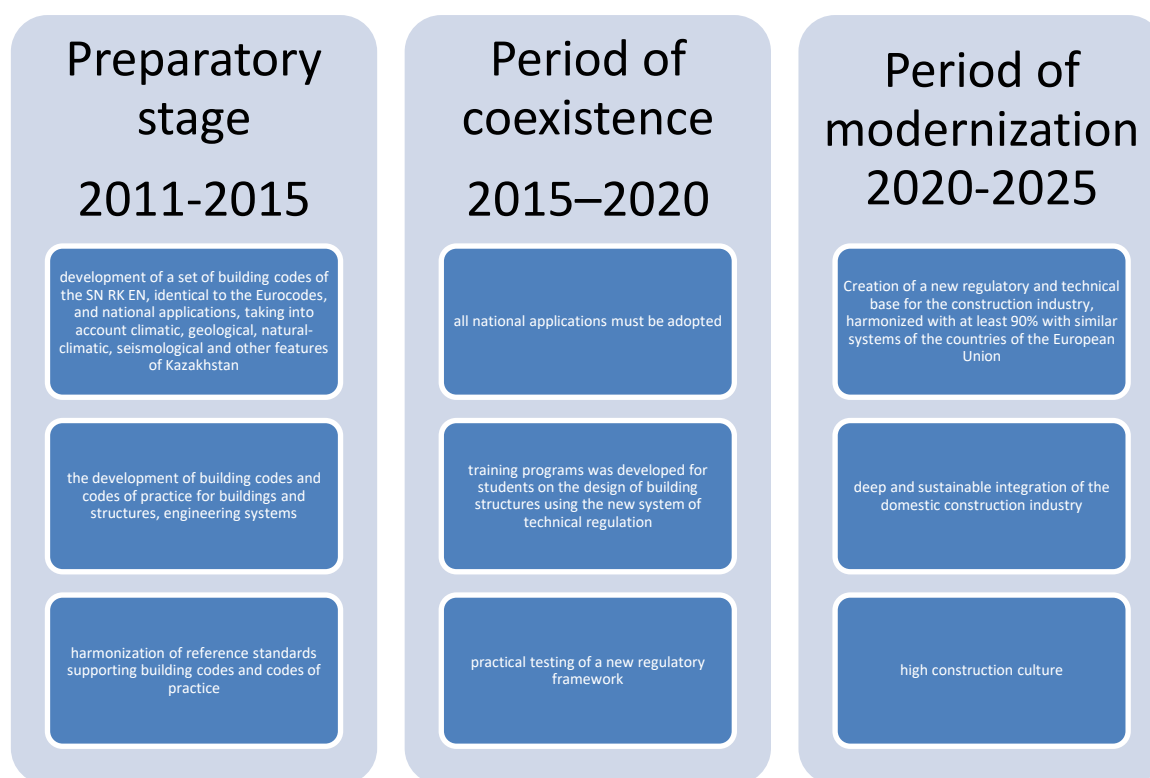


Figure 1. Regulatory reform periods

The practicability of the European construction norms adaptation

The adaptation of the Eurocodes into the construction and designing practice implies the creation of such conditions which will not allow existing of different standards related to identical products. Accordingly, the process of scientific, technical, and economic integration will not be possible without reducing various national standards to the united, agreed conditions. The logic of such requirement implies the creation of appropriate incorporate scientific and technical committees with the participation of all concerned countries' representatives. The results of such work are the Eurocodes integrating the best scientific and technical achievements available in various national standards.

At the moment when such integrated norms appear, a question naturally emerges about the inadmissibility of simultaneous acts of the two standards - integrated and national.

The adoption of the Eurocodes by a country gives it the advantage of an intensive exchange not only by goods but by technologies as well. But it is considerably not easy to take such a path. There is a bunch of conditions: application of closely related technologies, organizational methods, control, and, most important, the protected consumer rights. The same technical safety implies the same legal safety, which is of crucial importance and predetermines the important tasks for a country willing to possess an economy, integrated with developed countries [6].

The effectiveness of the European approach to the field of technical regulation is acknowledged by several existing agreements on mutual recognition of the results in compliance assessment with such countries as Japan, the USA, Canada, Australia, and others [7].

The key target of the Eurocodes adoption in Kazakhstan is the integration of the construction sector into the European system of technical regulation and the elimination of barriers to the activities of foreign investors in the country.

The analogs of native standards associated with the Eurocodes are given in Table 1.

Table 1

Comparison of the Eurocodes and native norms for designing engineering structures

Eurocode number	Eurocode title	GOST, SNIIP, SP
EN 1990	Basis of structural design	GOST 27751- 87
EN 1991	Actions on structures	SNIIP 2.01.07-85*
EN 1992	Design of concrete structures	SNIIP 52-01-2003,
EN 1993	Design of steel structures	SNIIP II-23-81*
EN 1994	Design of composite steel and concrete structures	SP 52-101-2003
EN 1995	Design of timber structures	SNIIP II-25-80
EN 1996	Design of masonry structures	SNIIP II-22-81*
EN 1997	Geotechnical design	SNIIP 2.02.01-83*, SNIIP 2.02.03-85
EN 1998	Design of structures for earthquake resistance	SNIIP II-7-81*
EN 1999	Design of aluminum structures	SNIIP 2.03.06-85

Transition to parametric model in all system components of technical regulation within the construction industry (normative base, supervision, and control, compliance assessment system), taking into account the advanced foreign experience and national features play an important role.

The process of adopting international standards to Kazakhstan soil and construction conditions is gradual. The first step was to adapt the foreign technical documentation to the national technological environment. In this way, the appropriate methodologies were developed for assessing conformity to educate builders and designers to develop appropriate training programs, handbooks, and manuals, translation to the Kazakh language, checking the general format of the maintenance of the Eurocodes by comparative calculations, etc. The process needed not to be contradicted the Eurocode relating to any aspects of the requirements in Kazakhstan that are not covered by the Eurocode. Stages for harmonization and adaptation of Eurocode to Kazakhstan norms are shown in Figure 2.

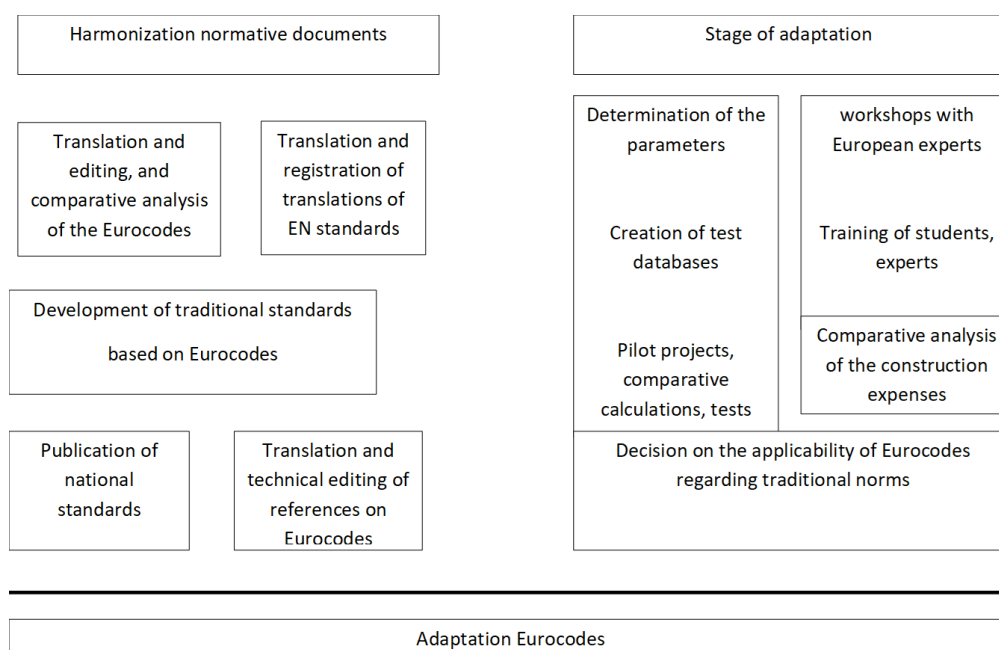


Figure 2. Program of harmonization national standards with Eurocode

Geotechnical specificity of standards

Eurocode 7 is a comprehensive code that is concerned with the entire geotechnical design process. This design process is illustrated by the flow diagram in Figure 3. Eurocode 7 distinguishes between simple geotechnical designs, such as those for light buildings on firm ground and involving negligible risk for people or property and for which the fundamental requirements are satisfied based on comparable experience and qualitative geotechnical investigations, and complex designs, such as large, sensitive structures on soft ground or deep excavations close to old buildings. For the latter case, additional calculations and more extensive ground investigations are required [8].

The factors to be taken into account when assessing the complexity of a geotechnical design are as follows: ground conditions; groundwater conditions; regional seismicity; influence of the environment; nature and size of the structure; conditions with regard to the surroundings.

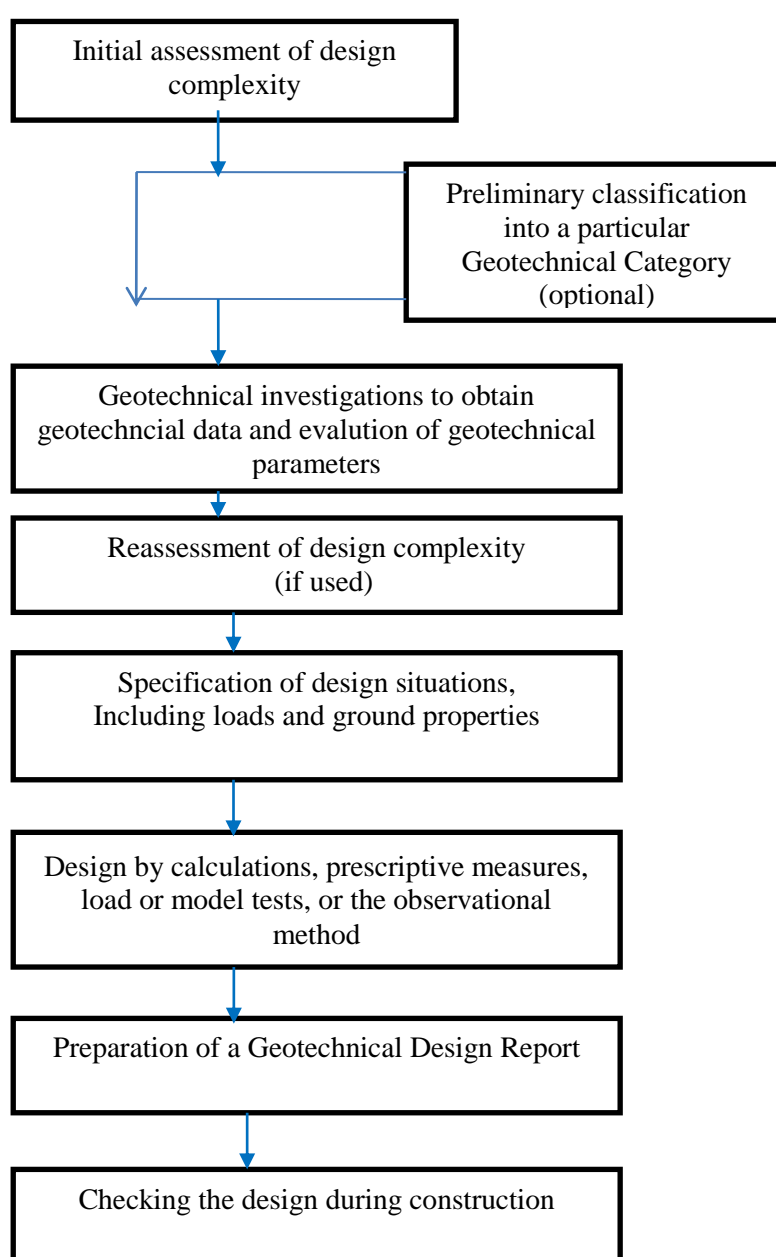


Figure 3. European and international standards for geotechnical design and construction and ground investigation and testing [8]

Testing methods for pile foundations in different stages of investigations include the follows Weight sounding test (WST); Cone penetration test (CPT); Dynamic probing tests (DP); Standard penetration test (SPT); Field vane test (FVT); Pressuremeter test (PMT); Static axially loaded compression; Pile integrity tests and determination of a pile length. The principal difference between Eurocode and the Kazakhstan Code is the absence of requirements for the geotechnical design in the latter. In Eurocode, the strategy of geotechnical design includes the interaction of two disciplines, namely geological and geotechnical engineering.

Presently, it is, however, difficult to design without qualitative geotechnical investigations. Geotechnical research includes the results of engineering and geological investigations that are used during the investigation of the soil and foundation. Recommendations from Eurocode are aimed at both researchers and designers. The special requirement was absent in the Kazakhstan code and engineering and geological investigations represent different parts of the design process; frequently there is no interaction between researchers and designers. Another difference between Eurocode and the Kazakhstan code is the design of soil basements, which is recommended to be carried out in three steps.

Results and discussion

During the first and second steps of the foundation design, it is allowed to use preliminary strengthen and deformation properties of the soil as taken from a table of SNiP RK. During the third step, it is required to perform both laboratory and field tests so to obtain approval of the design project. According to Eurocode, for all of the aforementioned steps, the strengthen and deformative properties of soil must be determined only from laboratory or field tests. Moreover, Eurocode uses the term “derive value”, which means the value of a geotechnical parameter of soil obtained by results of laboratory or field testing of soil using either a correlation relationship or an inverse calculation. For example, the deformation modulus is obtained independently from laboratory tests, field tests by dilatometer, by correlation relationship with physical parameter, or by results of well-known settlement calculation.

About geotechnical parameter values: the values should be obtained from test results; other data shall be interpreted appropriately for the limit state considered; account shall be taken of the possible differences between the soil properties and geotechnical parameters obtained from test results (derived values) and those governing the behavior of the geotechnical structure; geotechnical parameter values governing the behavior of a geotechnical structure may differ from derived values due to several factors listed in Eurocode 7. The process to obtain characteristic parameter values is summarized in Figure 4.

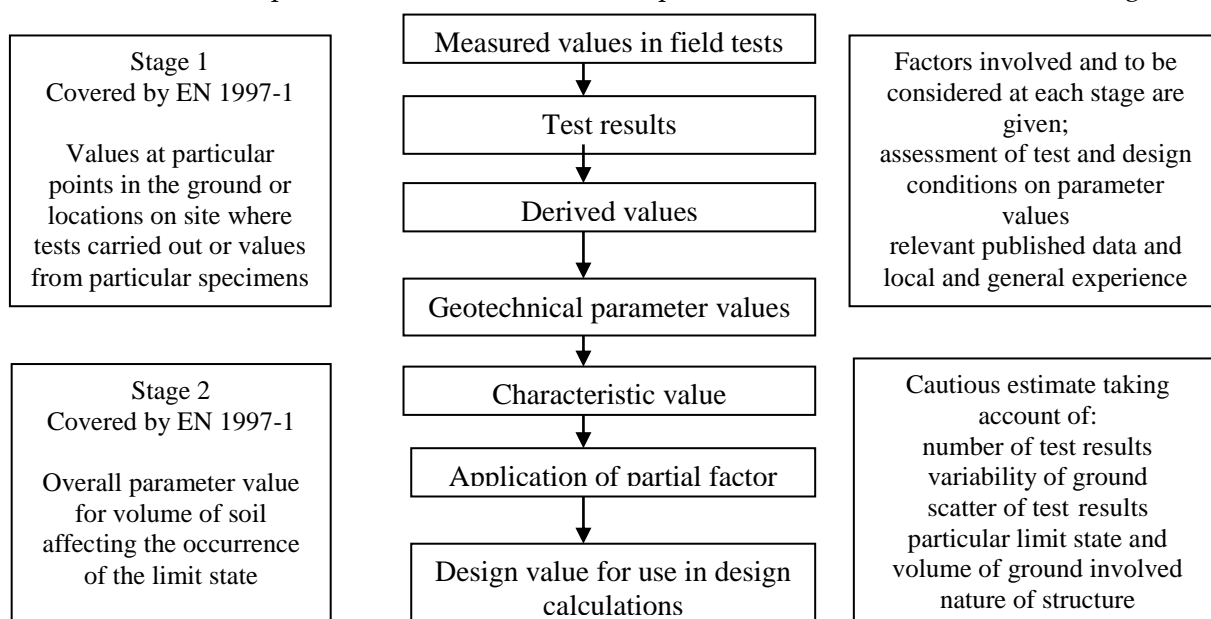


Figure 4. The process to obtain characteristic parameter values

Also, the comparison showed that Eurocode 7 does not pay so much attention to pile testing for permafrost soils, and the value of the depth of freezing soil in Kazakhstan is higher [9-10]. Finally, comparisons have shown that the traditional Kazakhstan code does not include normative documents for pile integrity testing.

By Eurocode 7, when choosing the type of pile and method of installation, the pile's integrity must be verified through suitable testing. Pile integrity testing (Figure 5) provides a check of the homogeneity of piles and provides a method for detecting hidden defects in the piles (e.g., cracks and necking in driven piles).



Figure 5. Performing pile integrity test

In pile integrity tests, the highest quality signals are achieved by observing the following:

- Blow zones of concrete foundation construction should be trimmed back to sound material, free of loose surfaces and debris.
- The surface should be free of water.
- Any structures or elements attached to the concrete foundation construction, long projecting reinforcement, or cages, may return signals generated by these elements which may make the signal impossible to interpret. Often, interference from these elements may be electronically filtered out: access to the side of the pile should permit delivery of several hammer blows and provide sufficient room for movement of the transducers on the side; “green” concrete should not be tested. The concrete foundation construction normally requires a curing time of 28 days to being ready for testing; several blows should be delivered to each test place to ensure repeatability and hence consistency of results [11].

The test procedure associated with a pile integrity test consists of the following steps:

- Clearing of the concrete pile from the soil, snow, ice to sound surface. Preparation of three zones (if possible) of flat, dry concrete on the pile; the size of such zones should be approximately 100×100 mm to attach the sensor (accelerometer) and to blow by a special hammer on the concrete surface.
- The following parameters are introduced in memory of the device: Site, symbol of concrete foundation, length, stress wave velocity in concrete.
- The sensor, registering reflected signals is fixed on a prepared zone on the pile through special paste for best registration of the signals. Three light blows are produced by a special hammer on the foundation site of the prepared place. The graph (reflectogram) of blow amplitude to the length of concrete foundation dependence is represented on the display of the device. If the operator determines

graphs to be acceptable for interpretation, these results are written into the memory of the device for additional processing. If the blows were either very strong or very weak, the device does not register any signal and it is required to repeat the blow. The blows are produced until the operator can interpret the reiterative graphs (reflectograms).

All integrity test data are processed by special software after testing, and output is represented by a graph "signal amplitude" – "crack location". According to the graphs the operators classify the depth of crack penetration. A technical report will be given to the client after all tests with detailed analysis.

The pile side is struck with a hand-held hammer that sends sound waves directly through the concrete foundation. Pile side movements affected by a series of hammer blows and subsequent rebounds are then received by a very sensitive acceleration meter positioned on the side of the foundation. The acceleration signal is converted into velocity and is represented on the screen as a function of time. All results are easily saved into the computer, to be used in the processing thereof.

The interpretation of reflectograms consists of the following actions:

- If the graph has clear fluctuations with a further reflection of the signal, it means the pile has experienced necking, cracking, incursions, geological influence, etc.
- If such fluctuations are not significant, it means that the pile is without defects.
- If the curve has sharp clear upward peaks followed by downward peaks, then the pile is likely acceptable. If, however, the graph has downwards and then upward peaks, then the pile likely has necking, the influence of geological conditions (e.g., soils filled by water), change of density of soil or concrete, etc.
- If the graph has sharp fluctuations, it means that the pile has serious cracking/necking in the place of the beginning of fluctuation.

Figure 6 shows some defective piles. One of the main advantages of pile integrity testing is that the ITS system enables the following to be realized for any pile, with a minimum inconvenience to a construction process at a given site: very quickly receive required information on piles; uncover different pile's defects, determine a pile's length up to 60m. Thereby the method supposes to fulfill the integrity tests of piles on the fly.

At a given site, it is required to test a minimum of 50% of driven piles and 60% of bored piles using the pile integrity test. This guarantees the reliability of a buildings' foundation without any damage.



Figure 6. Examples of defective piles

These features were taken into account in the first and second phases of regulatory reform.

Conclusion

The analysis showed that Eurocode 7 – Geotechnical Engineering seems to be more reliable for adaptation for Kazakhstan construction conditions. Many countries have successfully accepted Eurocode 7. Eurocode 7 has already shown itself to be a very elaborate design code, with recommendations and requirements for the most geotechnical process. It also allows for the use of common international geotechnical terms and provides understanding among designers, testing specialists, and geotechnical engineers all over the world. Eurocode 7 includes recommendations and requirements for modern advanced technologies and embraces many aspects of modern geotechnical design. By comparison to Eurocode 7, the Kazakhstan code has a lot of features. Eurocode 7 is also presented by unified documentation for geotechnical engineering. Investigation showed that the introduction of the Eurocodes was allowed to ensure the use of high technologies and innovations, as well as to eliminate technical obstacles under the implementation of investment projects in Kazakhstan. The reform's basis was three components: normative base, supervision and control system, conformity assessment system.

During the modernization period, which according to the 2021-2025 yy. concept [5], attention should be paid to the digitization of regulatory documents of the construction industry, as the use of BIM technology allows the automated verification of information and electronic models of each construction project against the valid technical safety requirements of design and technological solutions, which will minimize the risk of various types of unforeseen events and also allow the automation of expert review. And work has begun on introducing automated verification of design and estimate documentation, similar to the experience of Singapore (E-Plan Check).

Funding: Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant «The Best University Teacher-2020»).

References

1. Хасенов С.С., Наурузбаев К.А. Перспективы внедрения новых Строительных Норм и Правил (Еврокоды) в Республике Казахстан // Вестник КазГАСА. - 2011. - № 3-4 - С. 102-105.
2. Татыгулов А.Ш., Акбердин Т.Ж., Оконеичников В.И., Махамбетов М.С. // Доклад Проектная академия "KAZGOR".- 2010.- С.10.
3. Закон Республики Казахстан «О техническом регулировании», № 396-VI ЗРК (с изменениями и дополнениями по состоянию на 30.12.2020 г.).-2020.-С.60.
4. Серых А. // Техническое регулирование в строительстве. Аналитический обзор мирового опыта (SNIP). - 2010. - С.889.
5. Концепция по реформированию нормативной базы строительной сферы РК. - 2013. - № 1509.
6. Zhusupbekov A.Zh., Lukpanov R., Tulebekova A.S. Geotechnical issues of adaption of Eurocode to Kazakhstan Norms // Proceedings of International Symposium on Backwards Problem in Geotechnical engineering and monitoring of geo-Construction. - Japan, 2011.- P. 133-137.
7. Beim J., Gravare C.J., Klingmuller L. De-Quing and Rausche F. Standardization and Codification of Dynamic and Static Pile Testing, a Worldwide Review // Deep Foundations Institute. - USA,1998.- P.25.
8. Frank R. Design of pile foundations following Eurocode 7 // Journal Development of Urban Areas and Geotechnical Engineering. – 2007.- Vol. 11, P. 119-130.
9. Шахмов Ж.А., Тулебекова А.С., Базилов Р.К. Влияние сезоннопромерзающих грунтов на основание фундаментов // Республиканская научно-практическая конференция посвященная 15-летию ЕНУ им. Л.Н. Гумилева «Строительство, архитектура и транспорт: состояние и перспективы развития».-Астана, 2011.- С.12-17.

10. Шахмов Ж.А., Тулебекова А.С. Промерзание грунтов по глубине в сезоннопромерзающих грунтах// Материалы VII международной научной конференции молодых ученых «Наука и образование -2011». -Астана, 2011. - С.184-187.

11. Report of KGS #10345, LTD, Nazarbayev Intellectual School – 2011.- P.21.- URL:<https://kgs-astana.wixsite.com/society> (letter 11.01.2021).

А.С. Тулебекова, А. Жанкина

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Құрылыстағы техникалық реттеу

Андатпа. Техникалық реттеу жүйесі Қазақстанда жоғары құрылыс мәдениетін құру, саланың бәсекеге қабілеттілігін арттыру үшін негіз ретінде қарастырылады. Үкімет құрған нормативтік-құқықтық базаны реформалау жөніндегі негізгі іс-қимылдар құрылысқа қатысушылар мен тұтынушылардың экономикалық және әлеуметтік мүдделерінің тұрақты теңгеріміне қол жеткізуге бағытталған болатын. Қазақстандық топырақ және құрылыс жағдайларына халықаралық стандарттарды қабылдау процесі біртіндеп жүріп жатыр. Бірінші қадам шетелдік техникалық құжаттаманы ұлттық технологиялық ортаға бейімдеу болды. Осылайша, құрылысшылар мен жобалаушыларды тиісті оқу бағдарламаларын, анықтамалықтар мен нұсқаулықтарды әзірлеуге, қазақ тіліне аударуға, салыстырмалы есептеулер арқылы Еурокодтарды жүргізудің жалпы форматын тексеруге оқыту үшін сәйкестікті бағалаудың тиісті әдістемелері әзірленді және т.б. бұл процесің Қазақстанда Еурокодпен қамтылмаған талаптардың қандай да бір аспектілеріне қатысты еурокодқа қайшы келмеуі маңызды. Бұл мақалада Еурокодты қазақстандық нормаларға үйлестіру және бейімдеу кезеңдерін талқылау ұсынылған.

Түйін сөздер: стандарт, техникалық реттеу, құрылыс, тұжырымдама, үйлестіру.

А.С. Тулебекова, А. Жанкина

Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Техническое регулирование в строительстве

Аннотация. Система технического регулирования рассматривается как основа для создания высокой строительной культуры в Казахстане, повышения конкурентоспособности отрасли. Основные действия по реформированию нормативно-правовой базы были направлены на достижение устойчивого баланса экономических и социальных интересов участников строительства и потребителей. Постепенно идет процесс принятия международных стандартов с учетом особенностей страны. Первым шагом стала адаптация зарубежной технической документации к национальной технологической среде. Таким образом, разработаны соответствующие методики оценки соответствия для обучения строителей и проектировщиков, разработаны соответствующие учебные программы, справочники и инструкции, производится проверка общего формата ведения Еврокодов путем сравнительных расчетов и т.д. В данной статье представлено обсуждение этапов гармонизации и адаптации Еврокодов к казахстанским нормам.

Ключевые слова: стандарт, техническое регулирование, строительство, концепция, гармонизация.

Список литературы

1. Khasenov S.S., Nauruzbaev K.A. Perspektivy vnedreniya novykh Stroitel'nyh Norm i Pravil (Evrokody) v Respublike Kazahstan [Prospects for implementation of the new Construction Norms and Rules (Eurocodes) in the Republic of Kazakhstan] // Bulletin of KazGASA. - 2011. - № 3-4 - P. 102-105.
2. Tatygulov A.Sh., Akberdin T.Zh., Okonechnikov V.I., Mahambetov M.S. // Doklad Proektnaya akademiya "KAZGOR" [Report KAZGOR Project Academy].- 2010.- P.10.
3. Law RK «О tekhnicheskom regulirovanii» [Technical regulation].- 2020.-P.60.
4. Seryh A. // Tekhnicheskoe regulirovanie v stroitel'stve. Analiticheskij obzor mirovogo opyta [Technical regulation in construction. Review of world experience]. – 2010, P. 889.
5. Koncepciya po reformirovaniyu normativnoj bazy stroitel'noj sfery RK [Concept for regulatory reform in the construction sector]. - 2013. - № 1509.
6. Zhusupbekov A.Zh., Lukpanov R., Tulebekova A.S. Geotechnical issues of adaption of Eurocode to Kazakhstan Norms // Proceedings of International Symposium on Backwards Problem in Geotechnical engineering and monitoring of geo-Construction. - Japan, 2011.- P. 133-137.
7. Beim J., Gravare C.J., Klingmuller L. De-Quing and Rausche F. Standardization and Codification of Dynamic and Static Pile Testing, a Worldwide Review // Deep Foundations Institute. - USA,1998.- P.25.
8. Frank R. Design of pile foundations following Eurocode 7 // Journal Development of Urban Areas and Geotechnical Engineering. – 2007.- Vol. 11, P. 119-130.
9. Shakhmov Zh.A., Tulebekova A.S., Bazilov R.K. Vliyanie sezonopromerzayushchih gruntov na osnovanie fundamentov [Influence of seasonally frozen soils on foundation foundations] // Republican scientific-practical conference dedicated to the 15th anniversary of the L.N. Gumilev ENU "Construction, architecture and transport: status and prospects of development". - Astana, 2011.- C.12-17.
10. Shakhmov Zh.A., Tulebekova A.S. Promerzanie gruntov po glubine v sezonopromerzayushchih gruntah [Frost penetration by depth in seasonally frozen soils] // Proceedings of the VII International Scientific Conference of Young Scientists "Science and Education 2011». - Astana, 2011. - P.184-187.
11. Report of KGS #10345, LTD, Nazarbayev Intellectual School – 2011.- P.21.- URL:<https://kgs-astana.wixsite.com/society> (letter 11.01.2021).

Information about authors:

Түлебекова Ә. – «Ғимараттар және құрылыстарды жобалау» кафедрасының доценті, Ph.D., Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-сұлтан қаласы, Қажымұқан көшесі, 13а, 6 корпус, krasavka5@mail.ru.

Жанкина А. – Құрылыс кафедрасының аспиранты, азаматтық құрылыс факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-сұлтан қаласы, Қажымұқан көшесі, 13а, 6 корпус, zhankina_aizhan@mail.ru.

Tulebekova A. – Ph.D., Associate Professor in Department of Civil Engineering, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazhymukan Street, 13a, block 6, krasavka5@mail.ru.

Zhankina A. – Ph.D. student in Construction, Department of Civil Engineering, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazhymukan Street, 13a, block 6, zhankina_aizhan@mail.ru.

Мобильді жол өтпесін соңғы айырым әдісі арқылы есептеу

Аңдатпа. Көптеген ірі қалаларда, мегополистерде күн санап халық санының артуына байланысты автокөліктер саны да артып келеді. Статистика бойынша бір үйге екі автокөліктен сәйкес келеді. Соған байланысты көшелерде үлкен кептелістер пайда болуда. Кептелістер қала экономикасына экологиялық, экономиялық зиян тигізуде. Автокөліктен шыққан зиянды газдар экологияға кері әсерін тигізіп, жаһандық жылынуға әкелуде. Әлемде кептелісті шешуге байланысты түрлі қозғалысты ұйымдастыру шаралары ұсынылады. Жаңа жол өтпелерін салу, интеллектуалды көлік жүйелерін дамыту, қозғалысты ұйымдастырудың заманауи тәсілдері. Қалаларды кептелісті алдын алу мақсатында жаңаша жобалап, жаңа тәсілдер бойынша құрылымын, жол жағдайларын ескеріп, қозғалыс жолақ санын арттырып жобалауда. Бірақта көптеген ірі қалаларда көше жол желісін өзгерту мүмкіндігі болмауына байланысты берілген мақалада кептелісті алдын алуға байланысты жаңа іс - шаралар ұсынылуда.

Берілген мәселені шешу үшін, танқты жол салғыштар негізінде мобильді жол өтпесі ұсынылған. Мобильді жол өтпесі жылдам жиналып, автокөліктердің екі деңгейде қозғалуының арқасында, кептелістің алдын алады. Мақалада мобильді жол өтпесінің құрылымы сипатталған. Графикалық сипаттамасы берілген. Графикалық сұлбасы көрсетілген. Мобильді жол өтпесінің негізін ортотропты тақта құрайды. Ортотропты тақта - төсем бетіне пісірілген, қиылысқан көлденең тіреулер мен бойлық арқалықтан тұратын тақта. Мақалада ортотропия коэффициенті есептелген. Ортотроптық тақтаның материалының қаттылық сипаттамасы берілген. i - түйіні үшін теңсіздіктер келтірілген. Бүгілу түйіндері анықталған. Берілген есептеулерден соң күш салулар есептелген. Иілу моменті, көлденең күш анықталған.

Берілген мақалада ортотропты тақтаны беріктікке, орнықтылыққа және тұрақтылыққа - соңғы айырым әдісі арқылы есептеу жасалған.

Түйін сөздер: кептеліс, мобильді жол өтпесі, экология, ортотропты тақта, мобильді жол өтпесі, дифференциялық коэффициент, ортотропия коэффициенті, Пуассон коэффициенті, қаттылық сипаттамасы, түйін.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2021-136-3-67-73

Кіріспе

Қазіргі таңда біздің елде және басқа да көптеген дамыған елдердің алдында өзекті көкейкесті мәселелердің бірі жолдағы кептелістер санының артуы басты мәселе болып тұр. Берілген мәселелер қаладағы көлік санының артуынан, көше – жол желісінің бұрыңғы құрылымдық архитектурасында салынып, көшелердегі жүргін бөлікті ұлғайту мүмкіндігінің болмауынан туындап отыр.

Қазақстанда статистика бойынша бір отбасыға екі автокөліктен сәйкес келеді. Кептеліс уақытында әрбір автокөлік жүргізушісі бір бағытта жұмысқа баратынын ескеретін болсақ, кептелістің туындауының басты себебін болжауға мүмкіндік бар. Сонымен қоса, қиылыстарда техногендік апаттар немесе жол бойындағы жол жұмыстары, жол – көлік оқиғалары да кептелісті тудытарын басты себептер болып табылады.

Көптеген мемлекеттер осы кептелісті алдын алу мақсатында әр түрлі қозғалысты ұйымдастыру шараларын ұсынуда. Ондай шараларға түрлі деңгейдегі көпірлер, ақылды қозғалысты ұйымдастыру шаралары, басқа да мысалдарды келтіруге болады.

Мобильдендірілген жол өтпелері модульдерден тұрады. Олар өз алдына жиналатын –

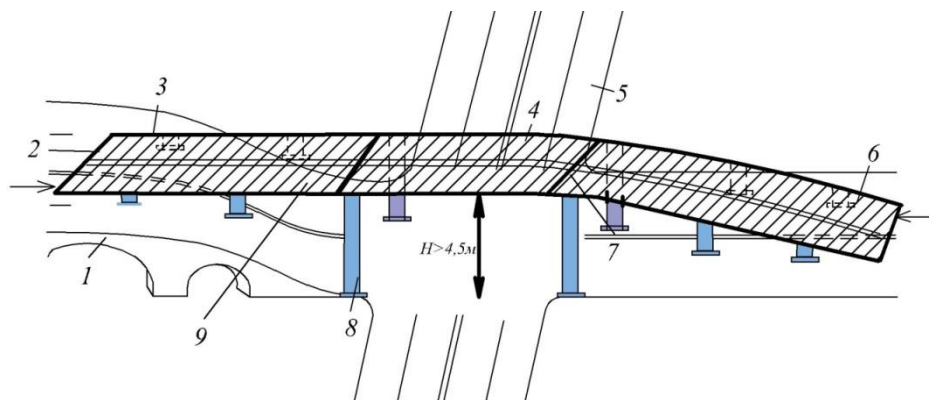
құрастырылатын жылжымалы көпір өтпелерін қамтиды. Берілген құрылымдар көлік кептелісі болған аумақта немесе асфальт төсемінің астында жүргізіліп жатқан коммуналды желілерді жөндеу жұмыстары кезінде қозғалыс жолақтарының биік бетінде орнатылады. Мобильді жол өтпесі төтенше жағдайларда, жөндеу жұмыстары жүріп жатқан аудандарда перпендикуляр бағытта қозғалуға мүмкіндік береді, сол арқылы, автокөлік кептелістерін жойып, жөндеу жұмыстары жүріп жатқан бөліктен айналып өту қажеттілігінен арылтады, сол арқылы қаланың логистикасын жақсартады (сурет 1).



Сурет 1. Мобильді жол өтпесі

Аталған құрылымды өтпелерді қолдана отырып, қаладағы кептеліс уақытындағы көлік логистикасы, қаланың экологиялық жағдайын жақсартады және отын жанармайын үнемдеуге мүмкіндік береді. Осының барлығы қаланың экономикалық жағдайына оңтайлы әсер ететіні бәрімізге мәлім.

Берілген құрылым мобильді болып есептеледі. Қиылысқа автокөлік тіркеуіші немесе жүк автокөлігі арқылы өзінің шассиы көмегімен жеткізіледі. Қиылысқа жеткізілген соң тез арада жинап, бұзу мобильді жол өтпесіндегі орнатылған оңтайландырылған шарнирлі – тоспалы автоматтандырылған байланыс арқылы жүзеге асырылады. Осындай байланысты қолдану құрылымның салмағын жеңілдетіп, кептеліс пайда болған аумақта немесе жөндеу жұмысы болып жатқан аумақта кептелісті алдын алуға көмектеседі (сурет 2).

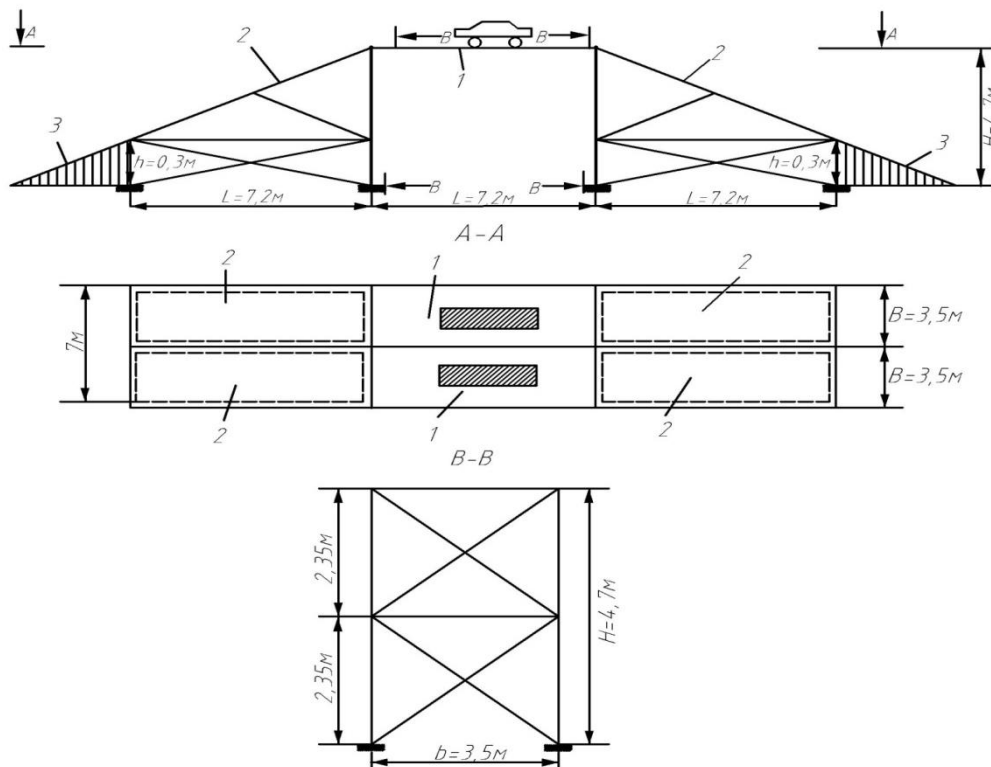


Сурет 2. Мобильді жол өтпесінің графикалық өлшемі

1 – басты жол өтпе; 2 – қосылу сызығы; 3 – бастапқы модуль; 4 – орталық модуль, 5 – жол өтпеге перпендикуляр жол, 6 – соңғы модуль, 7 – қосылу элементтері, 8 – тіреулер, 9 – тақта

Зерттеу әдістері

Мобильді жол құрылымының аса жиі ұсынылатын конструкцияларының бірі – қос жолақты мобильді жол өтпесі. Ол өз кезегінде алты жеке металл модульдер құрастырылады, әрбір модуль өз кезегінде жүргін бөлікті (құрылымды – ортотроптық тақта) және салмақ түсетін көлденең және бойлық бөренелерден тұратын төрт тіреу түріндегі кеңістік қаңқсынан тұрады (сурет 3) [1-3].



Сурет 3. Қос жолақты мобильді жол өтпесінің сұлбасы
1 – қос ортогональ модуль, 2 – төрт еңіс модуль, 3 –аппарель

Барлық модульдер бір – бірімен топсалы – шарнирлі біріккен иілмелі байланыс (шынжыр) арқылы біріккен.

Мобильді жол өтпесін статистикалық анықталмаған жүйелерге есептеу уақытында ішкі күштер мен жылжу жүйелерін бір ғана теңсіздіктер арқылы есептеу мүмкін емес. Сол үшін ұсынылып отырған жүйе ретінде раманы есептеу қажет. Берілген раманы күрделі кернеу жағдайында деп қабылдаймыз.

Мобильді жол өтпесі ортотропты тақтадан құралған. Ортотропты тақтаны есептеу барысында жабын бетті, тақтаның бойлық және көлденең қырларын және құрылымның негізгі аралық арқалығының біріккен жұмысын ескеру қажет.

Аралық құрылыстың басты жұмыс сипаттамасын сандық модельдеу барысындағы кеңістік есептеулерінің соңғы айырым әдісі және соңғы элементтер әдісі жеткілікті түрде ашық көрсетеді.

Талқылау

Ортотропты тақта үшін негізгі дифференциалдық теңдік төмендегідей болады [4, 5]

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \alpha \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \beta \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{P(x, y)}{Dx}, \quad (1)$$

мұндағы:

$w = w(x, y)$ - тақтаның иілу функциясы;

$p = p(x, y)$ - тақта бетіндегі жүктелім;

t - тақтаның қалыңдығы;

E_x, E_y - x, y осьтері бойындағы тақтаның серпімділік модулі;

μ_x, μ_y - Пуассон коэффициенті;

Ортогометрия коэффициенті:

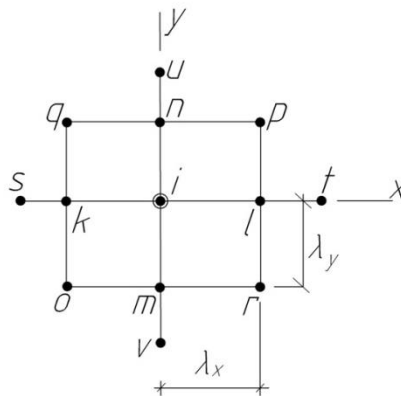
$$\alpha = \frac{2D_1 + 2D_{xy}}{D_x}; \quad \beta = \frac{D_y}{D_x};$$

Ортогометрия тақта материалының қаттылық сипаттамасы:

$$D_x = \frac{E_x t^3}{12(1 - \mu_x \mu_y)}; \quad D_y = \frac{E_y t^3}{12(1 - \mu_x \mu_y)}; \quad D_1 = \frac{\mu_x E_x t^3}{12(1 - \mu_x \mu_y)} = \mu_x D_x = \mu_y D_y,$$

$$H = D_1 + 2D_{xy}; \quad D_{xy} = \frac{Gt^3}{12}; \quad (2)$$

Ортогометрия тақтаның тікбұрышты тордың i - түйіні үшін (сурет 5) үшінші теңсіздік үшін аралық жазылады [6-7]



Сурет 5. Тікбұрышты тор үлгісі

Тікбұрышты тордың i - түйіні үшін (2) теңсіздігі келесі түрде жазылады ($n = \frac{\lambda_y^2}{\lambda_x^2}$ шарттарын ескере отырып, λ_x - "x" осы бойынша тор қадамы, λ_y - "y" осы бойынша тор қадамы) [5]:

$$w_i (6n^2 + 4\alpha n + 6\beta) + (w_k + w_l)(-4n^2 - 2\alpha n) + (w_n + w_m)(-2\alpha n - 4\beta) +$$

$$(w_0 + w_p + w_r + w_q)(\alpha n) + (w_s + w_t)(n^2) + (w_u + w_v)(\beta) = \frac{P_i \lambda_y^4}{D_x}, \quad (3)$$

немесе

$$a_1 w_i + a_2 (w_k + w_l) + a_3 (w_u + w_m) + a_4 (w_0 + w_p + w_r + w_q) + a_5 (w_s + w_t) + a_6 (w_u + w_v) = \frac{P_i \lambda y^4}{D_x}. \quad (3^*)$$

Бүгілу түйіндерін анықтаған соң w_m ($m = 1, 2, \dots, n_s$), [n_s - ішкі жиектік (есептік) түйін саны], тілімдегі ішкі күш салулар төмендегі формулалар арқылы анықталады:

а) Иілу моменттері:

$$\left. \begin{aligned} M_x &= -\left(D_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + D_\mu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \\ M_y &= -\left(D_\mu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \\ M_{xy} &= 2D_{xy} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right) \end{aligned} \right\} \begin{cases} D_\mu = D_1 = \frac{\alpha_{xy} t^3}{12}; \\ D_x = \frac{\alpha_x t^3}{12}; \quad D_y = \frac{\alpha_y t^3}{12}; \\ D_{xy} = \frac{G t^3}{12}; \\ \alpha_x = \frac{E_x}{1 - \mu_x \mu_y}; \quad \alpha_y = \frac{E_y}{1 - \mu_x \mu_y}; \\ \alpha_{xy} = D_x \mu_y = D_y \mu_x; \end{cases} \quad (4)$$

$$H = D_1 + 2D_{xy}.$$

б) Көлденең күштер:

$$\left. \begin{aligned} Q_x &= \frac{\partial}{\partial x} \left[D_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + H \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right] \\ Q_y &= \frac{\partial}{\partial y} \left[D_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + H \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right] \end{aligned} \right\}. \quad (5)$$

Нәтижелері

Тікбұрышты тордың (сурет 5) i - түйіні үшін соңғы айырымдар бойынша (4,5) өрнектері үшін келесідей:

$$\begin{aligned} \lambda y^2 M_{xi} &= -D_x \left[n(w_k + w_l) + \frac{D_1}{D_x} (w_m + w_n) - \frac{2(nD_x + D_1)w_i}{D_x} \right]; \\ \lambda y^2 M_{yi} &= -D_x \left[\frac{D_1}{D_x} (w_k + w_l) + \frac{D_y}{D_x} (w_m + w_n) - \frac{2(D_y + nD_1)w_i}{D_x} \right]; \\ 2\lambda y^2 M_{xyi} &= D_x \left(\frac{D_{xy}}{D_x} \right) n [(w_q + w_r) - (w_o + w_p)]; \\ 2\lambda y^3 Q_x &= D_x \left\{ n[w_t - 2(w_l - w_k) - w_s] + \frac{H}{D_x} [2(w_k - w_l) + (w_p + w_r) - (w_q + w_o)] \right\}; \\ 2\lambda y^3 Q_y &= D_x \left\{ \frac{D_y}{D_x} [(w_v - w_u) + 2(w_m - w_n)] + \frac{H}{D_x} [2(w_m - w_n) + (w_p + w_q) - (w_r + w_o)] \right\} \end{aligned} \quad (6)$$

Қорытынды

Төртбұрышты тор түйіндері үшін шекара шарттары ортотропты тақта шарттарымен сәйкес келеді.

Берілген шарттардың сәйкес келуі, құрылымның беріктігін, орнықтылығы мен тұрақтылығын қамтамасыз етедігіне айқын дәлел.

Әдебиеттер тізімі

1. Балабекова К.Г., Кадыров А.С. Мобильді жол өтпесі құрылымының жұмысын зерттеу және негіздеу. – Қарағанды: ҚарМТУ. – 2019. – 150 б.
2. Кадыров А.С., Балабекова К.Г. Мобильді көпір өтпесінің жетілген модулінің сәйкестірілген элементтерін есептеу және конструкторлық шешу // ПМУ хабаршысы. Энергетикалық серия. – 2016. – №3. – Б. 41-52
3. Ганюков А.А., Балабекова К.Г. Расчет пространственной рамы модульного путепровода // Университет еңбектері. – 2016. – №4. – Б. 63-68.
4. Kadyrov, A., Ganyukov, A., Imanov, M., Balabekova, K. Calculation of constructive elements of mobile overpass. Current Science, – 2019, – vol. 116(9), p. 1544-1550
5. Ganyukov, A., Kadyrov, A., Balabekova, K., Kurmasheva, B. Tests and calculations of structural elements of temporary bridges. Roads and Bridges - Drogi i Mosty, – 2018, – vol. 17(3), – p. 215-226.
6. Kadyrov, A., Ganyukov, A., Balabekova, K. Development of constructions of mobile road overpasses. MATEC Web of Conferences, 2017, 108, 16002.
7. Kadyrov, A., Balabekova, K., Ganyukov, A., Akhmediyev, S. The constructive solution and calculation of elements of the unified module of the mobile bridge overcrossing. Transport Problems, – 2017, – vol. 12(3), p. 59-69.

А.С. Кадыров, А.А. Ганюков, К.Г. Балабекова

Қарағандық техникалық университет, Қарағанда, Қазақстан

Расчет мобильного путепровода методом конечных разностей

Аннотация. Во многих крупных городах, мегаполисах с каждым днем из-за увеличения численности населения увеличивается количество автомобилей. По статистике, на один дом приходится по два автомобиля. В связи с этим на улицах появляются большие пробки. Пробки наносят экологический, экономический ущерб экономике города. Вредные газы, выделяющиеся из автомобиля, негативно влияют на экологию и приводят к глобальному потеплению.

Для решения данной задачи предложен мобильный путепровод на базе танковых путепроводов. Мобильный путепровод быстро собирается и предотвращает заторы, благодаря движению автомобилей на двух уровнях. Основу мобильного путепровода составляет ортотропная плита. Ортотропная плита - плита, состоящая из поперечных упоров и продольных балок, приваренных к поверхности настила.

В данной статье посредством метода конечной разности сделан расчет ортотропной плиты на прочность, устойчивость и стабильность.

Ключевые слова: затор, мобильный путепровод, экология, ортотропная плита, мобильный путепровод.

A.S. Kadyrov, A.A. Ganyukov, K.G. Balabekova
Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan

Calculation of a mobile overpass using the finite difference method

Abstract. In many large cities and megacities, the number of cars increases every day due to the increase in the population. According to statistics, there are two cars per house. In this regard, there are large traffic jams on the streets. Traffic jams cause environmental and economic damage to the city's economy. Harmful gases released from the car have a negative impact on the environment and lead to global warming.

To solve this problem, there is proposed a mobile overpass based on tank overpasses. The mobile overpass is quickly assembled and prevents congestion, thanks to the movement of cars on two levels. The mobile overpass is based on an orthotropic slab. Orthotropic is a plate consisting of transverse stops and longitudinal beams welded to the surface of the flooring.

In this article, there is calculated an orthotropic plate for strength, stability, and stability using the finite difference method.

Keywords: congestion, mobile overpass, ecology, orthotropic plate, mobile overpass.

References

1. Balabekova K.G., Kadyrov A.S. *Mobildi zhol otpesi kurylymynyn zhumysyn zertteu zhane negizdeu* [Research and substantiation of the work of the structure of the mobile crossing]. Karagandy: Karmtu, 2019. P.150 [in Kazakh].
2. Kadyrov A.S., Balabekova K.G. *Mobildi kopir otpesinin jzhtilgen modulinin sakestirilgen elementterin esepeteu zhane konstruktorlyk sheshu*. PMU habarshysy. Energetikalyq seriya. 3, 41-52 (2016) [in Kazakh].
3. Ganiukov A.A., Balabekova K.G. *Raschet prostranstvennoi ramy modulnogo puteprovoda*. Universitet enbekteri. 4, 63-68 (2016) [in Russian].
4. Kadyrov, A., Ganyukov, A., Imanov, M., Balabekova, K. Calculation of constructive elements of mobile overpass. *Current Science*. 116(9), 1544-1550 (2019) [in English].
5. Ganyukov, A., Kadyrov, A., Balabekova, K., Kurmasheva, B. Tests and calculations of structural elements of temporary bridges. *Roads and Bridges*. 17(3), 215-226 (2018), [in English].
6. Kadyrov, A., Ganyukov, A., Balabekova, K. Development of constructions of mobile road overpasses. *MATEC Web of Conferences*, 2017, 108, 16002 [in English].
7. Kadyrov, A., Balabekova, K., Ganyukov, A., Akhmediyev, S. The constructive solution and calculation of elements of the unified module of the mobile bridge overcrossing. *Transport Problems*. 12(3), 59-69 (2017) [in English].

Авторлар жайлы мәлімет:

Кадиров А.С. – техника ғылымдарының докторы, көлік техникасы және логистикалық жүйелер кафедрасының профессоры, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан, adil.kadyrov@mail.ru.

Ганюков А.А. – PhD докторы, механика кафедрасының аға оқытушысы, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан, sgn2002@mail.ru.

Балабекова К.Г. – PhD докторы, көлік техникасы және логистикалық жүйелер кафедрасының доценті, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан, 06_03_92@mail.ru.

Kadyrov A.S. – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Transport Technology and Logistics Systems, Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan, adil.kadyrov@mail.ru.

Ganyukov A.A. – Ph.D., Senior Lecturer of the Department of Mechanics of Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan, sgn2002@mail.ru.

Balabekova K.G. – Ph.D. in Technical Science, Associate Professor, Department of Transport Engineering and Logistics Systems, Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, 06_03_92@mail.ru.

Экскаватордың қосымша жұмыс мүшесін математикалық үлгілеу

Аңдатпа. Мақалада қосымша жұмыс жабдықтарын орнату арқылы экскаватордың жұмыс мүшесін модернизациялау шаралары қарастырылған. Осы мақсатқа жету үшін осы саладағы әлемдік тәжірибенің жағдайы зерттелді. Монтаждау мен алудың ыңғайлылығын қамтамасыз ететін стандартты аспалы жабдықтың орнына экскаватор негізінде асфальтбетон жабынын жөндеуге арналған жұмыс жабдығының жаңа түрі ұсынылған. Қосымша кескіштен тұратын жұмыс мүшесі асфальтбетон жабынын кесуге арналған және негізімен біріктірілген топсалы жабдық түрінде жасалған. Қосымша фрезасы бар көп мақсатты гидравликалық экскаватордың математикалық моделі жасалды. Solidworks бағдарламасында кескішті сипаттайтын моделі ұсынылған және диск модельденген. Solidworks-та диск үлгісі Simulation көмегімен сыналды және егжей-тегжейлі зерттеулер жүргізілді. Жұмыс мүшесіне әсер ететін күштер қарастырылып, компьютерлік зерттеулер жүргізілді. Нәтижесінде, кескішпен жабдықталған жаңа жұмыс мүшесінің тиімділігін көрсететін жүктемелер алынды. Жұмыс мүшесі кескен топырақтың көлемін есептеу үшін математикалық модельдер жасалды, ал фрезерлеу процесі Сант-Венан моделімен сипатталған.

Оның негізінде ығысу деформациясы ұсынылған реологиялық модель алынды. Экскаватордың жұмыс мүшесінің математикалық моделі жасалды, оған сәйкес эквиваленттік күш анықталды. Математикалық модель деформацияның кеңістіктік сипатын және беріліс элементтерінің өзара әрекеттесуін ескереді. Мақалада мұндай дискілерді пайдалану әртүрлі кесу параметрлерінің кесу дискісінің кернеулі күйіне әсерін нақтылауға, кесу дискісінің ені бойынша кернеудің таралуын алуға мүмкіндік беретіні зерттелген. Solidworks компьютерлік бағдарламасында әзірленген және сыналған математикалық модельдер нәтижелерінің сәйкестігі бағдарламалық жасақтама жүйесінің жұмысын, оны қолданудың тиімділігін растауға мүмкіндік берді.

Түйін сөздер: Экскаватор, фреза, жол төсемі, асфальтбетон жабыны.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2021-136-3-74-83

Кіріспе

Жол желісін және көлік инфрақұрылымын дамыту экономикалық байланыстардың қарқындылығын айқындайды және ел экономикасын дамытудың маңызды шарттарының бірі болып табылады. Мемлекет экономикасының белсенді өсуі жол сапасының төмен болуына және жол желісінің инфрақұрылымдық объектілерінің өткізу қабілетінің төмен болуына негізделген инфрақұрылымдық шектеулермен шектелуі және тіпті тоқтатылуы мүмкін.

Асфальтбетонды фрезерлік жұмыс мүшелері жол төсемін қалпына келтіру үшін кеңінен қолданылады. Әдетте, асфальтбетон төсемдеріне температураның ауытқуы, көлік жүрісінің жүктемелері, негіз бен жер төсемінің төменгі қабаттарының өзгеруі, жолдардың қысқы күтіп ұсталуы, сондай-ақ көшелер мен магистральдардың асфальтбетон жол төсемдерінің қартаю процестері әсер етеді. Көшелер мен жолдардың асфальтбетон жабындарының деформациясы, жарықтарға, ығысуларға (толқындардың пайда болуына) және абразивті тозуына ықпал етеді [1,2].

Зерттеу әдістемесі

Қосымша жұмыс мүшесін енгізу арқылы жер қазатын, жол-құрылыс машиналарының, соның ішінде, бір шөмішті экскаваторлардың жұмыс мүшесін жетілдіру жөніндегі осы

міндеттерді шешуге бағытталған іздестіру және ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізудің тұрақты қажеттілігін ескере отырып, осы бағытта белгілі бір жұмыстар жүргізілді.

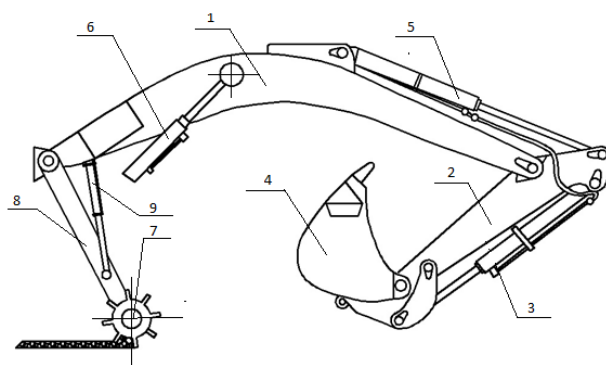
Әлемдік тәжірибеде жол жамылғысының кесілген қабаттарының материалын пайдалана отырып, жол жамылғысын қалпына келтірудің екі әдісі қолданылады. Бірінші әдіспен кесілген қабаттардың материалы стационарлық араластыру қондырғысында қайта қолданылады [3-5].

Екінші тәсіл бойынша кесілген жол жамылғысының материалдары мобильді жол машинасының көмегімен қайта өңделіп төселеді.

Іс жүзінде құрылыс жол машиналарының базалық шассіінің негізінде бір-біріне тәуелді емес, яғни әр түрлі жұмыстарды орындауға мүмкіндік беретін машиналар жиі қолданылады: бульдозерлер-экскаваторлар, тиегіштер-экскаваторлар, бульдозерлер-рипперлер және т.б. мұндай машиналар жұмыс жабдықтарын алмастырмай екі жұмыс түрін орындайды.

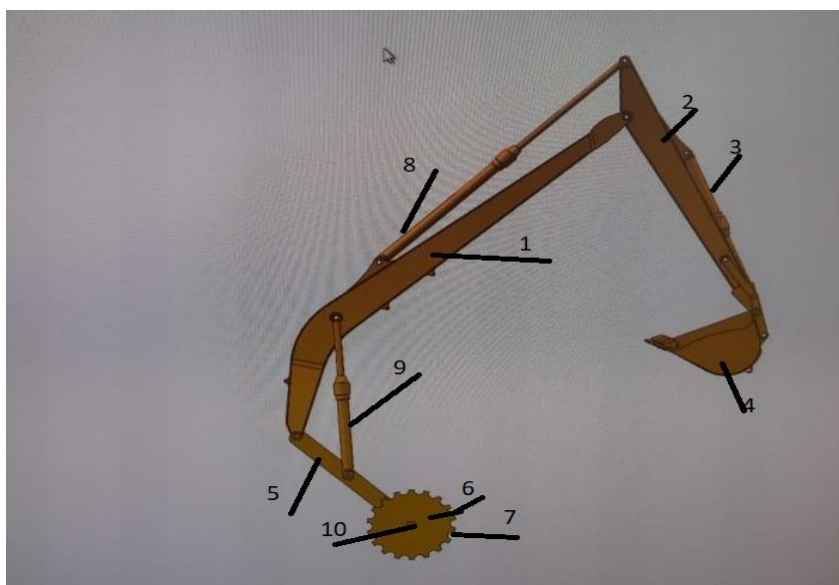
Талқылау

Жоғарыда көрсетілген машиналардың әмбебаптылық қасиетін ескере отырып, бір шөмішті экскаватордың құрылымына жаңғыртулар енгізу арқылы, 1-суретте көрсетілген жұмыс жабдығы ұсынылады. Бұл жабдықты қолдану арқылы ескі асфальтбетон тротуарларын ашу, тау жыныстарын бұзу, мұздатылған топырақты кесу, ескі ғимараттарды бөлшектеу және т. б. үшін пайдалануға болады.



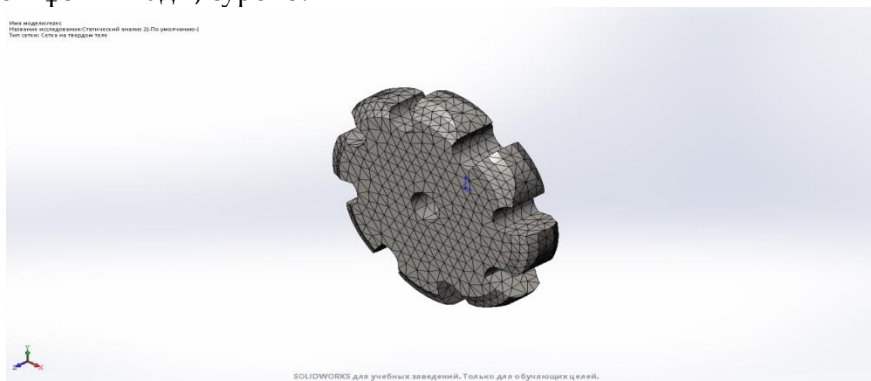
Сурет 1. Гидравликалық экскаватордың көп функциялы жұмыс жабдығы

Құрылымда асфальттағы немесе қатты топырақтағы жарықтарды механикалық кесуге қызмет ететін 1 жебе орнатылған. Жебені көтеру түсіру үшін гидроцилиндр 9 орнатылған. Тұтқаға 8 бекітілген жалпы қозғалтқышпен немесе жеке жетекпен басқарылатын айналмалы тістері бар 7 кескіш орналасқан. Экскаватордың негізгі жұмыс жабдығы шөміш болып табылады: Жебенің бойымен тұтқаны 2 басқару гидроцилиндрі 5 және шөмішті 4 басқару үшін гидроцилиндр 3 орнатылған. Кескіш жұмыс мүшесін іске қосу үшін гидравликалық қозғалтқыш қолданылады. Жұмыс мүшесі іске қосылған кезде, топырақтың немесе асфальт жамылғысының бойымен кесіктер жасалынады. Құрылымда қолданылатын гидравликалық қозғалтқыштың көмегімен жұмыс мүшесінің реверсивті қозғалысы қамтамасыз етіледі. Құрылымдық жағынан, мұндай жабдықтың жұмыс циклі экскаватордың жұмыс циклімен сипаттас, бірақ жұмыс қозғалыстарының сипатымен ерекшеленеді. Топырақ бетінде немесе асфальт жамылғысында саңылауды кесіп тастағаннан кейін, фрезерлі жұмыс мүшесі гидравликалық цилиндр 9 көмегімен, тұтқамен бірге көлік жағдайына айналады. Тұтқа шөміштің жұмысына кедергі келтірмес үшін жебенің ішкі қуысына көтеріледі (сурет. 2).



Сурет 2. Диск тәріздес қосымша жұмыс мүшесі бар гидравликалық экскаватордың жабдығы

Ұсынылатын жаңа жұмыс жабдығының сандық есептеуін орындау үшін кесу дискісінің қатты күйдегі моделі ұсынылады, сурет 3.



Сурет 3. Қатты күйдегі кескіш диск моделі

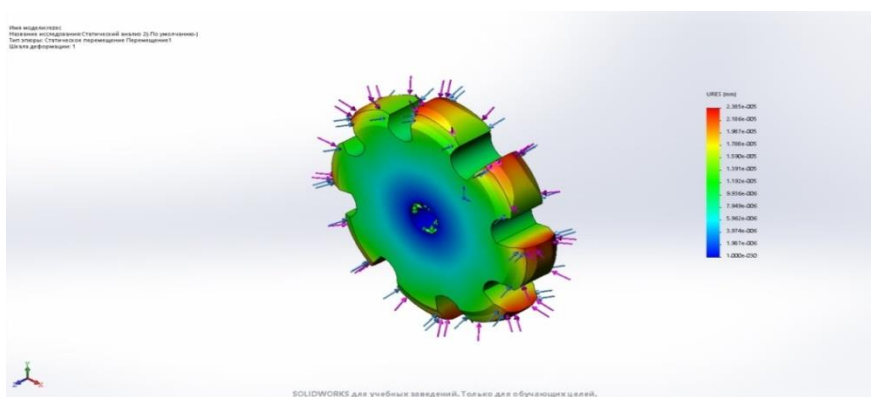
Соңғы элементтер әдісімен есептеуге арналған есептік жүктемелердің жиынтық көрсеткіштері 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1

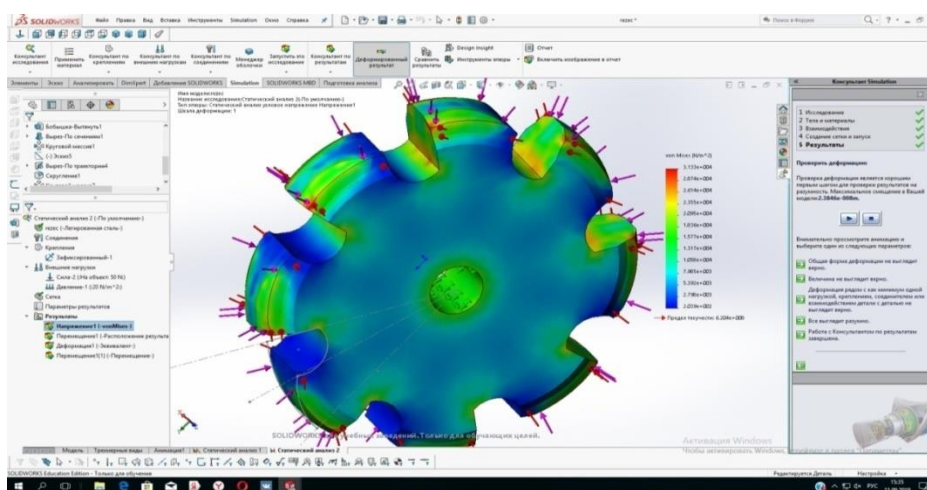
Есептелген жүктемелердің қысқаша сипаттамасы

№	Көрсеткіш атауы	Сандық мәні
1	Барлық түйіндер саны, бірлік	14342
2	Сыртқы жүктеме N, H	290
3	Максималды арақатынасы	41.751
4	Арақатынасы бар элементтер %	98.6
5	аспект қатынасы > 10% элементтер	0.0664
6	% бұрмаланған элементтер	0,487

Кесу күштерін қолдану және әртүрлі жүктеме күштері кезінде кесу дискісінің тістерін тарту карталарын анықтау сұлбалары 4 және 5 суреттерде келтірілген.



Сурет 4. Сыртқы жүктеме кезінде кескіш пышақтың тістерінің кернеуін статикалық талдау $P=290$ Н



Сурет 5. Түйіндік кернеуді статикалық талдау $P = 290$ Н сыртқы жүктеме кезіндегі кесу тістерінің дискісі

Сандық есептеулер мен модельдеу нәтижесінде алынған күштердің мәндері 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2

Нәтижелік күштер және реакция күштері

Таңдалған жиын	Бірлік	X сомасы	Y сомасы	Z сомасы	нәтижесі	
бүкіл модель	Н	63,4899	51,56788	70,1456	85,20338	
Таңдалған жиын	Бірлік	Өлшеу	X сомасы	Y сомасы	Z сомасы	нәтижесі
бүкіл модель	Н. м		63,45899	45,6321	78,4598	187,5509

Нәтижелер

Кескіштің кеңістіктегі орны келесі қозғалыстардың үйлесімімен анықталады: оны жебе қуысынан шығару, кесу жазықтығында тоқтату, жебенің бекітілген бөлігін өзінің бойлық осіне қатысты бұру, кескішті тік жазықтықта бұру, асфальт жамылғысына немесе топыраққа енгізу және кесу.

Кескіш түріндегі қосымша жұмыс жабдықтарының жұмысы кезінде кесілген топырақтың көлемін келесідей анықтауға болады:

$$V = \frac{SLk_p k_b}{Lv}, \quad (1)$$

мұндағы S -кесу станогымен кесілген топырақтың көлденең қимасы, m^2

L -кесу учаскесінің ұзындығы, m ;

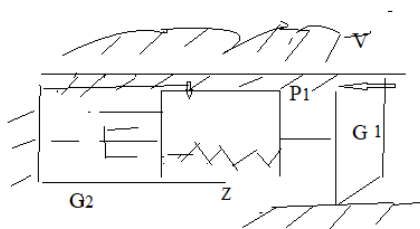
k_p -топырақтың жоғалу коэффициенті;

k_b -уақыт өте келе пайдалану коэффициенті;

v - кескіштің айналу жылдамдығы.

Қосымша жұмыс мүшесінің - кескішін талдау нәтижесінде, оның жұмысының салдарынан кесу дискісінің шаршау күшімен шектелгенін көрсетеді. Зерттеулер көрсеткендей, бұл салада шаршаулы тозу, пышақтың дискіге бекіту түйісінде немесе өтпелі бөліктің қуыстары бетімен түйісуінде пайда болуы мүмкін [6-8]. Осыған байланысты есептеу жүргізілді.

Асфальтобетон бетін массивтен кесілген кезде және жұмыс мүшесінің алдында сымдау призмасы түрінде жылжу кезінде, қабатты фрезерлеу процесі күрделі реологиялық модельмен ұсынылуы мүмкін екендігі белгілі. Бірінші модель-Сент-Венанның классикалық моделі, екіншісі G_2 , Z параметрлері бар және серпімді пластикалық модель болып табылады (сурет 3). Бұл модель кескішпен жұмыс істеу кезінде бөлшектер ортасының элементін массивтен кесу процесін модельдейді [9].



Сурет 6. Асфальтобетон жабынының серпімді пластикалық моделі

Мұндай жүйедегі кернеу келесі арақатынаспен анықталады:

$$\tau_{\Sigma} = \tau_z + \tau_{G1} + \tau_{G2} + \tau_{tc} \quad (2)$$

Жүйенің деформациясы келесі теңдеумен сипатталады:

$$Y_{\Sigma} = Y_z + Y_t \quad (3)$$

Асфальт бетінің бөлінуі кезінде ұсақтау да жүреді, оны серпімді талшықты модель түрінде ұсынуға болады, оның элементтері жүктеме кезінде материалдың лезде серпімді деформациясын еліктейді.

С және Г элементтері материалдың қатты пластикалық және тұтқыр қасиеттерінің көрінісін еліктейді. Сынғыш материалдар үшін модель демпферлік элементін жүйеден шығару арқылы қатты пластикке айналады.

Асфальтбетонды 3 суретте көрсетілген реологиялық модель негізінде ұсынуға болады. Тұтқырлығы μ бар қатты пластикалық элемент, тік бұрышты тіс түріндегі босату элементінің ортаға әрекеттесуі кезінде ығысу кернеуінің пайда болуына әкеледі:

$$\tau = \tau_{\varepsilon} + \tau_{\mu} \quad (4)$$

Біз тығыздау процесін келесі модель ретінде ұсынамыз:

$$\gamma = \gamma_{\varepsilon} - \gamma_{\mu} \quad (5)$$

Тығыздау процесі статикалық жүктеме кезінде ығысу деформациясы түрінде ұсынылуы мүмкін. Байланыстырылған орта үшін ығысуға төзімділік тепе-теңдігі бұзылған жағдайда, шекті тепе-теңдік теориясына негізделген кесу мүшесінің бетіндегі кернеу келесі теңдеумен сипатталады:

$$\sigma = \sigma_n \tau \rho + c_w, \quad (6)$$

қарастырылған нүктеде ығысу кернеуі қайда;

мұндағы σ_n - қалыпты кернеу;

τ - ішкі кернеу бұрышы;

c_w -адгезия коэффициенті.

Белгілі сыртқы жағдайларда контур арқылы кесу денесіне қажетті орта қысымын анықтауға болады.

Өз кезегінде, дамыған орта кесу денесіне қысым жасайды, жартылай жазықтықты алады және z осімен шектеледі, оның бойымен P қысымы бөлінеді. беттің горизонтқа көлбеу бұрышы аз болған кезде қалыпты кернеу мен ығысу кернеуі тең болады:

$$\begin{aligned} \sigma_n &= A_1 [\gamma x + c \omega \operatorname{ctg} \rho (1 - 1/A_1 + P)] \\ \tau_n &= A_2 [\gamma x + C \omega * \operatorname{ctg} \rho (1 - 1/A_1) + P]; \\ A_1 &= \frac{1 - \sin \rho \cos 2\alpha \rho}{1 - \sin \rho} \gamma \end{aligned} \quad (7)$$

Мұндағы x-ағымдағы тік координат;

P-сыртқы бетіне біркелкі бөлінген қысым;

α – жер бетіндегі ортамен жанасатын кескіштің кесу элементінің көлденеңге (кесу бұрышы);

Кескіш дененің қоршаған ортамен өзара әрекеттесуі кезінде пайда болатын қарсылықтардың қосындысы N және белгіленген заңдылықтар негізінде есептелуі мүмкін.

Регрессиялық тәуелділік түріндегі математикалық модель келесідей:

$$a_n = a_0 + a_1 x + \dots + a_n x^n \quad (8)$$

мұнда $a_1=0; a_2=0;$

$$\sigma_n = a_0 + a_1 x \text{ at } a_1 = A_1 \gamma; a_0 = A_1 (1 - 1/A_1) C \omega \operatorname{ctg} \rho \quad (9)$$

Теңдеу орта мен жұмысшы дененің шекті күйінен шығатын тәуелділік түрін алады. $A_i = A_1$ болғанда

$$\sigma_{n=A_1}[\gamma x + C \omega \operatorname{ctg}(1-1/A_1) \rho]; \quad (10)$$

Кесетін дененің пышағының фронтальды бетімен қозғалуына төзімділігі қалыпты компоненттері теңдеулермен анықталады:

$$dN = \sigma_n dldy;$$

$$dQ = dN / \cos \delta_1; \quad (11)$$

$$dl = dx / \sin \alpha \rho \quad (12)$$

мұндағы δ_1 - дамыған беттің кескіш тістің бетіне үйкеліс бұрышы [1].
Фронтальды бетке тарту күшінің көлденең компоненті:

$$dP_{\rho 1} = dQ \cos \beta_1 \quad (13)$$

$$\beta_1 = 90^\circ - (\alpha \rho + \delta_1) \quad (14)$$

Жоғарыда айтылғандар негізінде:

$$dP_{\rho 1} = \frac{\cos \beta_1}{\sin \alpha \rho \cos \delta_1} \sigma_n dx dy \quad (15)$$

Бірінші жақындаудағы шеттік әсердің жұмысы кескіштің кесілген денесінің бір бөлігіне әсер ететін эквиваленттік күштің мәнімен анықталады, ені кескіштің дамыған бетіне екі есе тереңдігіне тең, $i_{eb} = B + 2c$.

N және b мәндерін dP анықтау формуласына қойып, оны интегралдау арқылы аламыз:

$$P_{\rho 1} = (1 + \operatorname{ctg} \alpha \rho \operatorname{tg} \delta_1 A_1) \int_0^{B+2h} \left\{ \int_0^n [\gamma x + c \omega \operatorname{ctg} \rho (1 - 1/A_1) dx] dy \right. \quad (16)$$

немесе

$$P_{\rho 1} = A \alpha A_1 (B + 2h) h \left[\frac{\gamma h}{2} + c \omega \operatorname{ctg} \alpha \rho \left(1 + \frac{1}{A_1} \right) \right], \quad (17)$$

мұнда: $A_\alpha = (1 + \operatorname{ctg} \alpha \rho \operatorname{tg} \delta_1)$.

Қорытынды

Ұсынылып отырған математикалық модель деформацияның кеңістіктік сипатын және беріліс элементтерінің өзара әрекеттесуін ескереді. Осындай модельдерді компьютерлік зерттеулер математикалық модельдеудің сәйкестігін, бағдарламалық қамтамасыз ету жүйесінің өнімділігін, оны қолданудың тиімділігін растауға мүмкіндік берді.

Әдебиеттер тізімі

1. Beletsky, B.F. Construction machines and equipment / B.F. Beletsky, I.G. Bulgakov. - Sankt-Peterburg: Panorama, - 2012. - 608p.
2. Vetrov Yu.A. Construction, road machines and equipment. -Kiev: higher school, -2010. -370p.
3. Halperin M.I., Dombrovsky N.G. Construction machines Moscow: automobile constructing, 2000. -342p.
4. Dzhenkulov S.A., Sazambaeva B.T., Sarguzhin M.Kh., Khadeev N.T. Excavation machines. - Almaty. -2014. -257p.
5. Gavrilov, K. L. Road-building machines of foreign and domestic production: device, diagnostics and repair / K.L. Gavrilov, N.A. Zabara, A.I. Osipenko.- Moscow. - 2006. - 480 p.
6. Sazambaeva B.T., Togizbaeva B.B., Kenzhebaeva A.S. Patent for utility model No. 3767. Working equipment of the excavator Application date (21) 2018 / 0454.2, published (22) 22.06.2018.
7. Sazambaeva B.T., Togizbaeva B.B., Masanov G.K., Balabekova K.G. Utility model patent, No. 5564. IPC class E02F3 / 40, application number (21) 2020 / 0616.2 (22) 13.11.2020. Model of a working body with a mechanical drive for cutting asphalt.
8. Sazambaeva B.T., Togizbaeva B.B., Makhanov M. On the issue of computer modeling of the process of cutting the soil with a cutter of a hydraulic excavator // Scientific journal "Mechanics and Technologies". -2018. -vol. 3. -P.71-74.
9. Sazambaeva B.T., Togizbaeva B.B., Makhanov M., Aimanbetov N. Computer modeling of the working equipment of a single-bucket excavator // Bulletin of modern research. - 2019. - vol. 10-3 (25). - P.154-158.
10. Sazambaeva B.T., Togizbaeva B.B., Makhanov, Sarsenbaev B. To the calculation of multipurpose working bodies of hydraulic excavators // Computer modeling of multipurpose working equipment of a single bucket excavator // Scientific journal "Mechanics and Technologies". - 2018. -vol. 3. -P. 60-63.

**Б.Д. Сулеев, А.Б. Кенесбек, Б.Т. Сазамбаева,
Б.Б. Тогизбаева, К.Г. Балабекова**

Карагандинский технический университет, Караганда, Казахстан

Математическое моделирование дополнительного рабочего органа экскаватора

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы по модернизации рабочего органа экскаватора путем установки дополнительного рабочего оборудования. Для достижения заданной цели изучено состояние мировых практик в этой области. Вместо стандартного навесного оборудования, обеспечивающего удобство монтажа и снятия, предложен новый вид рабочего оборудования для ремонта асфальтобетонного покрытия на базе экскаватора. Рабочий орган, состоящий из дополнительной фрезы, предназначен для разрушения асфальтобетонного покрытия и выполнен в виде навесного оборудования, совмещенного с основным. Разработана математическая модель многоцелевого гидравлического экскаватора с дополнительной фрезой. Предложена имитационная модель работы фрезы в программе Solidworks и смоделирован диск. В Solidworks образец диска был протестирован с помощью Simulation, и были проведены подробные исследования. Рассмотрены силы, воздействующие на рабочий орган, проведены компьютерные исследования. В результате были получены нагрузки, которые показали эффективность нового рабочего органа, оснащенного резцом. Для расчета объема грунта, срезаемого рабочим органом, разработаны математические модели, а процесс фрезерования описан моделью Сант-Венана. На ее основе была получена реологическая модель, по которой

была предложена деформация сдвига. Была разработана математическая модель рабочего органа экскаватора для определения силы эквивалентности. Математическая модель учитывает пространственный характер деформации и взаимодействия элементов передачи. Использование таких дисков позволяет уточнить влияние различных параметров резания на напряженное состояние режущего диска, получено распределение напряжений по ширине режущего диска. Соответствие результатов разработанных и апробированных математических моделей в компьютерной программе Solidworks позволило подтвердить эффективность ее применения.

Ключевые слова: экскаватор, фреза, дорожное покрытие, асфальтобетонное покрытие.

B.D. Suleev, A.B. Kenesbek, B.B. Togizbayeva, K.G. Balabekova
Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan

Mathematical modeling of the additional working body of the excavator

Abstract. The article discusses measures to modernize the working body of the excavator by installing additional working equipment. There has been studied the state of world practices in this area to achieve this goal. There is proposed a new type of working equipment for repairing asphalt concrete pavement based on an excavator instead of standard attachments that provide ease of installation and removal. The working body consisting of an additional milling cutter is designed for cutting asphalt concrete pavement and is made in the form of attachments combined with the main one. There has been developed a mathematical model of a multipurpose hydraulic excavator with an additional milling cutter. The article proposes a simulation model of the milling cutter operation in the Solidworks program. The authors modeled a disk. In Solidworks, there was tested a sample disk using Simulation. The authors conducted detailed studies. The article considers forces acting on the working body. The authors carried out computer studies. As a result, there were obtained loads that showed the effectiveness of the new working body equipped with a cutter. There have been developed mathematical models to calculate the volume of soil cut by the working body, and the milling process is described by the Saint – Venant model. On this basis, there was obtained a rheological model, according to which there was proposed shear deformation. The authors developed a mathematical model of the excavator working body, according to which there was determined the equivalence force. The mathematical model takes into account the spatial nature of deformation and the interaction of transmission elements. The article investigates that the use of such discs makes it possible to clarify the influence of various cutting parameters on the stress state of the cutting disc, to obtain a stress distribution over the width of the cutting disc. The correspondence of the results of the developed and tested mathematical models in the Solidworks computer program allowed us to confirm the performance of the software system, the effectiveness of its application.

Keywords: Excavator, milling cutter, road surface, asphalt concrete pavement.

References

1. Beletsky, B.F. Construction machines and equipment / B.F. Beletsky, I.G. Bulgakov. (Panorama, Sankt-Peterburg, 2012, p.608).
2. Vetrov Yu.A. Construction, road machines and equipment. (Higher school, Kiev, 2010, p. 370).
3. Halperin M.I., Dombrovsky N.G. Construction machines automobile constructing, Moscow, 2000, 342p.
4. Dzhenkulov S.A., Sazambaeva B.T., Sarguzhin M.Kh., Khadeev N.T. Excavation machines. Almaty, 2014, 257p.
5. Gavrilov, K. L. Road-building machines of foreign and domestic production: device, diagnostics and repair / K.L. Gavrilov, N.A. Zabara, A.I. Osipenko. Moscow, 2006, 480 p.

6. Sazambaeva B.T., Togizbaeva B.B., Kenzhebaeva A.S. Patent for utility model No. 3767. Working equipment of the excavator Application date (21) 2018 / 0454.2, published (22) 22.06.2018.

7. Sazambaeva B.T., Togizbaeva B.B., Masanov G.K., Balabekova K.G. Utility model patent, No. 5564. IPC class E02F3 / 40, application number (21) 2020 / 0616.2 (22) 13.11.2020. Model of a working body with a mechanical drive for cutting asphalt.

8. Sazambaeva B.T., Togizbaeva B.B., Makhanov M. On the issue of computer modeling of the process of cutting the soil with a cutter of a hydraulic excavator // Scientific journal "Mechanics and Technologies". 3, 71-74 (2018).

9. Sazambaeva B.T., Togizbaeva B.B., Makhanov M., Aimanbetov N. Computer modeling of the working equipment of a single-bucket excavator. Bulletin of modern research. 10-3(25), 154-158 (2019).

10. Sazambaeva B.T., Togizbaeva B.B., Makhanov, Sarsenbaev B. To the calculation of multipurpose working bodies of hydraulic excavators. Computer modeling of multipurpose working equipment of a single bucket excavator. Scientific journal "Mechanics and Technologies". 3, 60-63 (2018).

Авторлар жайлы мәлімет:

Сүлеев Б.Д. – Қарағанды техникалық университетінің «Көлік техникасы және логистикалық жүйелер» кафедрасының аға оқытушысы, PhD доктор, Қарағанды, Қазақстан, culeev_bahtiyar@mail.ru.

Кенесбек А.Б. – Қарағанды техникалық университетінің «Көлік техникасы және логистикалық жүйелер» кафедрасының оқытушысы, Қарағанды, Қазақстан, kenesbek_anuar@mail.ru.

Тогизбаева Б.Б. – Қарағанды техникалық университетінің «Көлік техникасы және логистикалық жүйелер» кафедрасының профессоры, техника ғылымдарының докторы, Қарағанды, Қазақстан, baglan099@mail.ru.

Балабекова К.Г. - Қарағанды техникалық университетінің «Көлік техникасы және логистикалық жүйелер» кафедрасының доценті, PhD доктор, Қарағанды, Қазақстан, 06_03_92@mail.ru.

Suleev B.D. - Ph.D., Senior Lecturer, Department of "Transport Engineering and Logistics Systems", Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, culeev_bahtiyar@mail.ru.

Kenesbek A.B. - teacher, Department of "Transport Engineering and Logistics Systems", Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, kenesbek_anuar@mail.ru.

Togizbayeva B.B. – Doctor of Technical Science, Professor, Department of "Transport Engineering and Logistics Systems", Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, baglan099@mail.ru.

Balabekova K.G. – Ph.D. in Technical Science, Associate Professor, Department of "Transport Engineering and Logistics Systems", Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, 06_03_92@mail.ru.

Бас редакторы: **Г.Т. Мерзадинова**

Авторларға арналған нұсқаулықтар,
жарияланым этикасы журнал сайтында берілген: <http://bultech.enu.kz>

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің
Хабаршысы. Техникалық ғылымдар және технологиялар
сериясы.

- 3(136)/2021 - Нұр-Сұлтан: ЕҰУ. - 84 б.

Шартты б.т. - 6,68. Таралымы - 7 дана.

Басуға қол қойылды: 25.08.2021 ж.

Ашық қолданыстағы электронды нұсқа: <http://bultech.enu.kz>

Мазмұнына тирпография жауап бермейді

Редакция мекен-жайы: 010008, Қазақстан Республикасы Нұр-Сұлтан қ.,
Сәтбаев көшесі, 2.

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

Тел.: +7(71-72) 70-95-00(ішкі 31-428)

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің баспасында басылды