

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

ISSN 1680-080X (print)
2788-6948 (online)

**Қазақ бас сәулет-құрылыс
академиясының
ХАБАРШЫСЫ**

№4 (90) 2023

**BULLETIN
of Kazakh Leading
Academy of Architecture
and Construction**

**ВЕСТНИК
Казахской головной
архитектурно-
строительной
академии**

Журнал 2001 жылдан бастап шығады
Journal has been publishing since 2001
Журнал издается с 2001 года

Жылына 4 рет шығады
Quarterly journal
Выходит 4 раза в год

Алматы, 2023

РЕДКОЛЛЕГИЯ / EDITORIAL BOARD

Абдрасилова Г.С. / Абдрасилова Г.С. / G.S. Abdrasilova – Бас редактор / Главный редактор / Editor-in-Chief

Сәулет докторы, Сәулет факультетінің акад. профессоры, ХБК, Қазақстан / Doctor of Architecture, Academic Professor, Faculty of Architecture, IEC, Kazakhstan / д.арх., академический профессор факультета Архитектуры, МОК, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-3828-9220>, email: g.abdrasilova@kazgasa.kz

Молдамуратов Ж.Н. / Молдамуратов Ж.Н. / Zh.N. Moldamuratov – Жауапты редактор / Ответственный редактор / Managing Editor

PhD, қауымдастырылған профессор, Ғылым орталығының директоры, ХБК, Қазақстан / PhD, Associate Professor, Director of the Center for Science, IEC, Kazakhstan / PhD, ассоциированный профессор, директор Центра Науки, МОК, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-4573-1179>, email: zhanga_m_n@mail.ru

Есімханова А.Е. / Есимханова А.Е. / A.E. Yesimkhanova – Техникалық редактор / Технический редактор / Technical Editor

«Құрылыс және сәулет» баспасының редакторы, ХБК, Қазақстан / Editor of the publishing house «Construction and Architecture», IEC, Kazakhstan / редактор издательства «Строительство и Архитектура», МОК, Казахстан

email: idmok_777@mail.ru

Құлтаева Ш.М. / Култаева Ш.М. / S. Kultayeva – Жауапты хатшы / Ответственный секретарь / Executive secretary

PhD, Ғылым Орталығының үйлестірушісі, ХБК, Алматы, Қазақстан / PhD, координатор Центра Науки, МОК, Алматы, Казахстан / PhD, coordinator of the Center for Science, IEC, Almaty, Kazakhstan.

<https://orcid.org/0000-0002-2409-1184>, email: mk1610sh@gmail.com

Ватин Н.И. / Ватин Н.И. / N.I. Vatin

Т.ғ.д., профессор, С-Петербург политехникалық университеті Құрылыс институтының директоры, Ресей / Doctor of Technical Sciences, professor, director of the Institute of Construction, Russia / д.т.н., профессор, директор Института строительства, С-Петербургский политехнический университет, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-1196-8004>, email: vatin_ni@spbstu.ru

Амандықова Д.А. / Амандықова Д.А. / D.A. Amandykova

Сәулет кандидаты, Дизайн факультетінің деканы, ХБК, Қазақстан / Candidate of Arch., Dean of the Faculty of Design, IEC, Kazakhstan / к.арх., декан факультета Дизайна, МОК, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0003-2322-8430>, email: abilmazhin.dina@mail.ru

Куц С. / Куц С. / S. Kuc

Сәулет докторы, Краков технологиялық университетінің профессоры, Польша / Doctor of Architecture, Professor, Krakow University of Technology, Poland / д.арх., профессор Краковского технологического университета, Польша

<https://orcid.org/0000-0002-8106-9215>, email: kuc.sabina@team.busko.pl

Байтенов Э.М. / Байтенов Э.М. / E. Baitenov

Сәулет докторы, Сәулет факультетінің қауымдастырылған профессоры, ХБК, Қазақстан / Doctor of Arch., Associate Professor of the Faculty of Architecture, IEC, Kazakhstan / д.арх., ассоциированный профессор факультета Архитектуры, МОК, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0003-0509-8396>, email: bajte@mail.ru

Әділова Д.Ә. / Адилова Д.А. / D. A. Adilova

Э.ғ.к., ҚТИЖМ факультетінің қауымдастырылған профессоры, ХБК, Қазақстан / Candidate of economic science, Associate Professor of faculty of СТІМ, ІЕС, Kazakhstan / к.э.н., ассоциированный профессор факультета СТИИМ, МОК, Казахстан
<http://https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57216255743>, email: dadilova65@mail.ru

Таубалдиева А.К. / Таубалдиева А.К. / А.К. Taubaldieva

Т.ғ.к., Жалпы құрылыс факультетінің қауымдастырылған профессоры, ХБК, Қазақстан / Candidate of technical science, Associate Professor of the Faculty General construction, ІЕС, Kazakhstan / к.т.н., ассоциированный профессор факультета Общего строительства, МОК, Казахстан
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57210842874>, email: nfe.aksaule@mail.ru

Шоганбекова Д.А. / Шоганбекова Д.А. / D.A.Shoganbekova

Ph.D., ҚТИЖМ факультетінің қауымдастырылған профессоры, ХБК, Қазақстан / Ph. D., Associate Professor of the Faculty of СТІМ, ІЕС, Kazakhstan / Ph.D., ассоциированный профессор факультета СТИИМ, МОК, Казахстан
<https://orcid.org/0000-0002-6825-4774>, email: inerbayeva@bk.ru

Бесімбаев Е.Т. / Бесимбаев Е.Т. /Ye.T. Bessimbayev

Т.ғ.д., Ғылым жөніндегі директор орынбасары, Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ ғылыми-технологиялық паркі, Қазақстан / Doctor of Technical Sciences, Deputy.Director of Science, Scientific and Technological Park of KazNU named after al-Farabi, Kazakhstan / д.т.н., Заместитель директора по науке, Научно-технологический парк КазНУ имени аль-Фараби, Казахстан
<https://orcid.org/0000-0002-0869-3513>, email: eric.bessimbaev@mail.ru

Ыбраимбаева Г.Б. / Ибраимбаева Г.Б. / G.B. Ibraimbayeva

Т.ғ.к., ҚТИЖМ факультетінің қауымдастырылған профессоры, ХБК, Қазақстан / Candidate of technical science, Associate Professor of the Faculty of СТІМ, ІЕС, Kazakhstan / к.т.н., ассоциированный профессор факультета СТИМ, МОК, Казахстан
<https://orcid.org/0000-0002-4778-5664>, email: gulnazik1971@mail.ru

Туяқева А.К. / А.К.Туякаева / Туякева А.К.

Сәулет кандидаты, Сәулет факультетінің қауымдастырылған профессоры, ХБК, Қазақстан / Candidate Arch., Assosiate Professor, ІЕС, Kazakhstan / к.арх., ассоциированный профессор факультета Архитектуры, МОК, Казахстан
<https://orcid.org/0000-0003-2322-8430>, email: tainagul@yandex.ru

Жұмағұлова Р.Е. / R.E. Zhumagulova / Жумағұлова Р.Е.

Т.ғ.к., ҚТИЖМ факультетінің қауымдастырылған профессоры, ХБК, Қазақстан / Candidate of technical science, Associate Professor of the Faculty of СТІМ, ІЕС, Kazakhstan /к.т.н., ассоциированный профессор факультета СТИИМ, МОК, Казахстан
<https://orcid.org/0000-0003-4889-5477>, email: roza_j@mail.ru

Әбілова Б.Ә. / B.A. Abilova / Абилова Б.А.

П.ғ.к., Қазақ-Америка университеті факультетінің қауымдастырылған профессоры, ХБК, Қазақстан / Candidate of a pedagogical science, Associate Professor of the Faculty of Kazakh-American University, ІЕС, Kazakhstan /к.п.н., ассоциированный профессор факультета Казахско-Американского университета, МОК, Казахстан
<https://orcid.org/0000-0001-6311-4150>, email: abilovabatjamal@mail.ru

Саламзаде Э.А. / E. Salamzade / Саламзаде Э.А.

Өнертану докторы, профессор, Әзірбайжан ҰҒА корреспондент-мүшесі, Әзірбайжан ҰҒА сәулет және өнер институтының директоры / Doctor in art history, Professor, Corresponding Member of NAS of Azerbaijan, Director of Institute of architecture and art of NAS of Azerbaijan / доктор искусствоведения, профессор, член-корреспондент НАН Азербайджана, директор Института архитектуры и искусства НАН Азербайджана
email: ertegin@baku.ab.az

Рысбаева А.К. / A.K. Rysbaeva / Рысбаева А.К.

Т.ғ.к., Жалпы білім беру пәндері факультетінің қауымдастырылған профессоры, ХБК, Қазақстан / Candidate of technical science, Associate Professor, ИЕС, Kazakhstan / к.т.н., ассоциированный профессор факультета Общеобразовательных дисциплин, МОК, Казахстан
<https://orcid.org/0000-0001-8535-4596>, email: aimanrk@mail.ru

Уйма А. / A.Ujma / Уйма А.

PhD, Ченстохов технологиялық университетінің профессоры, Польша / Ph.D., Professor of Czestochowa University of technology, Czestochowa / Ph.D., профессор Ченстоховского технологического университета, Польша
<https://orcid.org/0000-0001-5331-6808>, email: adam.ujma@pcz.pl

Шубин И.Л. / I.L. Shubin / Шубин И.Л.

Т.ғ.д., Құрылыс физика ҒЗИ директоры, Ресей сәулет және құрылыс ғылымдары академиясының корреспондент-мүшесі, Ресей / Doctor of Technical Sciences, Director of the Research Institute of Construction Physics, Corresponding Member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Russia / д.т.н., директор НИИ строительной физики, член-корреспондент Российской академии архитектуры и строительных наук, Россия
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55353536300>, email: niisf@niisf.ru

Редакция мекенжайы:

«Халықаралық білім беру корпорациясы» ЖШС
050043, Алматы қ-сы, Рысқұлбеков к-сі, 28
Tel. 8(727) 220-81-03, ішкі 1179
Email: nauka_kazgasa@mail.ru, vestnik@kazgasa.kz
<https://vestnik.kazgasa.kz>

Editorial office address:

«International Educational Corporation» LLP
050043, Almaty, Ryskulbekov str. 28
Tel. 8 (727) 220-81-03, ext. 1179
email: nauka_kazgasa@mail.ru, vestnik@kazgasa.kz
<https://vestnik.kazgasa.kz>

Адрес редакции:

ТОО «Международная образовательная корпорация»
050043, г. Алматы, ул. Рысқұлбекова, 28
Tel. 8(727) 220-81-03, внутр. 1179
email: nauka_kazgasa@mail.ru, vestnik@kazgasa.kz
<https://vestnik.kazgasa.kz>

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА

С.С. Мамбетов, А.А. Мамбетов, А.А. Мамбетов Urban morphology's features of the evolution of regional capitals in the USA's and the Kazakhstan's architecture 53	44
N.S. Lutsenko, D.S. Kim, R.E. Zhumagulova, G.Z. Zharaspaeva, K.M. Zhandildinova Radiation protection in the nuclear medicine center from pet radionuclide	44
О.Н. Приметс, К.И. Самоилов, В.У. Куспangалиев Features of the evolution of regional capitals in the USA's and the Kazakhstan's architecture	53
А.К. Туякаева, Э.Т. Данибекова, Г.С. Абдрасилова, Ю.В. Онищенко Региональная идентичность в архитектуре жилой застройки 1930-1990-х гг. города Караганда.....	66

СТРОИТЕЛЬСТВО

И.И. Bekbasarov, N.A. Shanshabayev Analysis of research results and application of piles as part of hydraulic facilities	59
Т.И. Иргисбаев, Л.А. Кияница, И.В. Лугин, А.М. Красюк Разработка энергоэффективной технологии обеспыливания воздуха в метрополитенах	78
И.В. Колесникова, А.С. Суворов, Н.Е. Бектурганова Анализ перспектив использования местного сырья для получения самоуплотняющихся бетонов в Республике Казахстан	91
А.К. Tolegenova, K. Akmalaiuly, A. Yespayeva, Z. Altayeva, E. Kuldeyev Influence of plasticizing and air-entraining admixtures on concrete properties	106

UDC 711.4.01
IRSTI 67.25.03
RESEARCH ARTICLE

URBAN MORPHOLOGY'S IMPACT ON PUBLIC REALM SOCIAL COHESIVENESS IN ALMATY

A.E. Kozhakhmetov^{1,*} , A.Z. Abilov¹ , A.S. Seidakhmetova¹ 

¹Satbayev University, 050013, Almaty, Kazakhstan

Abstract. *Since the notion of active public realm life was coined, more and more scholars and researchers have been researching public realm life, transportation efficiency and related terms about why they are essential and how spaces can incubate social cohesion. Yet, there is a limited investigation, particularly in Kazakhstan, of how urban morphology affects the core issues of the public realm's role in creating more socially cohesive communities. Thus, this paper seeks to find out whether we can improve public realm life vitality in a case study of Republic Square, which is considered to be one of Almaty's central, cultural, and political stages, by evaluating the existing urban morphology and analysing the outcomes of the selected site using a triangulation of morphological mapping, observation and survey methods. A connection will be extracted between public realm life vitality and use efficiency by engaging with urban morphology, through which it is possible to examine the synergy and determine if it is feasible to achieve these two and how we can mediate them. However, the current urban planning of Republic Square hardly facilitates active social life due to a lack of accessibility, low density, poor functional mix, blank interfaces, and insufficiency of the nighttime economy. Still, further research is required to investigate the selected site's fast traffic concerning the city's transportation system to propose perspective design strategies.*

Keywords: *urban morphology, public realm, street life, urbanism, Almaty.*

***Corresponding author**

Adilet Kozhakhmetov, e-mail: a.kozhakhmetov@stud.satbayev.university

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-02>

Received 01 November 2023; Revised 11 November 2023; Accepted 20 November 2023

ӘОЖ 711.4.01
ҒТАМР 67.25.03
ҒЫЛЫМИ МАҚАЛА

АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНДАҒЫ ҚАЛА МОРФОЛОГИЯСЫНЫҢ ҚОҒАМДЫҚ КЕҢІСТІКТІҢ ӘЛЕУМЕТТІК ЫНТЫМАҚТЫҒЫНА ӘСЕРІ

Ә.Е. Кожакметов^{1,*} , А.Ж. Абилов¹ , А.С. Сейдахметова¹ 

¹ Сәтбаев университеті, Алматы, 050013, Қазақстан

Аңдатпа. Белсенді қоғамдық кеңістік тұжырымдамасы танымал болғаннан бері көбірек ғалымдар мен зерттеушілер қоғамдық кеңістіктерді, көлік тиімділігін және олардың не үшін қажет екендігі және кеңістіктер әлеуметтік біріктіруге қалай ықпал ететіні туралы соған байланысты ұғымдарды зерттейді. Алайда, қазіргі таңда әсіресе Қазақстанда қалалық морфологияның әлеуметтік тұрғыдан біртұтас қауымдастықтар құрудағы қоғамдық кеңістіктің рөлі туралы негізгі сұрақтарға қалай әсер ететіні туралы зерттеулер шектеулі болып тұр. Осылайша, бұл мақала Алматының орталық, мәдени және саяси нысандарының бірі болып табылатын Республика Алаңындағы қоғамдық өмірдің өміршеңдігін қазіргі қалалық морфологияны бағалау және таңдалған зерттеу алаңының нәтижелерін талдау арқылы жақсартуға болатынын анықтауға тырысады. Оған қала құрылысы морфологиясын талдау, бақылау және сауалнама әдістерін триангуляциялау арқылы жеткізіледі. Белсенді қоғамдық кеңістік пен пайдалану тиімділігі арасындағы байланыс қалалық морфологиямен өзара әрекеттесу арқылы анықталады, оның көмегімен синергияны зерттеуге болады және осы екі мақсатқа қол жеткізуге болады ма және біз оларға қалай делдалдық жасай аламыз. Дегенмен, Республика алаңының қазіргі қала құрылысы қолжетімділіктің жоқтығына, төмен тығыздыққа, функционалдық араласудың нашарлығына, жабық интерфейстерге және түнгі экономиканың жеткіліксіздігіне байланысты белсенді қоғамдық өмірді құруға мүмкін болмай тұр. Дегенмен, перспективалық жобалау стратегияларын ұсыну үшін қаланың көлік жүйесіне қатысты таңдалған учаскенің жылдам қозғалысын зерттеу үшін қосымша зерттеулер қажет екенін көрсетеді.

Түйін сөздер: қала морфологиясы, қоғамдық орта, көше тіршілігі, урбанизм, Алматы.

***Автор-корреспондент**

Әділет Кожакметов, e-mail: a.kozhakhmetov@stud.satbayev.university

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-02>

Алынды 01 қараша 2023; Қайта қаралды 11 қараша 2023; Қабылданды 20 қараша 2023

УДК 711.4.01
МРНТИ 67.25.03
НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

ВЛИЯНИЕ ГОРОДСКОЙ МОРФОЛОГИИ НА СОЦИАЛЬНУЮ СПЛОЧЕННОСТЬ ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОСТРАНСТВА В АЛМАТЫ

А.Е. Кожакметов^{1*} , А.Ж. Абилов¹ , А.С. Сейдахметова¹ 

¹ Сатпаев университет, Алматы, 050013, Казахстан

Аннотация. *С момента популяризации понятия активного общественного пространства всё больше и больше ученых и исследователей изучают городские общественные места, эффективность транспорта и связанные с ними термины о том, почему они необходимы и как городские пространства могут способствовать социальной сплоченности. Тем не менее, существует ограниченное исследование, особенно в Казахстане, того, как городская морфология влияет на основные вопросы роли общественного пространства в создании более социально сплоченных городских сообществ. Таким образом, в этой статье делается попытка выяснить, какие возможные проблемы имеются и каким образом улучшить жизнеспособность общественной жизни на Площади Республики, одной из центральных, культурных и политических площадок Алматы, путем оценки существующей городской морфологии и анализа результатов выбранного места исследования с использованием триангуляция методов городского морфологического картографирования, наблюдения и обследования. Будет выявлена связь между активным общественным пространством и эффективностью использования путем взаимодействия с городской морфологией, с помощью которой можно изучить синергию и определить, возможно ли достичь этих двух целей и какие имеются пути их опосредовать. Однако нынешняя градостроительная планировка площади Республики не способствует активной общественной жизни из-за недостаточной городской доступности, низкой плотности, плохого функционального микса, пустых интерфейсов и недостаточности ночной экономики. Тем не менее, необходимы дальнейшие исследования для изучения скоростного движения выбранного участка в отношении транспортной системы города, чтобы предложить перспективные стратегии преобразования выбранного участка исследования.*

Ключевые слова: *городская морфология, общественное пространство, жизнеспособность улиц, урбанистика, Алматы.*

*Автор-корреспондент

Адилет Кожакметов, e-mail: a.kozhakhmetov@stud.satbayev.university

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-02>

Поступила 01 ноября 2023; Пересмотрено 11 ноября 2023; Принято 20 ноября 2023

1 INTRODUCTION

This article aims to reveal the relationship between the public realm's vitality, urban design morphology and urban transportation efficiency underlying today's cities. Almost all of the major cities in the world are facing severe issues in the public realm as fast-growing urban high streets cut people's habitats into fragmented pieces, making social life segregated (Bingham-Hall, 2016). After noticing the dominance of cars, people started experimenting with limiting cars and returning the public realm to pedestrians. Especially after the importance of the public realm and primarily street life was introduced to the general public at the end of the 1960s (Jacobs, 1961). Furthermore, one of the critical aspects of car dominance is the morphology of urban patterns, which directly create the public realm (Dovey et al., 2018).

However, almost all of the research papers focus on how specific methods or physical barriers can limit cars, and urban transportation is also an essential part of the city, especially in today's urban lives. Most of the findings and implements are oriented to living areas known as home zones (Purcell, 2013). With the issue of urban transportation efficiency and its relationship with public realm life vitality not only in living areas but in mixed-used streets have also been overlooked and insufficiently addressed, there is a gap existing in how we perceive the synergy between these two factors and what is the feature of its public realm morphology beneath which made them the way it looks today (Kamalipour & Peimani, 2019). Therefore, as a test-bed for the study, the authors selected a public realm located in Almaty's central part in a cross-section of primary streets in Republic Square.

By engaging the notion of public realm life together with urban transportation, it has been a thorough process to consider not only from a pedestrian perspective but in a broader scope to critically go over the previous research and fill out the missing part, which is a daily use performative role of the public realm. By addressing this question correctly, the possible relationships between urban morphology, public realm life and the nature of primary roads cut the space into fragmented square parts. Moreover, the research makes it possible to mediate the conflicts between cars and pedestrians and provides insights to improve and further implement in more shared spaces.

Three significant issues address being aware of the limited research on the balance between spatial space and the public realm life of pedestrians. In car-oriented cities, communities advocate for building streets and removing physical barriers to improve the efficiency and permeability of cars. At the same time, pedestrians consistently think streets should belong to their nature, which is serving people. Beneath the conflicts are the social, economic and political confrontations. It is, in turn, essential to find out whether fast traffic will influence public realm vitality and, in turn, will constrain it to boost and incubate public realm interactions directly.

Moreover, is it possible to simultaneously balance transportation efficiency and public realm life vitality in Republic Square? As it is engaged with many different areas and cases of different relationship patterns between cars and pedestrians, how do the urban design pattern and its morphology affect the balance of these two, and is there a relatively better model emerging from analysing the existing urban model to learn and improve the current public realm of Republic Square?

2 LITERATURE REVIEW

For decades, urbanities witnessed the development of the discourse for whom the public realm should be designed. With the concept of "eyes on the street" (Jacobs, 1961) and the activities between buildings being coined and brought out, it also advocated for the diversity which can be induced by the mix and overlap of functions (Brien & Cheshire, 2016). After which, it almost became common sense that urbanists all agreed that the intensity and vitality are the most essential parts that streets should have. Besides, intruding the open city which revealed the significance that differences and conflicts are embraced by which everyone shared the same rights in utilising spaces

(Carmona, 2015). At the same time, it has been argued that the public realms for citizens to interact are streets and roads, where people tend to meet outside their private spaces (Inam, 2022). This is also against the notion coined by modernists that streets are merely for transporting and mobility which should be elevated and segregated from people's living area which has been proved in many cities that is not an excellent way to improve the vitality of social life as it limits the possibilities and separates living spaces (Kamalipour & Peimani, 2019).

The modernistic urban planning approach is part of a broader ideological shift in governmental policies, which has been highlighted as causing increased polarisation and tension in society through the undermining of traditional social structures (Atkinson, 2003). Aelbrecht and Stevens (2019) argue that as a result social cohesion has entered the discourse as a way of overcoming these issues. Jeffries et al., (2009) highlight that cohesion has become troublesome to define as it cannot be reconciled over different policy agendas it has been used in. Nonetheless, Carvalho and Netto (2023) provide a broad definition that can be used to describe the social order of physical and non-physical settings. Minton (Minton, 2012) emphasizes how social cohesion involves the community coming together and tolerance in neighbourhoods. Dovey et al. (2018) build on this in the context of urban morphology, stating that a public realm acts as a place of encounter where social cohesion can take place, as it is essential to developing tolerance and understanding in this time of increased polarisation.

The selected study area is located in the historical part of Almaty (Figure 1). D. Kunaev developed the area in the 1970s as a new central plaza for large-scale events (Figure 2a). The public realm accommodated large-scale celebrations, festivals, military parades and other events. Initially, the Republic Square was designed as a public realm to demonstrate the power of the Soviet Union. There were state parades and meetings to show the political power of Soviet authorities (Kozhakhmetov & Abilov, 2022). The Republic Square has been a place for political tensions since the first protests in December 1986 rather than an everyday use public realm. It happened due to its location next to governmental offices. However, since 1991st, the public realm has been installed with different statues, installations and monuments for independence, victims of 1986 and political repression during Stalin's time. Recently, a memorial for the victims of January 2022 has been installed. The public realm closed during the underground retail and entertainment complex construction in 2007 (Khodzhiyev et al., 2022). Reconstruction works included the removal of the Soviet pedestal and an underground pedestrian link between the upper and lower sides of Satbayev Street. While the square was fenced off, and traffic was restricted during construction works up to 2012 (Figure 2b), some citizens had a hostile reaction to it, firstly in terms of car traffic and secondly due to its contradictory background and history. The selected site has always been the centre of tension between local communities, drivers, state, and political groups.

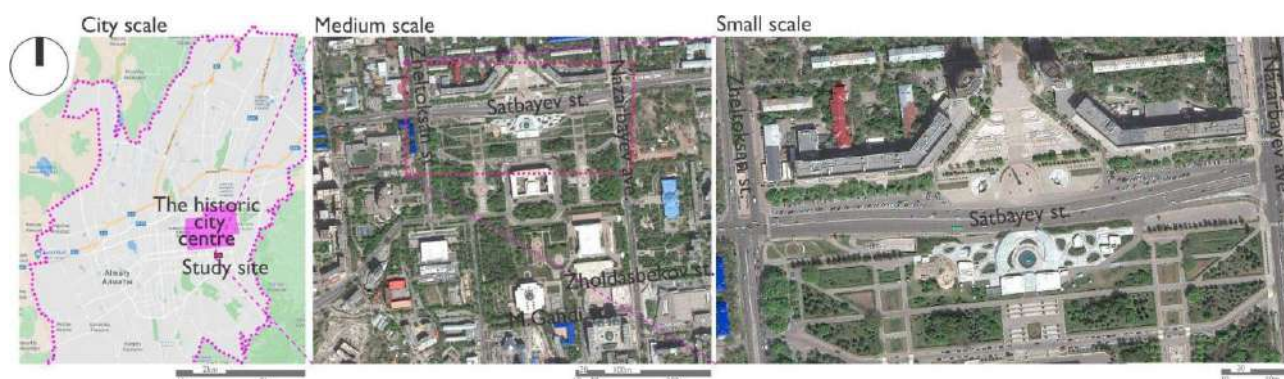


Figure 1 – The location of the selected investigation site (Google Maps, 2023)

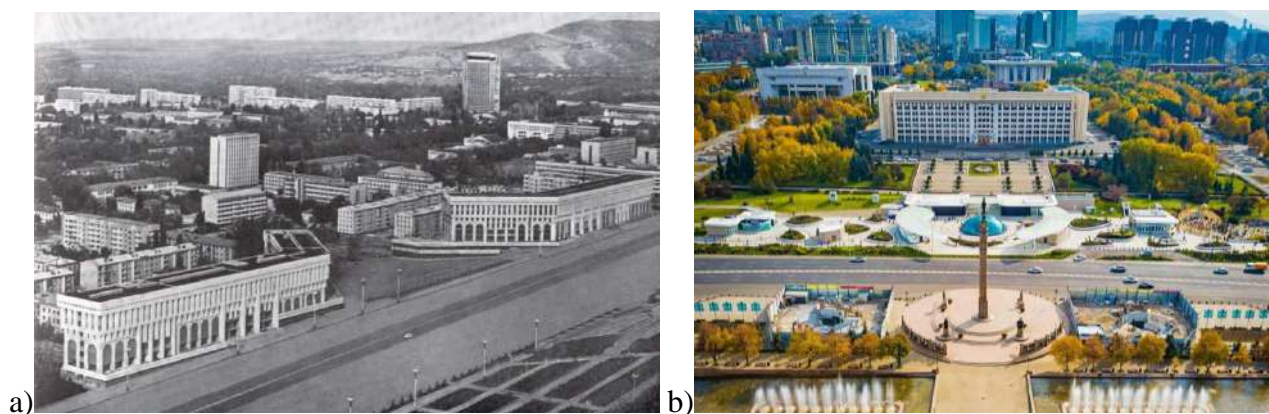


Figure 2 – Past and present view of the Republic Square

a) Republic Square during the Soviet Union ([Tengrinews, 2017](#));

b) Republic Square after the reconstruction on top of the underground shopping centre ([Ahmetova, 2020](#))

3 MATERIALS AND METHODS

The research methodology applied to the selected study is primarily urban morphological mapping, observation and photography in the public realm. Morphological mapping was illustrated on ([Google Maps, 2023](#)) and revealed the current urban design problems in Almaty. The relationship between public and private realms, including the carway space proportion, distinguishes who controls the public realm. Connectivity, permeability and accessibility illustrate the bond with the neighbouring districts regarding social links. Analysis of interfaces illustrates if the buildings and privately fenced public realm interact with street life. The ground-level night-time economy extends our understanding of whether the existing buildings facilitate public realm vitality. Densities and functional mix investigate to what extent the urban morphology facilitates a wide range of activities and motivates people to use it. Greenery analysis reveals if the public realm is welcoming regarding leisure and everyday usage for local communities and visitors.

Non-participant observation includes analysing people's public space perception within the selected site. All findings in the public realm are photographed to illustrate the existing issues in urban morphology and design. The anonymous survey is used to backbone the urban morphological map analysis and observation. The questionnaire approach was adapted from ([Abilov et al., 2023](#)) and ([Kozhakhmetov et al., 2023](#)). The survey analysis intends to identify the users' perception of the public realm in and around Republic Square. The questionnaire was conducted from the 17th to the 20th of April, 2023. There were fifty respondents questioned during these days. The number of respondents is sufficient to evaluate within the limited time constraints of the study. These findings are used to sustain perspective design strategies, which might be applied in cohesion with citizens' and local communities' vision for future improvements in the public realm.

4 RESULTS AND DISCUSSION

The connectivity analysis illustrates that the area is primarily car-oriented, with two to six car lanes along Satbayev, Zheltoksan, Nazarbayev, Timiryazev, and Zholdasbekov streets. The investigation site is well connected with other parts of the city ([Figure 3](#)). However, regarding pedestrians, the public realm has a poor connection from North to South, and there needs to be a link between the lower and upper sides of the highway, cutting Republic Square into fragmented parts. To go to the opposite side of Satbayev Street, pedestrians should go 600 meters to Nazarbayev and Zheltoksan Streets or through an underground crossing way, which is currently closed. The public realm is not walkable due to poor pedestrian connectivity and the broad highway. It negatively affects the

daily use of the public realm by locals. Furthermore, there is no cycling lane connectivity or BRT ways. Overall, connectivity analysis confirms that the selected study site's public realm is separated by comprehensive carways ignoring potential users such as local communities, people working around, and children.

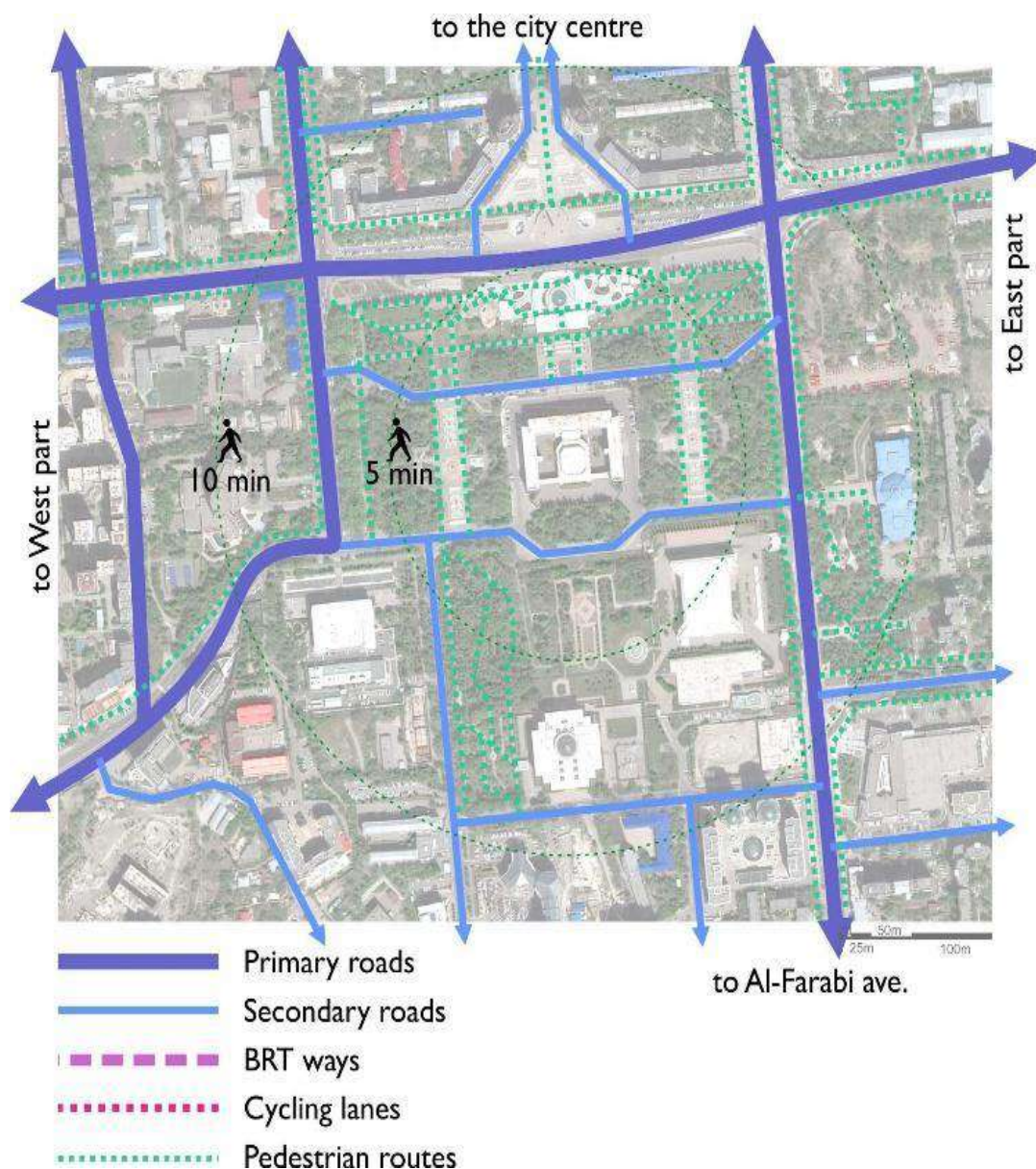


Figure 3 – Connectivity analysis of the selected investigation site [author's material]

Public and private realms analysis show that the selected site is dominantly publicly owned. Particularly near Republic Square are many state-owned parks and landscaped green spaces (**Figure 4**). There is a park for the Foundation of the First President, a square in front of the Central State Museum of the Republic of Kazakhstan, and a square for Journalists. Still, the territory beyond the central part is privately owned by private companies or long-term construction, as well as state educational institutions. There is InterContinental Almaty, as well as various other small enterprises and businesses. Even though the public realm is publicly owned, Republic Square is occupied by asphalted carways and vehicles, where the illusion of publicly owned space vanishes with dense traffic (**Figure 5**). Thus, potential urban design strategies should consider the limitations through transportation efficiency while encouraging walkability.

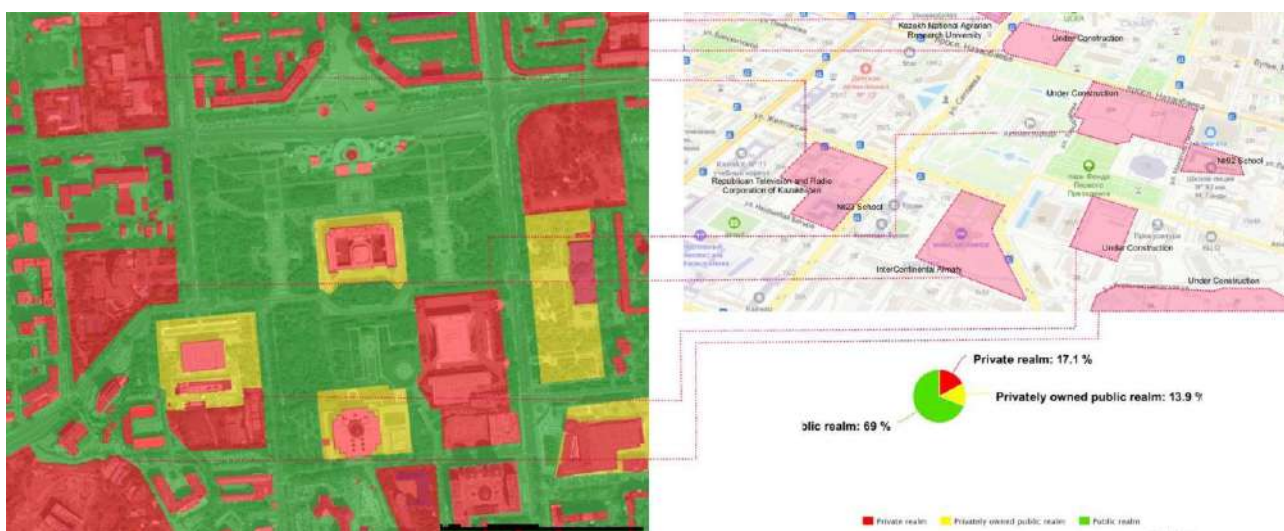


Figure 4 – Analysis of public and private realms [author’s material]



Figure 5 – Proportion of carways regarding public and private realms [author’s material]

According to the analysis of the functional mix, gigantic monofunctional buildings predominantly occupy the selected site (Figure 6). Most of them are state office buildings, such as the headquarters of local authorities, government organisations, educational institutions, shopping centres and museums. It implies that the area concentrates on work and visiting facilities. There are residential buildings in combination with visit functions. However, such a large area still has a relatively low percentage of residential buildings. Dovey and Pafka (2018) argue that the lack of live functions might cause an abandoned public realm at a late time when offices close. Although the proportion of grey-type buildings is large, these are long-term construction and restoration projects. Even though this is one of the city's primary public realms, the percentage of visiting and entertainment activities on the study site is exceptionally modest. Although the amount of public space is high, most of these places are not used or developed considering daily visits and recreation, and the affordability of such profit-oriented facilities may limit the public realm's performative role in fairness. A lack of mix negatively affects both nighttime safety and the vitality of the urban environment. As a result, the public realm is occupied only by cars.

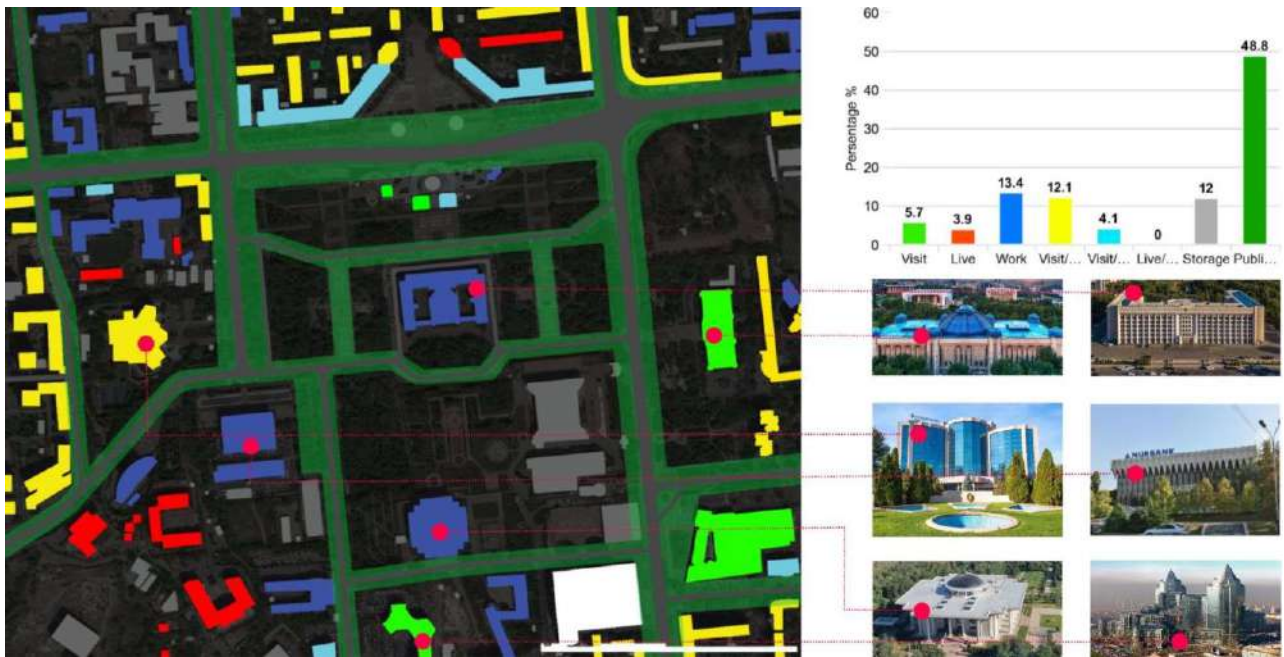


Figure 6 – Functional mix of the buildings in the site [author’s material]

Figure 7 illustrates that many interfaces are edges of private and public realms, mainly pedestrian setbacks. Visually, the high proportions of pedestrian setbacks in front of the impermeable interfaces cannot contribute to street life and can even threaten public safety in the selected study site (Kamalipour & Peimani, 2019). Direct and opaque, impermeable, and car setback interfaces are relatively even and very low. Moreover, there are no straightforward and transparent interfaces which interact with pedestrians. There are low proportions of direct/transparent interface links to the low possibility of goods display and exchange in Republic Square (Dovey & Wood, 2018). The need for more people currently makes Republic Square deserted, resulting in an unused space. This creates a sense of disconnect and will not become a lived-in. When this is coupled with the “Big Box” monofunctional use of some buildings on the site, this disconnect is exaggerated further (Stevens, 2007).

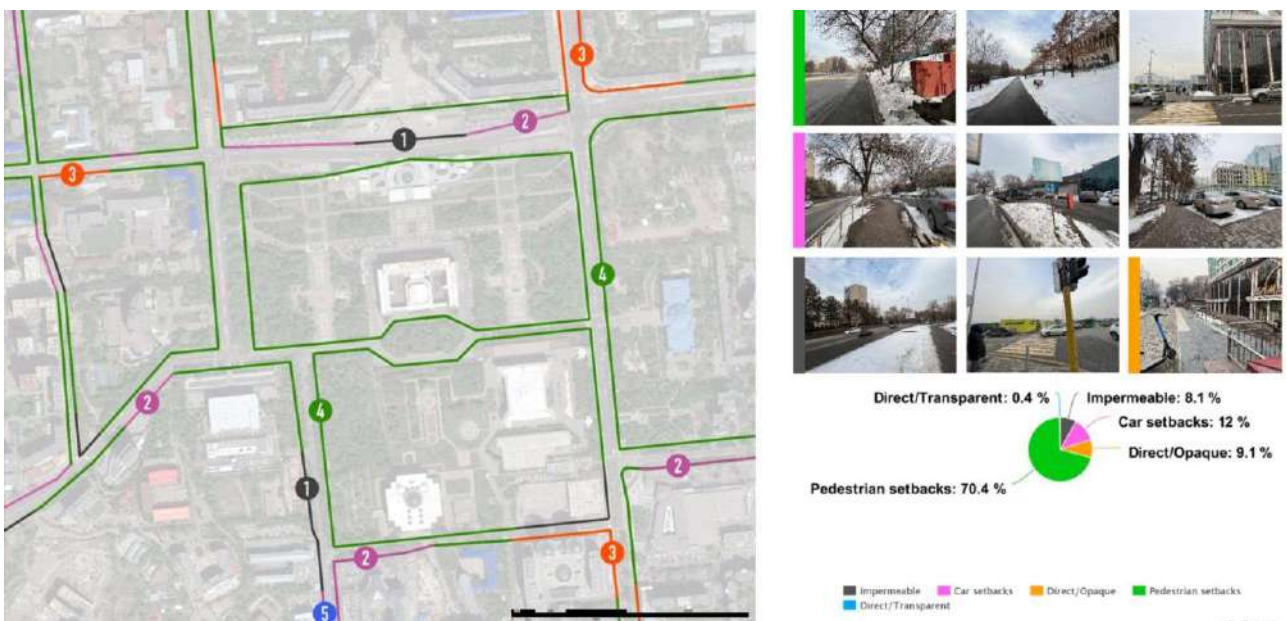


Figure 7 – Analysis of interfaces [author’s material]

The analysis of the ground-level nighttime economy illustrates that the active buildings until 6 p.m. are more than half the total number of facilities in the research area (**Figure 8**). It leads to the fact that the main public realm is active only until the evening and needs to be more equitable for nighttime walking alone, even though the south side of Republic Square and 19.2% of facilities work until midnight. Still, more than the capacity to provide 'eyes on streets' is needed for the large open area, mainly on Republic Square's south and east. It represents that there needs to be more business and entertainment activity. Regarding ground security, the public realm depends on the control of CCTV (**Minton, 2012, p. 29**) due to a lack of functional mix, and a significant proportion of impermeable interfaces do not interact with a private inner realm at night. Furthermore, most of the park's green spaces could be better lit at night, making the area psychologically insecure.



Figure 8 – Night activity [author's material]

The Republic Square area's building footprint density analysis illustrates that most of the land is open (**Figure 9**). While about half of the total number of buildings is a high rise, the FAR is significantly low, which might lead to decreased liveliness in the neighbourhood (**Dovey & Pafka, 2018**). Open spaces are primarily used for broad carways and green parks. It implies that, in terms of social control, the area is heavily reliant on CCTV and state supervision. This urban morphology partially does not provide "eyes on streets" to improve a feeling of invisible social security (**Jacobs, 1961**).

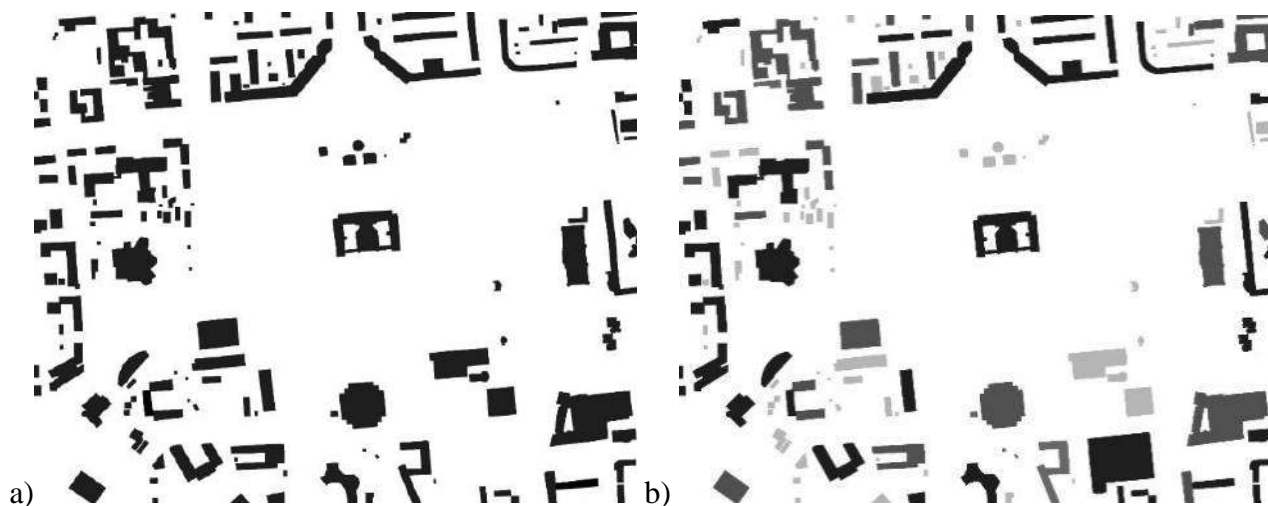


Figure 9 – Analysis of urban densities; a) Buildings footprint; b) Buildings height [author's material]

Within the 200m radius, around a 3-5 minute walk, permeability is 85%. It is because of Satbayev Street and the vast area of the square. Additionally, an analysis of the site connectivity (**Figure 10**) demonstrates that the core area is highly car-dependent and fragmented by wide car roads and parking spaces, which makes the public realm inequitable for pedestrians' use. Analysis of accessibility shows that the core public realm is not highly accessible for pedestrians and vulnerable groups. For example, there is no direct connection between the large square in front of the City Hall building and Baiseitov Boulevard. As a result, the public realm is fragmented and inconvenient to use frequently and every day.



Figure 10 – Analyses of permeability and accessibility [author's material]

Greenery analysis in the public realm shows a very rich proportion of greenery and trees in the public realm (**Figure 10**). The area around the City Hall and the park for the First President's Foundation is densely green. It facilitates the urban environment to be more equitable for daily use while promoting social cohesiveness (**Wood et al., 2017**). Despite high greenery, there has to be a green belt connecting all of them. Moreover, there must be more vegetation in Republic Square's large area. The square itself becomes inequitable during hot summer days when the asphalt heats and melts. As a result, potential design strategies should consider how to maintain equity through greenery. Almaty's weather condition is specific with a sharply continental climate. Over half of the year is sunny, particularly in the fall, summer, and spring seasons. As a result, it may need to be more equitable for various outdoor activities. Thus, the adaptability of the public realm for everyday use in cohesion with the highways is vital for public life.

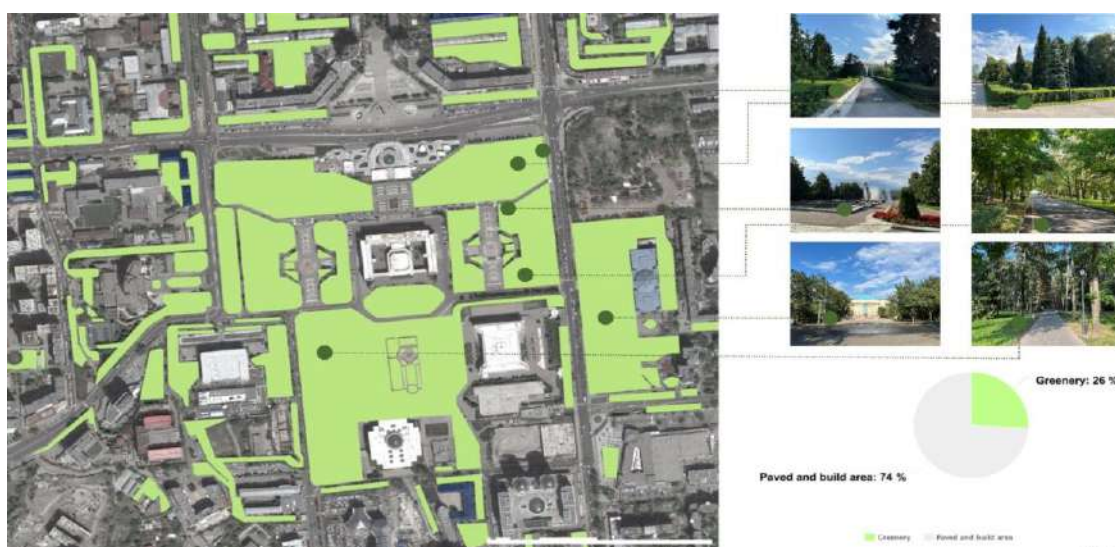


Figure 10 – Analysis of the site's greenery [author's material]

The observation of the public realm reveals that primarily, there are two spots attracting people to use (Figure 12). Firstly, the renovated plaza in front of the City Hall with cafes, street food and a playground for children. Secondly, the fountains on the other side of Satbayev Street, next to the Monument of Independence, are critical destinations for visitors. Unfortunately, there is no direct link between the two attractive destinations. As a result, they could be more active.

Consequently, the perspective interventions could be to redesign the highway in between. Noteworthy, public space users gather around entertaining facilities rather than historical reminders. Although there are monuments and sculptures around Republic Square, people pass them, except on memorial days such as Independence Day, December 1986 and January 2022 cases.



Figure 12 – Perceptions of the public in the area [author’s material]

Table 1 provides a picture of the respondent’s gender, age range and relation to the public realm on the selected research site. The overall number of respondents is 50 users of the public realm on the selected study site. Approximately similar quantities of males and females were willing to answer the questionnaire. In the age range more active are 26-45 aged people. As the survey was conducted during work days, a group of workers use Republic Square daily. During weekends, locals use the renovated playground with their children and grandchildren. Random visitors also were questioned as the public realm works for the whole city. There were received responses from drivers using the parking along Satbayev Street to evaluate adequately.

Table 1
Profile of respondents [author’s material]

Demographic profiles	Total	Percentage
Surveyed amount of respondents	50	100%
Gender		
Male	22	44%
Female	28	56%
Age Range		
18-25	10	20%
26-45	19	38%
45-65	13	26%
>66	8	16%
Respondents relation		
Workers in the area	12	24%
Local communities	17	34%
Random visitors	10	20%
Drivers	11	22%

Table 2 represents the outcomes of the questionnaire. Respondents' answers are designed to support morphological mapping and observation results. Firstly, hardly half of Republic Square users are satisfied with the quality of architectural and esthetical views of buildings. Primary, it results from the fire in January 2022 actions in City Hall and demolishing buildings around Republic Square. However, satisfaction with Republic Square facilities, such as landscaping, playgrounds, and sports equipment, is shallow among all groups of visitors. While workers in the area use the public realm around 11 times per month on average, other groups rarely use it. Also, respondents ticked the greenery of Republic Square to be unsatisfactory.

Secondly, only a few respondents who live in nearby areas had been acquainting in Republic Square with strangers or people from the neighbourhoods within the selected study site. In addition, the feeling of an open community is shallow. Most respondents assume that there is poor accessibility between different public spaces. Therefore, the public realm is dull in general. Incredibly late at night, people avoid walking along, considered insecure due to the lack of "eyes on the streets".

Thirdly, there are two main issues that inhibit using Republic Square. Workers in the area complained about long distances, lack of affordable food, hot in the summer square, and being tedious to use daily. Local communities criticise the noise of passing cars, lack of daily use facilities, and long distance from home. While random visitors mention political protests, lack of connectivity, and poor appearance of buildings as a point to be less attractive there, drivers believe there are insufficient parking spaces and no attractions to stop.

Table 2.

Results of the survey [author's material]

Research questions	Respondents' relation			
	Workers in the area	Local community	Random visitors	Drivers
Satisfaction with architecture and urban design of Republic Square (maintenance of spacial space and architectural and esthetical view of buildings surrounding the public realm).	32%	45%	65%	56%
Satisfaction with Republic Square facilities (such as landscaping, playgrounds, and sports equipment).	38%	20%	45%	20%
The average frequency of using everyday facilities in Republic Square is monthly.	11 times	Four times	None	1-time
Satisfaction with Republic Square greenery.	35%	29%	40%	19%
Frequency of acquainting in Republic Square with strangers or people from the neighbourhoods within the selected study site.	None	Low	None	None
A feeling of open community.	25%	32%	5%	0%
Users who had difficulties with accessibility and permeability in a public realm within the selected study site.	78%	86%	54%	38%
Frequency of crossing to another side of Satbayev Street in Republic Square.	Low	Low	None	None
A feeling of safety at night time (walking along within the selected study site).	50%	35%	29%	73%
Main issues that inhibit using Republic Square.	Long distances, Lack of affordable food, It is hot in summer, and Boring to use	The noise of passing cars, Lack of daily use facilities, Far away from the home	Political protests, Lack of connectivity, Poor appearance of buildings	Lack of parking spaces, No attractions to visit

The analysis of the selected site revealed that Republic Square is currently used as a highway for Satbayev Street rather than a public space for citizens. Several primary issues negatively affect the efficient use of a transportation corridor and public space for pedestrians. There are both spatial and non-spatial issues. Spatially, the urban morphology of the selected site does not facilitate people to use the public realm:

1. Despite being well-connected in terms of transportation, there is a lack of accessibility in the public realm. A car-oriented Satbayev Street separates Republic Square. The analysis of public realm ownership proves that the public realm fundamentally belongs to vehicles, especially Republic Square.

2. The neighbourhood's density only allows a few local communities to use it daily due to the distance to walk from their homes.

3. Although the public realm is relatively greener, they are not well connected, particularly the plaza in front of the City Hall.

There are non-spatial issues that partially overlap with spatial outcomes of the public realm:

1. There need to be more direct and transparent interfaces that directly communicate with pedestrians to motivate locals to come.

2. There must be more facilities in the selected study area, except the renovated plaza. The lack of nighttime ground economy leads to an emptiness of space after 6 p.m. when all offices and state buildings are left out.

3. The fact that there were several tragic riots and constant protests made the public realm unattractive to visit frequently.

4. Car-oriented urban design and the lack of pedestrians in Republic Square caused big-scale problems, making it more inequitable for daily visits.

5 CONCLUSIONS

The investigation of Republic Square illustrated that insignificant and minor urban design issues created significant adverse outcomes in the long term. The initial project was primarily designed to serve the Soviet urban planning system. After the independence, it was modified with memorials and sculptures and later with an underground shopping centre, which is not functioning currently. However, radical urban transformation still needs to be applied. As a result, current urban morphology has caused inefficient use of spatial space, which is car-oriented.

The balance between fast traffic, such as the highway in Republic Square and the pedestrian-oriented public realm might be found by reducing the speed and redesigning the material space into a shared space. This is because the existing urban design of Republic Square is not facilitating activeness in terms of social life and cohesion between local communities. Besides the wide street in Republic Square, there are critical problems regarding the urban morphology, such as lack of accessibility, low density, lack of functional mix, inactive interfaces, poor greenery, and lack of nighttime economy.

Despite adverse outcomes, a considerable urban legacy could be improved and turned into a more effective and active public realm. The public realm has significant space for redesign and becomes a more socially engaged and attractive daily-use destination. However, further research is still required to investigate the fast traffic concerning the whole transportation system of the city, and more design strategies should be applied to improve it. They should go beyond traditional approaches to urbanism and have to consider all social groups but primarily usage by pedestrians.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCE OF FUNDING

The authors thank and express the most profound appreciation and sincere gratitude to Professor Aseem Inam at Cardiff University for providing invaluable guidance throughout the theoretical framework. We want to acknowledge the effort and time devoted by reviewers for their valuable comments and suggestions to improve the quality of the published work. Also, the authors are thankful to the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan for providing the 8D07302 Architecture and Urban Planning PhD scholarship and funding.

REFERENCES

1. **Abilov, A., Makhrova, A., & Safronov, S.** (2023). The Latest History of the Development of Kazakhstan's Urban Agglomerations. *Pleiades Publishing*, 13(2), 316–327. <https://doi.org/10.1134/S2079970523700697>
2. **Aelbrecht, P., & Stevens, Q.** (2019). *Public space design and social cohesion: An international comparison*. New York: Routledge.
3. **Ahmetova, D.** (2020, October 11). The Republic Square [Ploshchad' Respubliki]. [cited October 01, 2023]. Facebook. Retrieved from: https://www.facebook.com/almaty.today/posts/3236200133164054/?locale=hi_IN (In Russ.).
4. **Atkinson, R.** (2003). Domestication by cappuccino or a revenge on urban space? Control and empowerment in the management of public spaces. *Urban Studies*, 40(9), 1829–1843. <https://doi.org/10.1080/0042098032000106627>
5. **Bingham-Hall, J.** (2016). *Future of cities: Commoning and collective approaches to urban space*. Government Office for Science.
6. **Brien, O., & Cheshire, J.** (2016). Interactive mapping for large, open demographic data sets using familiar geographical features. *Journal of Maps*, 12(4), 676–683. <https://doi.org/10.1080/17445647.2015.1060183>
7. **Carmona, M.** (2015). Re-theorising contemporary public space: A new narrative and a new normative. *Journal of Urbanism*, 8(4), 373–405. <https://doi.org/10.1080/17549175.2014.909518>
8. **Carvalho, C., & Netto, V.** (2023). Segregation within segregation: Informal settlements beyond socially homogenous areas. *Cities*, 134, 104152. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.104152>
9. **Dovey, K., & Pafka, E.** (2018). Functional Mix. In K. Dovey, E. Pafka, & M. Ristic, Pafka (pp. 19–40). New York: Routledge.
10. **Dovey, K., Pafka, E., & Ristic, M.** (2018). *Mapping urbanities: Morphologies, flows, possibilities*. New York: Routledge.
11. **Dovey, K., & Wood, S.** (2018). Public/ Private Interfaces. In K. Dovey, E. Pafka, & M. Ristic (Eds.), *Mapping urbanities: Morphologies, flows, possibilities* (pp. 143–162). New York: Routledge.
12. **Google Maps.** (2023). The Republic Square [Map]. Retrieved from: <https://www.google.com/maps/@43.2375688,76.9448226,404m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>
13. **Inam, A.** (2022). Co-designing publics: [Re]producing the public realm via informal urbanisms in cities of the global south. *Local Environment: The International Journal of Justice and Sustainability*, 27(5), 655–669. <https://doi.org/10.1080/13549839.2022.2045481>
14. **Jacobs, J.** (1961). *The death and life of great American cities*. New York: Random.
15. **Jeffres, L., Bracken, C., Jian, G., & Casey, M.** (2009). The Impact of Third Places on Community Quality of Life. *Applied Research in Quality of Life*, 4, 333–345. <https://doi.org/10.1007/s11482-009-9084-8>
16. **Kamalipour, H., & Peimani, N.** (2019). Negotiating space and visibility: Forms of informality in public space. *Sustainability*, 11, 1–19. <https://doi.org/10.3390/su11174807>

17. **Khodzhikov, A., Abilov, A., Yaskevich, V., & Abaidulova, D.** (2022). Transformation of public spaces in Almaty [Transformatsiya obshchestvennykh prostranstv Almaty]. *Project Baikal*, 74, 110–120. <https://doi.org/10.51461/pb.74.19> (In Russ.).
18. **Kozhakhmetov, A., & Abilov, A.** (2022). Understanding the city through the notion for liveable cities of Jane Jacobs and Christopher Alexander: Public realm case studies in Almaty (Kazakhstan) and Cardiff (the United Kingdom). *Bulletin of Kazakh Leading Academy of Architecture and Construction*, 84(2), 89–97. <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2022.2-07>
19. **Kozhakhmetov, A., Abilov, A., & Ramazani, M.** (2023). Impacts of public realms in creating a comfortable urban space for everyday use: A case study of urban pattern in Almaty. *Bulletin of Kazakh Leading Academy of Architecture and Construction*, 1(87), 58–70. <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.1-06>
20. **Minton, A.** (2012). *Ground control: Fear and happiness in the twenty-first-century city*. London: Penguin Books.
21. **Purcell, M.** (2013). The right to the city: The struggle for democracy in the urban public realm. *Policy and Politics*, 43(3), 311–327. <https://doi.org/10.1332/030557312X655639>
22. **Stevens, Q.** (2007). *The Ludic City: Exploring the Potential of Public Spaces*. Routledge.
23. **Tengrinews.** (2017, April 21). Republic Square 15. New life of an old building [Ploshchad' Respubliki 15. Novaya zhizn' starogo zdaniya]. Tengrinews. Retrieved from: <https://tengrinews.kz/article/ploshchad-respubliki-15-novaya-jizn-starogo-zdaniya-515/> (In Russ.).
24. **Wood, L., Hooper, P., Foster, S., & Bull, F.** (2017). Public green spaces and positive mental health: Investigating the relationship between access, quantity and types of parks and mental wellbeing. *Health Place*, 48, 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2017.09.002>

UDC 629.039.58: 614.876

IRSTI 86.33

REVIEW ARTICLE

RADIATION PROTECTION IN THE NUCLEAR MEDICINE CENTER FROM PET RADIONUCLIDE

N.S. Lutsenko¹ , D.S. Kim^{1,*} , R.E. Zhumagulova² ,
G.Z. Zharaspaeva² , K.M. Zhandildinova¹ 

¹Civil Aviation Academy, 050039, Almaty, Kazakhstan

²International Educational Corporation, 050028, Almaty, Kazakhstan

Abstract. *The purpose of this article is to present a methodology for determining sufficiency of the wall thickness to protect patients from the non-therapeutic effects of a medical source of ionizing radiation and calculating its increase in a way alternative to the use of the Monte Carlo method. The article is based on a case with a specific source of ¹⁸F activity of 4 Ci in a tungsten container with a wall thickness of 29.5 mm, which are used in the Center of Nuclear Medicine of the Republic of Kazakhstan. The objectives of the study are the following: calculation of the exposure dose rate from a radionuclide source of certain activity; calculation of the multiplicity of the dose attenuation rate to ensure human safety and establishing the necessary thickness of protection from the opted building material. The results of these calculations may differ depending on the method of direct and reverse recalculation of various radiation doses units, and therefore the conclusion suggests the most optimal of them in terms of physical efficiency, economic feasibility and regulatory performance. Operational dosimetry solves the problem of implementing the ALARA principle, problems of optimizing radiation safety are solved. Reducing the dose load on a person is achieved by reducing the operating time, increasing the distance to the radiation source and using a protective screen. The article describes the choice of protective material and its thickness for protection against radionuclide sources.*

Keywords: *exposure dose, absorbed dose, equivalent dose, effective dose, dose rate, attenuation rate, protective shield.*

***Corresponding author**

Dmitriy Kim, e-mail: dmitriy.kim@ukr.net

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-03>

Received 03 November 2023; Revised 13 November 2023; Accepted 20 November 2023

ЯДРОЛЫҚ МЕДИЦИНА ОРТАЛЫҒЫНДАҒЫ ПЭТ РАДИОНУКЛИД КӨЗІНЕН РАДИАЦИЯЛЫҚ ҚОРҒАНЫС

Н.С. Луценко¹ , Д.С. Ким^{1,*} , Р.Е. Жумагулова^{2,*} , Г.Ж. Жараспаева² ,
Қ.М. Жаңділдинова¹ 

² Азаматтық авиация академиясы, Алматы, 050039, Қазақстан,

¹ Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, 050028, Қазақстан

Аңдатпа. Бұл мақаланың мақсаты науқастарды иондаушы сәулеленудің медициналық көзінің терапиялық емес сәулеленуінен қорғау және Монте-Карлоға балама әдіс бойынша оның ұлғаюын есептеу үшін қабырға қалыңдығының жеткіліктілігін анықтау мәселесін шешуін ұсыну. Есептеу үшін бастапқы деректер ретінде Қазақстан Республикасының Ядролық медицина орталығында пайдаланылатын қорғаныш қабырғасының қалыңдығы 29,5 мм вольфрам контейнеріндегі белсенділігі 4 Ки болатын ¹⁸F радионуклидтік көзі қаралды. Зерттеудің міндеттері: белгілі белсенділіктің радионуклидті көзінен экспозициялық дозаның қуатын есептеу, адам қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін оның әлсіреу жиілігін есептеу және бұл үшін қажетті құрылыс материалынан қорғаныс қалыңдығын анықтау. Бұл есептеулердің нәтижелері сәулеленудің әртүрлі түрлерінің бірліктерін тікелей және кері санау әдісіне байланысты өзгеруі мүмкін, осыған байланысты қорытынды физикалық тиімділік, экономикалық орындылық және нормативтік-құқықтық орындау тұрғысынан олардың ең оңтайлысын ұсынады. Оперативті дозиметрияда негізінен радиациялық қауіпсіздікті оңтайландыру қағидатын іске асыру жөніндегі мәселелер шешіледі, ол нормалаумен және негіздеумен тығыз байланысты, сондай-ақ онда жұмыс уақытын азайту, радиоактивті материалға дейінгі қашықтықты ұлғайту және иондау ағынын әлсірететін қорғаныш экранды орнату есебінен иондаушы сәулелену көздерін пайдалану кезінде адамға түсетін дозалық жүктемені іс жүзінде қол жетерлік мәнге дейін азайту ұйғарылады. Операциялық дозиметрия ALARA принципін енгізу мәселесін шешеді және радиациялық қауіпсіздікті оңтайландыру мәселелерін шешеді. Адамға дозалық жүктемені азайту жұмыс уақытын қысқарту, сәулелену көзіне дейінгі қашықтықты ұлғайту және қорғаныс экранын пайдалану арқылы қол жеткізіледі. Мақалада радионуклидті көздерден қорғау үшін қорғаныс материалын таңдау және оның қалыңдығы сипатталған.

Түйін сөздер: экспозициялық доза, сіңірілген доза, эквивалентті доза, тиімді доза, доза қуаты, әлсіреу еселігі, қорғаныс экраны.

*Автор-корреспондент

Дмитрий Ким, e-mail: dmitriy.kim@ukr.net

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-03>

Алынды 03 қараша 2023; Қайта қаралды 13 қараша 2023; Қабылданды 20 қараша 2023

РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА ОТ РАДИОНУКЛИДНОГО ИСТОЧНИКА ПЭТ В ЦЕНТРЕ ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЫ

Н.С. Луценко¹ , Д.С. Ким^{1,*} , Р.Е. Жумагулова^{2,*} ,
Г.Ж. Жараспаева² , Қ.М. Жанділдинова¹ 

¹ Академия гражданской авиации, Алматы, 050039, Казахстан

² Международная образовательная корпорация, Алматы, 050028, Казахстан

Аннотация. Цель данной статьи заключается в представлении методики определения достаточности толщины стены для защиты пациентов от нетерапевтического облучения медицинским источником ионизирующего излучения и расчету ее увеличения по методу, альтернативному Монте-Карло. В качестве исходных данных для расчета рассмотрен радионуклидный источник ^{18}F с активностью 4 Ки в вольфрамовом контейнере с толщиной защитной стенки 29,5 мм, какие используются в Центре ядерной медицины Республики Казахстан. Задачами исследования являются: расчет мощности экспозиционной дозы от радионуклидного источника известной активности, вычисление кратности ее ослабления для обеспечения безопасности человека и установление необходимой для этого толщины защиты из выбранного строительного материала. Результаты данных вычислений могут варьироваться в зависимости от способа прямого и обратного пересчета единиц различных видов доз облучения, в связи с чем вывод предлагает наиболее оптимальный из них с точки зрения физической эффективности, экономической целесообразности и нормативно-правовой исполнимости. Оперативная дозиметрия решает задачу реализации принципа ALARA, решаются задачи оптимизации радиационной безопасности. Снижение дозовой нагрузки на человека достигается сокращением времени работы, увеличением расстояния до источника излучения и использованием защитного экрана. Статья описывает выбор защитного материала и его толщины для защиты от радионуклидных источников.

Ключевые слова: экспозиционная доза, поглощенная доза, эквивалентная доза, эффективная доза, мощность дозы, кратность ослабления, защитный экран.

* Автор-корреспондент

Дмитрий Ким, e-mail: dmitriy.kim@ukr.net

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-03>

Поступила 03 ноября 2023; Пересмотрено 13 ноября 2023; Принято 20 ноября 2023

1 INTRODUCTION

According to the Hygienic standards (Ĝiniat, 2022) and Sanitary and epidemiological requirements for ensuring radiation safety (Tsoy, 2020), the main criterion for the safety of systems used for storing and transporting ionizing radiation sources is not exceeding the radiation doses of personnel (20 mSv per 1700 hours for “A” group and 5 mSv per 2000 hours for “B” group) and the population (1 mSv per 8800 hours).

The multiplicity of attenuation of the dose rate of ionizing radiation generated by the radionuclide source contained in the package is ensured by implementing the ALARA principle by using the walls of the transport packaging set as a protective shield in 4π geometry. In accordance with the requirements of hygienic standards (Ĝiniat, 2022) and sanitary rules (Tsoy, 2020) on radiation safety, the acceptable equivalent dose rate when working with an ionizing radiation source, including its transportation in a container, to ensure uniformity of occupational exposure of personnel should not exceed 11.76 mSv/h under normal operating conditions or 117.65 mSv/h – in case of emergency (based on the dose of the planned increased exposure equal to 200 mSv (Ĝiniat, 2022)).

In the simplest case, the protective material and its thickness for shielding from ionizing radiation source is chosen taking into account the multiplicity of the half attenuation of the flow of photons and ionizing particles. There is a directly proportional relationship between the thickness of the protection and the density of the shielding material.

2 LITERATURE REVIEW

In the simplest case, the number of half-attenuation layers, depending on the required attenuation multiplicity, is determined by the formula:

$$k = 2^n, \quad (1)$$

where k is the required attenuation multiplicity, and n is the number of layers of half attenuation.

In order to avoid irrational calculation of n through the logarithm of k by the formula:

$$n = \frac{\ln k}{0,693}, \quad (2)$$

we can use approximate data from **Table 1**.

Table 1

Approximate relationship between the multiplicity (k) and the number of half-attenuation layers (n) [3]

k	2	4	8	16	32	64	125	250	500	1000
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

If it is required to attenuate the radiation intensity by 8000 times, i.e. $8000 = 2^n$, then k can be calculated by adding n layers necessary to provide 8- and 1000-fold attenuation:

$$n = 3 + 10 = 13. \quad (3)$$

To determine the effective thickness of protective shield when working with radionuclide source of specific activity, we need to use the formula:

$$P_x = \frac{\lambda \times A}{R^2}, \quad (4)$$

где P_X is the exposure dose rate (R/hr); λ – is the decay constant (for ^{18}F , $\lambda = 6.95 \frac{R \times \text{mCi}}{\text{hr} \times \text{cm}^2}$) (Melikhova, 2023); A is the activity of the source (mCi); R is the distance from the source (cm).

By calculating the equivalent dose rate (P_H) or measuring its value using a dosimeter, it is possible to calculate the attenuation multiplicity, which would allow to select the thickness of shield according to the reference book (Melikhova, 2023).

The frequency of attenuation of ionizing radiation is calculated as the ratio of the effective dose rate from a certain source to the permissible annual dose rate limit set for “A” group personnel:

$$k = \frac{P_E}{P_{per}}, \quad (5)$$

where k is the multiplicity of attenuation of ionizing radiation, P_E is the effective dose rate from the source of ionizing radiation, P_{per} is the permissible dose rate for the personnel of group A, B or the population, depending on the category of protected persons. P_{add} for the personnel of “A” group is 11.76 mSv/h, for the personnel of “B” group it is 2.5 mSv/h, and for the population – 0.11 mSv/h.

It is known that the activity of the produced source with the isotope ^{18}F is 4 curies ($A = 4,000$ mCi). This means that the exposure dose rate from an unprotected source at a distance of 1 meter ($R = 100$ cm) would be:

$$P_X = \frac{6.95 \times 4,000}{100^2} = 2.78 \text{ R/hr}. \quad (6)$$

To further determine the multiplicity of attenuation of the effective dose rate, it is necessary to carry out a number of transformations that cannot be limited by the assumption that 1 Sievert is equal to 100 roentgens ($1 \text{ Sv} \neq 100 \text{ R}$). If the exposure dose rate (P_X) from ^{18}F source out of protective container, measured at a distance of 1 meter (100 cm) or calculated by formula (4), is 2.78 R/hr, then it should be taken into account that in the conditions of electronic equilibrium, when the total energies of electrons leaving and entering a certain volume are equal, the following correlation is established between the units of measurement of the exposure and absorbed dose in the air:

$$1\text{R} = 0.0087\text{Gy}, \quad (7)$$

i.e., the exposure dose of 1 R corresponds to the absorbed dose in the air equal to 0.87 rad, however, this value differs from the dose that a person would receive if exposed to radiation in the same field. The dose in the air is caused mainly by the presence of nitrogen, carbon and oxygen, whereas biological tissue contains hydrogen (10.1% by weight), characterized by twice the absorption capacity compared to other elements, therefore, the biological tissue exposure dose of 1 R corresponds to the absorbed dose equal to 0.0095 Gy.

Since for X-ray, beta and gamma-radiation, the equivalent dose is equal to the absorbed one, then 1 R/hr can be taken equal to 0.0095 Sv/hr, and the equivalent dose rate (P_H) from the considered source ^{18}F at a distance of 1 m would be:

$$P_H = 2.78 \times 0.0095 = 26.41 \text{ mSv/hr} \quad (8)$$

The effective dose rate (P_E) of external irradiation is calculated by the formula:

$$P_E = P_H \times K_T, \quad (9)$$

where K_T is the coefficient of transition from an equivalent dose to an effective one, which is equal to:

1. 0.642 – due to the division of 0.7 by 1.09. The UN Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation recommended to calculate the effective dose from all radionuclides in the environment on the base of the absorbed dose in the air by using a conversion factor of 0.7 (Atmanyuk et al., 2023) to account for radiation shielding by various organs and tissues and its backscattering, and indicated more accurate coefficients for converting the absorbed dose in the air into an effective dose for ionizing particles and photons of various energies. When measuring the absorbed dose with air equivalent dosimeters, it is required to translate the measured results into units of equivalent dose in biological tissue, which requires knowledge of the ionizing radiation spectrum. In the absence of data on the spectrum and small differences in the dose rate from the background, the transition coefficient from the absorbed dose in the air to the equivalent dose in the tissue can be assumed to be equal to 1.09 as a result of the ratio of the equivalent of an off-system unit of the exposure dose (1 R) in biological tissue (0.0095 Gy) to a similar indicator in the air (0.0087 Gy);

2. 1.903 is the maximum value of the conversion coefficient of the air KERMA into an equivalent dose ($H_p(6)/K$) in a plate phantom according to Table III.1a (IAEA Safety Standards, 2015);

3. 1 – according to the definition of the effective dose in the sanitary rules (Tsoy, 2020), since the sum of the weighting coefficients taking into account the radiosensitivity of various organs and tissues is equal to 1.

In the first case, the exposure dose rate of 2.78 R/hr would be equal to the effective dose rate of 16.96 mSv/hr, in the second case – 50.26 mSv/hr, in the third case – 26.41 mSv/hr.

The necessary multiplicities of attenuation of these dose rates, calculated according to formula (5) for various categories of protected persons, would be respectively:

- for “A” group personnel – 1,442; 4,274 and 2,246;
- for “B” group personnel – 6,784; 20,104 and 10,564;
- for the population – 154,182; 456,909 and 240,091.

If we use the classical definition of the effective dose from the sanitary rules (Tsoy, 2020) as the result of multiplying the equivalent dose by the sum of the weighting coefficients of the radiosensitivity of organs and tissues of the whole organism, equal to 1, and also take into account the margin factor in the design of biological protection equal to 2, then according to the principle of hyperprophylaxis of potential radiation hazard, the calculation of the effectiveness of protecting personnel and population from the source ^{18}F of 4 Ci activity in a tungsten container with a wall thickness of 29.5 mm should be based on the following data:

– the effective dose rate (P_E) at a distance of 1 m from an unprotected source ^{18}F of 4 Ci activity is 50.26 mSv/hr;

– the multiplicity of attenuation (k) of the effective dose rate from an unprotected source ^{18}F of 4 Ci activity is equal to 4,274 – for “A” group personnel; 20,104 – for “B” group personnel and 456,909 – for the population.

At first glance, the validity of the chosen calculation option is not confirmed by the dose equivalents that had being measured for over 2 hours by means of the Harshaw 6600 Lite individual dosimeters at various distances from ^{18}F source with an activity of 4 Ci (Table 2).

Multiplication of the measured dose rate of 19.7 mSv/h by the maximum value of the conversion coefficient of the air kerma into an equivalent dose of 1.903 equals to 37.49 mSv/h, which is 25% less than the conservative calculated value of 50.26 mSv/h. This is due to the fact that the measurements were carried out by the Harshaw 6600 Lite instrument manufactured in the USA, where a different approach to determine the individual equivalent of the whole body radiation dose $H_p(10)$ is used. According to the domestic standard, the entire ionization energy is converted into

$H_p(10)$, whereas the American colleagues attribute the Compton scattering energy of the charged particles entering the limit of annual irradiation to the dose on the skin $H_p(0.07)$ (Kim et al., 2019).

Table 2

2-hour individual dose equivalents by exposure to ^{18}F radionuclide source with an activity of 4 Ci [author's material]

N/a	Distance from the source R, m	Individual dose equivalent, mSv	Dose rate, mSv/hr.
1.	0.1	3.8×10^3	1.9×10^3
2.	0.5	1.5×10^2	75
3.	1	39.4	19.7
4.	5	1.6	0.8
5.	10	0.38	0.19

Considering that in order to determine the thickness of the protection in absolute terms by applying the data in Table 1, it is necessary to know the thickness of the layer of the deep attenuation of the absorbed dose rate of brake-, X-ray, gamma- and beta-radiation, which is 0.3 cm (30 mm) (Dreyzin et al., 2022) for tungsten with a density of 19.25 g/cm^3 . In this case, the tungsten protection thickness of 5, 6 and 8 cm, respectively, is required to protect the personnel of groups “A”, “B” and the population at 1 m from the source ^{18}F of 4 Ci activity during the full working day. However, this is a very rough approximation, since these results were obtained using the express method of choosing a protective material and its thickness, applicable only in an emergency situation.

Knowing the decay energy of ^{18}F radionuclide ($E = 0.25 \text{ MeV}$) and the necessary multiplicity of attenuation of the created dose rate, it is easy to find the thickness of the tungsten wall, which would be:

- 3.6 cm – to protect “A” group personnel at 1 m from the source ^{18}F of 4 Ci activity during a full working day;
- 4.2 cm – to protect “B” group personnel at 1 m from the source ^{18}F of 4 Ci activity during a full working day;
- 5.5 cm – to protect the population at 1 m from the source ^{18}F of 4 Ci activity during a full working day.

3 MATERIALS AND METHODS

Today, the cornerstone in calculating the thickness of shielding against ionizing radiation is the determination of the effective dose, which characterizes the value of the risk of the long-term effects of radiation exposure overall human body and its individual organs and tissues, taking into account their radiosensitivity. The rule of calculation of the individual dose equivalent in the whole body to the effective dose is of the fundamental importance, since the concept of effective dose was introduced to assess the risk of stochastic effects of irregular irradiation of the whole body, and its values are now normalized values of radiation exposure on the human body, established by international and national standards. Calculation of effective dose according to the formula proposed by the sanitary rules (Tsoy, 2020) is rather complicated task due to the lack of information about the equivalent dose in organs, therefore, in practical work, there is used an approximate method based on the additivity of the effective dose determined by the formula (5).

Radiation safety hygienic standards (Ĝiniat, 2022), along with the main dose limits, also indicate dose coefficients in terms of effective or equivalent dose per unit of external radiation flux or 1 Bq of radionuclide in the body through the respiratory organs or food tract for the most critical age group and the most toxic chemical form of the radionuclide. Thus, if we include the multiplications of magnitudes of each monofactor effect on its dose ratio, then in sum, we obtain a value equal to or greater than the actual effective dose received. This method became the basis of the methodology for determining the maximum effective dose (Kudryashev & Kim, 2019).

4 RESULTS AND DISCUSSION

Thus, the thickness of the tungsten protection of 29.5 mm is quite sufficient to ensure an acceptable level of radiation safety of “A” group personnel, especially if we take into account the short half-life of ^{18}F ($T_{1/2} = 109.77$ min) and the exponential decrease in the dose load from one source per person over time.

If we assume that a tungsten container (wall thickness of 29.5 mm) with the source ^{18}F of 4 Ci activity is near an external wall or concrete partition adjacent to a permanent residence of population, in which the equivalent dose rate should not exceed 0.03 mSv/hr according to the sanitary rules (Tsoy, 2020), then it is necessary to assess the sufficiency of the concrete thickness of 20 cm according to the project of the Center of Nuclear Medicine.

Calculated according to equations (6) and (8), the equivalent dose rate from the source ^{18}F of 4 Ci activity is 26.41 mSv/hr. If the wall of the tungsten container with a thickness of 29.5 mm, corresponding to the thickness of the polymer attenuation layer (30 mm), reduces the initial dose rate by half, i.e. up to 13.2 mSv/hr, then the additional attenuation multiplicity must be calculated by the formula (5):

$$k = \frac{13.2 \times 10^3 \mu\text{Sv/hr}}{0.03 \mu\text{Sv/hr}} = 0.44 \times 10^6 \quad (10)$$

Knowing the decay energy of ^{18}F radionuclide ($E = 0.25$ MeV) and the necessary multiplicity of attenuation of the created dose rate, we find that the required thickness of concrete protection is 70 cm (according to the reference book (Melikhova, 2023)).

5 CONCLUSIONS

Thus, in order to comply with the requirements by maintaining the equivalent dose rate in a room for population at the level of 0.03 mSv/hr, it is necessary to increase the thickness of adjacent concrete walls and partitions up to 70 cm, if a tungsten container with ^{18}F source of 4 Ci activity stays near it. Depending on the method of determining the effective dose rate, its value varies by 3 times, which will certainly affect the magnitude of the attenuation ratio and, therefore, the shielding thickness, which would be either insufficient or unnecessarily expensive. In the first case, it is possible, guided by the principle of hyper-prevention of danger, to take advantage of the equality of effective and equivalent dose rate established by the sanitary rules. The choice of K_T equal to 0.642 would make it possible to heighten accuracy of calculation of the effective dose of internal irradiation, since the above coefficient takes into account the screening of radiation by various organs and tissues and its backscattering as well. In the second case, when the effective dose rate in corroboration with the requirements of the IAEA should be almost twice the equivalent, it is also reflected in Kazakhstan's sanitary rules, according to which the permissible equivalent dose rate in premises of permanent being of A group personnel is 6 $\mu\text{Sv/hr}$, which is on average 1.9 times less than the quotient of the ratio of the annual limit of the effective dose (20 mSv) to the shortened working time (1,700 hr). The application of the third method, which implies the equality of the effective and equivalent dose modules, is convenient in assessing the external effects of multifactorial chronic exposure through instrumental IDC.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCE OF FUNDING

The study was conducted using private sources of funding.

REFERENCES

1. On the approval of hygienic standards for ensuring radiation safety. [Radiatsiialyq qauıpsızdıktı qamtamasyz etuge qoiylatyn gıgienalyq normativterdı bekitu turaly]. (2022, August 2). Adilet. Retrieved November 15, 2023. Retrieved from: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V2200029012> (in Kaz.).
2. On the approval of sanitary and epidemiological requirements for ensuring radiation safety. [Radiatsiialyq qauıpsızdıktı qamtamasyz etuge qoiylatyn sanitariyalyq-epidemiologiyalyq talaptar]. (2020, December 15). Adilet. Retrieved November 15, 2023. Retrieved from: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V2000021822> (In Kaz.).
3. **Melikhova, E. M.** (2023). MKRZ gotovit ocherednyu reviziyu sistemy radiatsionnoy zashchity. Scientific journal "Issues of radiation safety", 1(109). [Ozersk: FSUE PO "Mayak", pp. 3-8]. Retrieved from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50417845&ysclid=lox7n06nb700120112> (In Rus.).
4. **Atamanyuk, N. I., Pryakhin, E. A., Styazkina, E. V., Obvyntseva, N. A., Tryapytsyna, G. A., Peretykin, A. A., Andreev, S. S., Aldybekova, A. E., & Akleev, A. V.** (2023). Evaluation of the Personalized Response of Hemopoietic Stem Cells to Gamma Irradiation Using Humanized Mice. Medicine of extreme situations. [Eksperimental'naya model' dlya otsenki personifitsirovannoy reatsii GSK cheloveka na ioniziruyushee izlucheniye IN VIVO. Medicina jekstremal'nyh situacij], 25(1), 44-50. Retrieved from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=blsmdm&ysclid=loxbb15ofa187587218> (In Rus.).
5. **IAEA Safety Standards** (2015). General Safety Requirements «Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards», GSR Part 3. Retrieved from: <https://regelwerk.grs.de/sites/default/files/cc/dokumente/GSR%20Part%203.pdf>
6. **Kim, D. S., Murayama, K., Nurtazin, Y., Koguchi, Y., Kenzhin, Y., & Kawamura, H.** (2019). Intercomparison exercise at Harshaw 6600, DVG-02TM, and D-shuttle dosimeters for the individual monitoring of Ionizing Radiation. *Journal of Radiation Protection and Research*, 44(2), 79-88. <https://doi.org/10.14407/jrpr.2019.44.2.79>.
7. **Dreizin, V. E., Logvinov, D. I., Grimov, A. A., & Kuzmenko, A. P.** (2022). Study and suppression of the sensitivity of neutron scintillation detectors to gamma radiation. ANRI [Issledovanie i podavlenie chuvstvitel'nosti nejtronnyh scintilljacionnyh detektorov k gamma-izlucheniju. ANRI], 4(111), 22-32. Retrieved from: <https://anry.pro/files/636e237c14d9b.pdf?ysclid=loxblp67mq204700312> (In Rus.).
8. **Kudryashev, V. A., & Kim, D. S.** (2019). Determination of the total effective dose of external and internal exposure by different ionizing radiation sources. *Radiation Protection Dosimetry*, 187(1), 129-137. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncz170>

UDC 72.01:72.04
IRSTI 67.07.11
REVIEW ARTICLE

FEATURES OF THE EVOLUTION OF REGIONAL CAPITALS IN THE USA'S AND THE KAZAKHSTAN'S ARCHITECTURE

O.N. Priemets^{1,*} , K.I. Samoilov² , B.U. Kuspangaliyev² 

¹International Educational Corporation, 050028, Almaty, Kazakhstan

²T.K. Basenov Institute of Architecture and Construction, Satbayev University,
050000, Almaty, Kazakhstan

Abstract. *The article deals with the interpretation of regional specifics in architectural and artistic forms. Special attention is paid to the order compositions. It is shown how the images of plants characteristic of the region were reflected in the capitals of the columns of various buildings from ancient times to the present day. The originality of approaches to this problem is emphasized on examples from the architecture of the USA and the Kazakhstan. Examples of the use of regional themes in the architecture of the USA and Kazakhstan show a significant difference. The architecture of the United States since the 18th century, on the one hand, is a struggle for the independence of territories from the colonial claims of England, France and Spain, with a corresponding cultural and ideological opposition to European traditions. On the other hand, it is a literal reproduction of European architectural styles from the Middle Ages. In Kazakhstan, the emphasis on regional features of architecture is indeed constant. Special attention is paid to the interpretation of the motifs of the national ornament. The beginning of the 20th century led to the emergence of a special trend of the national neoclassical style, which also spread and evolved into a post-modern interpretation.*

Keywords: *the regionalism in architecture, architectural orders, motifs of architectural ornament, an architectural interpretation, semantics of architectural form, the USA's architecture, the Kazakhstan's architecture.*

***Corresponding author**

Oksana Priemets, e-mail: oksana.priemets@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-04>

Received 01 November 2023; Revised 10 November 2023; Accepted 24 November 2023

ӨОЖ 72.01:72.04
ҒТАМР 67.07.11
ШОЛУ МАҚАЛАСЫ

АҚШ ПЕН ҚАЗАҚСТАН СӘУЛЕТ БАҒАНДАРДЫҢ ӨҢІРЛІК ШЫҒДАРДЫҢ ДАМУЫ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

О.Н. Приемец^{1,*} , К.И. Самойлов² , Б.У. Куспанғалиев² 

¹ Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, 050028, Қазақстан

² Сәулет және құрылыс институты. Т.К.Басенова, Satbayev University, Алматы, 050000 Қазақстан

Аңдатпа. Мақала сәулеттік және көркемдік формаларындағы аймақтық ерекшеліктерді түсіндіруге арналған. Тапсырыс композицияларына ерекше назар аударылады. Аймаққа тән өсімдіктердің суреттері ежелгі дәуірден бүгінгі күнге дейін әртүрлі ғимараттардың бағаналы астаналарында қалай көрінетіні көрсетілген. Бұл мәселеге көзқарастардың өзіндік ерекшелігі АҚШ пен Қазақстан сәулетінің мысалдарында көрсетілген. АҚШ пен Қазақстан сәулетінде өңірлік тақырыптарды пайдалану мысалдары айтарлықтай айырмашылықты көрсетеді. 18 ғасырдан бастап Америка Құрама Штаттарының сәулеті, бір жағынан, Еуропалық дәстүрлерге сәйкес мәдени және идеологиялық қарама-қайшылықпен Англия, Франция және Испанияның отаршылдық талаптарынан территориялардың тәуелсіздігі үшін күресті білдіреді. Екінші жағынан, бұл орта ғасырлардағы еуропалық сәулеттік стильдердің сөзбе-сөз қайталануы. Қазақстанда архитектураның өңірлік ерекшеліктеріне баса назар аудару шынымен де тұрақты. Ұлттық ою-өрнектің түрткілерін түсіндіруге ерекше назар аударылады. 20 ғасырдың басында ұлттық неоклассикалық стильдің ерекше бағыты пайда болды, ол сонымен бірге постмодерндік интерпретацияға тарады және дамыды.

Түйін сөздер: сәулет өнеріндегі регионализм, сәулеттік ордерлер, сәулеттік ою-өрнек түрткілері, сәулеттік интерпретация, сәулеттік нысандағы семантика, АҚШ сәулеті, Қазақстан сәулеті.

*Автор-корреспондент

Оксана Приемец, e-mail: oksana.priemets@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-04>

Алынды 01 қараша 2023; Қайта қаралды 10 қараша 2023; Қабылданды 24 қараша 2023

УДК 72.01:72.04
МРНТИ 67.07.11
ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ КАПИТЕЛЕЙ В АРХИТЕКТУРЕ США И КАЗАХСТАНА

О.Н. Приемец^{1,*} , К.И. Самойлов² , Б.У. Куспангалиев² 

¹Международная образовательная корпорация, Алматы, 050028, Казахстан

²Институт архитектуры и строительства им. Т.К.Басенова, Satbayev University, 050000, Алматы, Казахстан

Аннотация. *Статья посвящена интерпретации региональной специфики в архитектурно-художественных формах. Особое внимание уделяется композициям заказа. Показано, как изображения растений, характерных для региона, отражались в капителях колонн различных зданий с древнейших времён до наших дней. Оригинальность подходов к этой проблеме подчёркивается на примерах из архитектуры США и Казахстана. Примеры использования региональных тем в архитектуре США и Казахстана показывают существенную разницу. Архитектура Соединённых Штатов с 18 века, с одной стороны, представляет собой борьбу за независимость территорий от колониальных притязаний Англии, Франции и Испании с соответствующим культурным и идеологическим противостоянием европейским традициям. С другой стороны, это – буквальное воспроизведение европейских архитектурных стилей Средневековья. В Казахстане акцент на региональных особенностях архитектуры действительно постоянен. Особое внимание уделяется интерпретации мотивов национального орнамента. Начало 20-го века привело к появлению особого направления национального неоклассического стиля, которое также распространилось и эволюционировало в постмодернистскую интерпретацию.*

Ключевые слова: *регионализм в архитектуре, архитектурные ордера, мотивы архитектурного орнамента, архитектурная интерпретация, семантика архитектурной формы, архитектура США, архитектура Казахстана.*

***Автор-корреспондент**

Оксана Приемец, e-mail: oksana.priemets@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-04>

Поступила 01 ноября 2023; Пересмотрено 10 ноября 2023; Принято 24 ноября 2023

1 INTRODUCTION

The regional conditionality of shaping in architecture is its natural feature. The combination of local natural and climatic conditions with the achieved level of technology development and available building materials determines the features of basic shaping. The architectural and artistic detailing of the forms is the result of the interpretation of the cultural and ideological orientations of the local community. In each period of evolution, this generates peculiar forms that demonstrate, in addition to regional, historical concreteness. The forms that have occurred as a result of such a synthesis, for ideological, but more often for utilitarian reasons, are spreading in other regions and in other socio-cultural conditions. The most striking example is the classic order compositions that have gained global distribution. The peculiarity of the spread of this phenomenon is reflected, in particular, in the studies of [Yaralov \(1971\)](#). an analysis of the extensive practice of construction in various regions has led to the conclusion that there is a commonality of architectural and artistic shaping as a synthesis of national and international motifs. [Ikonnikov \(1993\)](#) - the study of the concept of historicism, which is constantly manifested in the architecture of various countries, allowed us to conclude that the architectural process is cyclical both in individual countries and at the global level, the role of the European architectural order in the processes of global architectural shaping is comprehended. [Khan-Magomedov \(1994\)](#) based on the critical analysis, the originality of the constant appearances and disappearances of the classical architectural order in various creative concepts is shown), [Khamedov \(2010\)](#) using the example of the analysis of a particular city, the variety of interpretations of the neoclassical architectural order idea is shown, which, despite the regional specifics, corresponds to similar processes in other countries. It is significant that, while preserving the similarity of architectural and plastic solutions, these forms have been reproduced in wooden, brick, stone and metal structures for many centuries. At the same time, the artistic interpretation varies in simplified, classical or fantasy versions. The interesting thing here is that the trans-regional art form becomes part of the regional form every time. This phenomenon is constantly being studied and remains relevant. Of particular interest is the process of formation of national architecture. It is significant that in a number of countries, national architectural features are formed on the basis of classical architectural heritage. Despite all the differences in the development of the United States of America and Kazakhstan, the formation of the national architecture of these countries has a number of common features. This is considered using the example of order compositions.

2 LITERATURE REVIEW

Various aspects of this problem are a constant topic of research by various authors – [Botz-Bornstein \(2017\)](#) the regionalism of specific architectural phenomena is presented as part of a general cultural phenomenon that determines the formation of transcultural architectural phenomena, [Canizaro \(2007\)](#) the specifics of architectural regionalism are presented as a synthesis of traditional local customs, features of socio-cultural self-identification, which are transformed under the influence of modern cultural processes. [Giamarellos \(2022\)](#) in the architectural context, the coexistence of trends of regionalism based on local traditions and transcultural postmodernism is analyzed; moreover, critical regionalism, in fact, is itself part of postmodernism, opposed to the universalism of modernism, [Hidayatun, Prijotomo, and Rachmawati \(2012\)](#) based on a number of examples, differences in the understanding and interpretation of regionalism are demonstrated either as a natural socio-cultural reaction to the universalism of modern culture, or as a dead-end retro-manifestation with no creative prospects. [Lefaivre, Tzonis \(2020\)](#) the analysis of a number of interesting architectural examples and creative concepts allowed us to draw a number of original conclusions about the specifics of the influence of cultural globalization on architectural regionalism, which in its modern form, in fact, is a product of globalization. [Vongkulbhisal \(2017\)](#) the difference in understanding the specifics of regionalism in various cultural communities is demonstrated,

which determines some opposition between the desire to organically integrate into the world architectural process, on the one hand, and the tendency to preserve the architectural and artistic process in order to preserve cultural phenomena, on the other hand. [Samoilov, Kuspangaliyev and Sadvakasova \(2022\)](#) considers the half-century transformation of the concept of postmodernism, which led to the dominance of multi-thematic metaphorism based on both global and narrowly regional cultural phenomena. These are the most important studies in the context of the problem under consideration.

The Kazakh specifics of this problem are considered from various sides in the studies of such authors as [Abdrasilova and Aukhadiyeva \(2021\)](#) the formation of the phenomenon of regional architecture of Kazakhstan in the context of urban development in various parts of the country is analyzed. The ornamental design of the medieval mausoleum in the south of Kazakhstan is presented as the basis for the formation of cultural identity and regional specifics of the country's architecture. [Kuspangaliyev, Samoilov, Sadvakasova \(2022\)](#) the analysis of the degree of prevalence of various ornamental motifs in Kazakh architecture of the end of the last century and the beginning of this century has revealed interesting patterns of the use of architectural ornament in the regional aspect. Using examples of the development of architecture in individual regions, the process of formation of a regional architectural form as a synthesis of external and internal factors is formalized. Analysis of the centuries-old development of architecture in Kazakhstan, which became part of the world architectural process in the middle of the last century, revealed the specifics of this phenomenon. An interesting aspect of regional architectural and artistic shaping is the shape of the capitals of columns, which in Kazakhstan are represented by a number of peculiar varieties.

3 MATERIALS AND METHODS

The sequence of the problem research is based on the general scientific method of collecting factual material, subsequent analysis and generalization. In the context of this method, the following are applied: an integral-differential approach, which allows dividing the data array according to the principle of similarity of elements characteristic of each period, combining them into directions of formation reflecting the specifics of one or more stages; a formal approach that allows tracing the development of various stylistic directions; a structural-semiotic approach that allows modeling the further development of the topic.

A special place in the conducted research is occupied by the semantic approach, which allows considering the difference of semantic content on the basis of similarity of form.

Since ancient times, the column has often been interpreted as a plant personifying fertility, which was part of a mythologized worldview (the architectural interpretation of the world tree in temple architecture is emphasized by [Gudimova \(2019\)](#)). Accordingly, its details, with varying degrees of abstraction, were given the appearance of a specific plant, usually characteristic of a given region.

The columns of Egypt were the most diverse in the architecture of Antiquity. Columns representing the palm tree characteristic of the vegetation of the region were presented in numerous versions – a typical example of the column in the Sahure pyramid temple ([Abu Sir complex, 2450 BC](#)). A great variety is demonstrated by columns with forms of lotus and papyrus also common in the region. Interestingly, there were both individual colonnades with lotus-prominent or papyrus-prominent columns, and combination solutions – for example, the colonnade in the Khnum temple ([Esna, 45 BC](#)). Moreover, in some cases, lotus-shaped columns had capitals both in the form of a bud and in the form of a flower. At the same time, the trunk of the column was either abstracted to a round column in cross-section, or imitated a bundle of stems.

In ancient Greece, the cult of the Tree was personified by a column of the Corinthian order. In detailing the capitals, one or more rows of leaves of acanthus widely distributed in the region were used – a typical example is the Agrippa's Odeon ([Athens – 15 BC](#)). In the early periods, this

column itself was the main semantic part of the altar. In later periods, the Corinthian column began to be used in colonnades and pilasters. A type of Corinthian capital, which includes, in addition to acanthus leaves and the leaves of palm trees also found in the region, is the capital in the Tower of Winds ([Athens – Andronicus of Cyrrhus, 50 BC](#)).

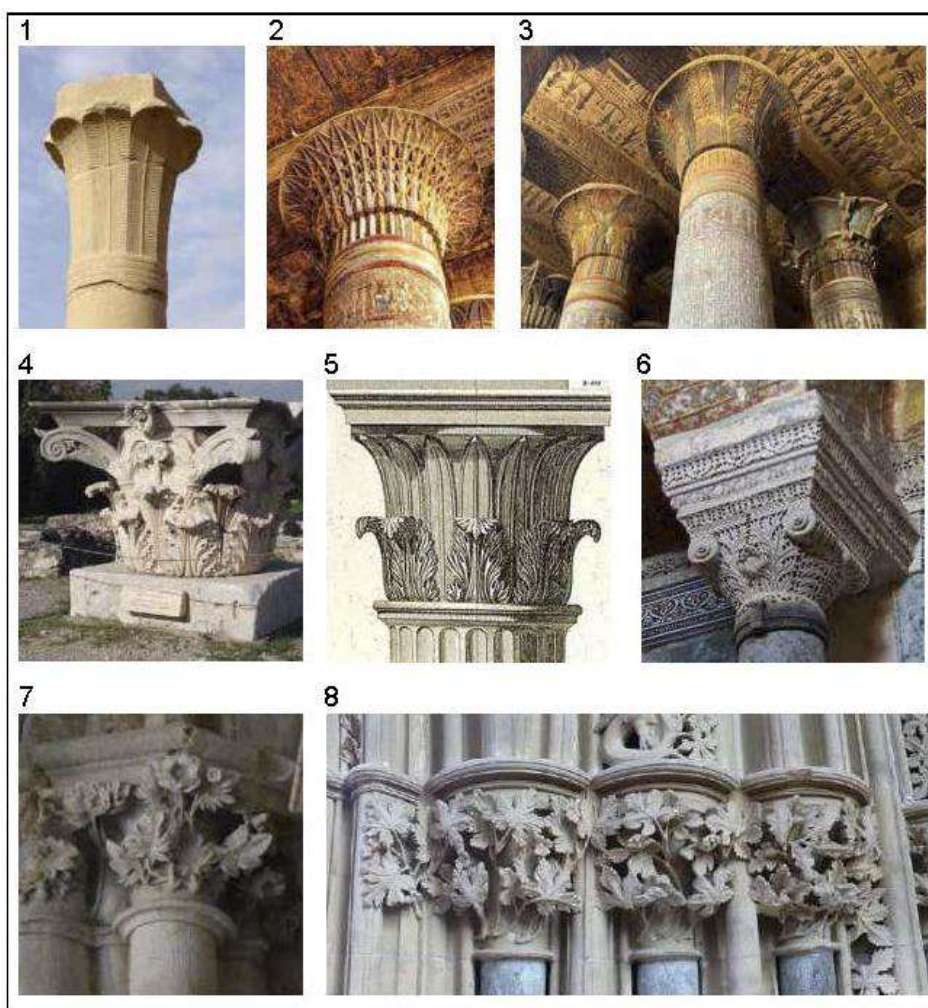


Figure 1 – Regional capitals in the architecture of Egypt, Greece, Kingdom of the Romans, France, England: 1 – The Capital with palm leaves (the Sahure pyramid temple, Abu Sir, Egypt – 2450 BC) [21]; 2, 3 – Capitals with lotus leaves and papyrus (the Khnum temple, Esna, Egypt – 45 BC) [22; 23]; 4 – The Capital with acanthus leaves (the Agrippa’s Odeon, Athens – 15 BC) [24]; 5 – Capital with palm and acanthus leaves (the Tower of Winds, Athens, Greece – Andronicus of Cyrrhus, 50 BC) [25]; 6 – The Capital with thistle leaves (the Church of the Holy Wisdom / the Hagia Sophia Mosque, Constantinople, the Kingdom of the Romans – Isidore of Miletus and Anthemius of Tralles, 537) [26]; 7 – The Capital with peony leaves and flowers (the St.Stephen’s Cathedral, Toul, France – 13th century) [27]; 8 – Capitals with leaves and fruits of oak, maple, hawthorn, hops and ivy (the Chapter House of Southwell Minster, England – 1288) [28].

The forms of Greek (by origin) architectural orders were canonized and became widespread in the Roman era. Specifically, regional forms have become trans-regional. At the same time, the regional conditionality of the plant forms used has ceased to matter. Almost the same set of architectural forms was used throughout the State – from the Northern Britain to the Babylon, from the Caucasus to the West Africa.

Later, in the Kingdom of the Romans (Byzantium), the monotheism of the worldview rejected the Greco-Roman architectural and artistic forms as pagan. The detailing has changed accordingly. For example, in capitals of the Church of the Holy Wisdom / now the Hagia Sophia Mosque (Con-

stantinople – Isidore of Miletus and Anthemius of Tralles, 537) the image of a massively occurring thistle is used.

In Medieval France and England, capitals with plants characteristic of the territories of these countries became widespread. So there were capitals in the form of bouquets of peony (the St. Stephen's Cathedral, Toul – 13th century) or combinations of stems, leaves and fruits of oak, maple, hawthorn, hops and ivy ([the Chapter House of Southwell Minster – 1288](#)). These examples are shown in Figure 1.

The ideological transformations of the Renaissance brought back the Greco-Roman orders to the mass architectural and artistic formation of Europe, ceasing to consider them as the personification of pagan cults. Accordingly, the use of regional plant species in the architectural and artistic solution of capitals has significantly decreased. The Palladian concept of order architecture gradually developed into the widespread style of the Classicism and subsequently the Neoclassicism.

4 RESULTS AND DISCUSSION

The era of Great Geographical Discoveries led to the spread of European architectural and artistic specifics of shaping, including in North America. Paradoxically, these forms of European origin turned out to be so attractive and consistent with the revolutionary spirit of the North American states that they essentially became the basis of the architecture of the United States that overcame colonial dependence on European powers.

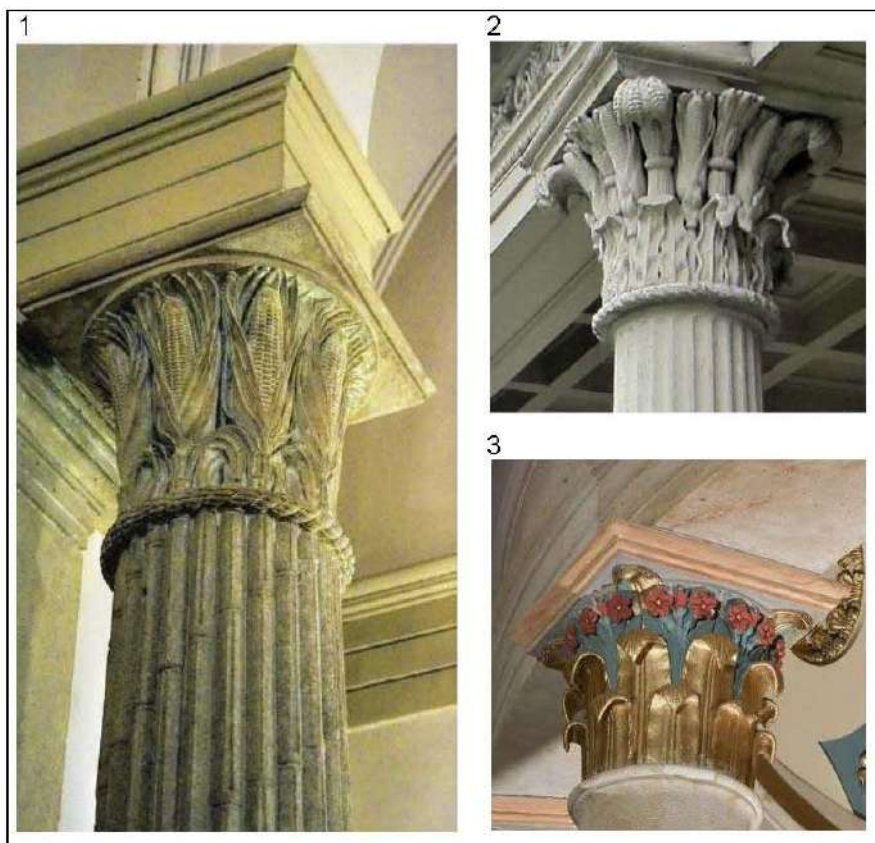


Figure 2 – Regional capitals in the USA’s architecture: 1 – The Corn Cob capital and bundled corn stalk columns, the Senate Vestibule, the Capitol Building, Washington, DC – B.H.Latrobe, G.Franzoni, 1810 [29]; 2 – The Corn capital, the Litchfield Villa, Prospect Park, Brooklyn, New York City, NY – A.J. Davis, 1857 [30]; 3 – The Colonnade in the Small Rotunda, the Capitol Building, Washington, DC – B.H.Latrobe, 1817 [31].

The “Federal Style” based on Palladianism appeared and spread massively. As stated in the resolution of the 111th US [Congress](#) (No. 259, dated December 5, 2010) “Thomas Jefferson called

Palladio's "The Four Books of Architecture" the "Bible" for architectural practice, and employed Palladio's principles in establishing lasting standards for public architecture in the United States". It is significant that even in the current century, a number of federal buildings (especially Courts) are being built in Palladian ("Federal") a style that is still positively perceived in the public consciousness. However, the desire to emphasize regional specifics was also manifested in the context of neo-Palladian American architecture. Examples of such solutions are few, but very revealing. For example, corn-shaped columns are used in the lobby of the Senate (the Capitol Building, Washington, DC – B.H.Latrobe, G.Franzoni, 1810). The shape of these columns goes back to the ancient Egyptian lotus-shaped columns, which depicted bundles of lotuses with stems in the zone of the trunk of the column and buds in the zone of the capital. In the columns of the Senate lobby, the trunk imitates corn stalks, and the capital is corn cobs, personifying a plant characteristic of the region. In the Small Rotunda, in capitals resembling the Corinthian order in shape, the image of the leaves and flowers of another regional plant – tobacco – is used (the Colonnade in the Small Rotunda, the Capitol Building, Washington, DC – B.H.Latrobe, 1817). Flowers and ears of corn are accentuated in the capitals of the colonnade in the Litchfield Villa (Prospect Park, Brooklyn, New York City, NY – A.J.Davis, 1857). These examples are shown in Figure 2.



Figure 3 – Regional capitals with plant and zoomorphic themes in the Kazakhstan's architecture: 1 – the Aisha-Bibi Mausoleum, Zhambul region – 11th-12th centuries; 2 – the "KazPIVO" Trust Building, Almaty – V.Tverdohlebov, 1935; 3 – the Opera and Ballet Theater named after Abai, Almaty – N.Prostakov, N.Kruglov, P.Polivanov, V.Bychkov, A.Shchusev, 1941; 4 – the Residential house / "House of Scientists", Almaty – G.Bobovich, 1950; 5 – the Women's Pedagogical Institute, Almaty – V.Biryukov, V.Brandt, M.Mendikulov, M.Kudryavtsev, 1952; 6 – the Agricultural Institute, Almaty – V.Biryukov, 1951; 7 – the Secondary school named after M.Mametova, Almaty – V.Kosov, 1946; 8 – the Portal colonnade of the First President of Kazakhstan Park, Almaty – A.Korzhenpo, N.Ezau, 2004; 9 – The "Zhastar Mag" residential complex, Almaty, 2010.

However, despite the ideological orientation that emphasizes cultural identity, the emphasis on regional features in the architecture of the United States has not been widespread. And these cap-

itals, which literally illustrate regional specifics and aroused great interest at the beginning of the 19th century, remain unique examples to this day.

Unlike the previously considered examples of North American architecture, in the architecture of Kazakhstan, the regional specificity of capitals is manifested mainly in the use of plant and zoomorphic ornaments rather than specific regional plants. Thus, one of the most ancient capitals with floral ornaments is represented in columns of the Aisha-Bibi mausoleum (Aisha-Bibi village, Zhambyl region – 11th-12th centuries). The very shape of the capital resembles a blooming tulip.

In the 20th century, special attention was paid to the development of architectural ornament and it was often used. This is reflected in numerous interpretations of ornamental motifs. The regional interpretation of the theme of the classical Composite order is illustrated by the example of the capital in the building of the Trust “KazPIVO” (Almaty – Tverdohlebov, 1935). In this capital, volutes are made as a stylized ornamental motif “muiz” (“horn”). Barley ears are placed between the large leaves, reflecting the specifics of the Trust's activity – beer production. In the capitals of the Abai Opera and Ballet Theater (Almaty – N.Prostakov, N.Kruglov, P.Polivanov, V.Bychkov, A.Shchusev, 1941) the upper part is made in the form of a series of small cavlicules (spiral stems). In the lower part of the capital, acanthus leaves are replaced with a floral ornament.

An example of expressing not just regional specificity, but a specific city is the so-called “Almaty capital” (Residential building / “House of Scientists”, Almaty – G.Bobovich, 1950). The element is made in the form of a basket filled with apples of the Almaty Aport variety. In the building of the Women’s Pedagogical Institute (Almaty – V.Biryukov, V.Brandt, M.Mendikulov, M.Kudryavtsev, 1952), the capital has a row of small acanthus leaves in the lower tier. The middle part is formed by cruciform volutes with an inverted curl. On the balustrades of these volutes, a floral ornament is placed in two rows. On the cubic capital in the building of the Agricultural Institute (Almaty – V.Biryukov, 1951), a stylized image of a doodle is placed under the Kazakh ornament (a direct reference to the agricultural specifics of the educational institution). A large number of examples are related to the interpretation of the Corinthian order variety used in the previously considered Tower of the Winds in Athens. The most interesting example is the capital of the Secondary School named after M.Mametova (Almaty – V.Kosov, 1946). On the outside of the palm and acanthus leaves, as well as on the abacus, there are patterns of the Kazakh floral motif.

The practice of the beginning of this century gives a much smaller number of examples of the use of capitals with a regional theme. For example, in the colonnade of the Park of the first President of Kazakhstan (Almaty – A.Korzhenpo, N.Ezau, 2004), developed angular follicles with a paired spiral are used in the capitals, between which a plant-type ornament is located. The “post-modern” capital in the “Zhastar Mag” residential complex (Almaty – 2010) is distinguished by the originality of semantics. An abstracted spiral curl of the zoomorphic motif “muise” is placed on the cubic capital in a square frame. These examples are shown in Figure 3.

5 CONCLUSIONS

A comparison of the considered examples of the use of regional themes in the architecture of the USA and Kazakhstan shows a significant difference. The architecture of the USA since the 18th century demonstrates a kind of collision. On the one hand, it is a struggle for the independence of territories from the colonial claims of England, France and Spain with a corresponding cultural and ideological opposition to European traditions. On the other hand, it is a literal reproduction of European styles in architecture, starting from the Middle Ages.

So, the Gothic style is used in such cathedrals as the St.Patrick’s Cathedral (New York City, NY – James Renwick Jr., 1878) and Cathedral of Saint John the Divine (New York City, NY – Christopher Grant LaFarge, George Lewis Heins, Ralph Adams Cram, build from 1892). And the Palladian style was generally elevated to the absolute. It is illustrated not only by buildings of the 19th – early 20th century in the Federal style, but also by such modern examples as the Federal

Building and the Courthouse (Tuscaloosa, AL – “HBRA Architects”, 2011) and the Supreme Court of Nevada & Nevada Court of Appeals (Las Vegas, NV – Yohan Lowie, “EHB Companies, LLC”, 2017). In addition to the use of the image of regional plants in the structure of architectural orders in the 1920’s and 1930’s, the “Mayan Revival” style, imitating the architectural and artistic techniques of the cultures of pre-Columbian Mesoamerica and classified as a kind of Art Deco style, gained some popularity. Interesting examples of this style – the Hollyhock House (Los Angeles, CA – Frank Lloyd Wright, 1921), the Mayan Theater (Los Angeles, CA – Stiles O.Clements, “Morgan, Walls & Clements”, 1927), the United Office Building / The Giacomo (Niagara Falls, NY – James A. Johnson, “Amsterdam Building Co.”, 1929). However, the attempt to emphasize the regional specifics of America in the architecture of the USA is considered as a very interesting, positively perceived exotic.

In Kazakhstan, the focus on emphasizing the regional specifics of architecture is essentially a constant. Particular importance is given to the interpretation of the motifs of the national ornament. The orientation towards classical shaping in architecture that emerged at the beginning of the 20th century led to the emergence of a kind of National neoclassical style trend that has spread massively, which continues to develop even postmodern interpretation.

Thus, the following conclusions can be drawn. The interpretation of Neoclassicism at the stage of the formation of national architecture differs depending on the country. Thus, in European countries, Neoclassicism was applied practically only in the orthodox neo-Palladian version. In the United States of America, with the general dominance of the neo-Palladian version, there are rare examples of regional motifs. In Kazakhstan, almost only numerous regional motifs are used. This is schematically shown in Figure 4.


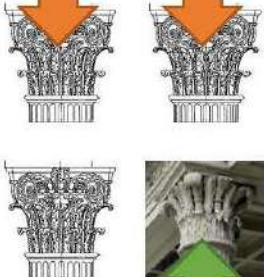

ARCHITECTURE OF EUROPEAN COUNTRIES	ARCHITECTURE OF THE USA	ARCHITECTURE OF KAZAKHSTAN
NEOCLASSICISM IS THE ORTHODOX VERSION	NEOCLASSICISM IS THE ORTHODOX VERSION	
		
	NEOCLASSICISM IN THE REGIONAL VERSION	NEOCLASSICISM IN THE REGIONAL VERSION

Figure 4 – Peculiarities of the Neoclassicism interpretation at the stage of the national architecture formation in the Europe, the USA and the Kazakhstan.

Styles based on classical forms of Renaissance architecture represent a peculiar phenomenon of architecture. Starting from the epoch of its origin in the XVII – early XVIII century, the phenomenon transformed into neoclassicism in the late XVIII – early XIX century. Within the framework of this style, many global and regional trends have emerged, which are characterized by the ideality of forms and images abstracted from the original concrete historical content. Throughout the twentieth century, this theme was very often used as a solid and reconciling alternative development contradictions, the personification of the historical continuity of the stages of the architectural and artistic process. The phenomenon remains relevant for the beginning of the XXI century, as evidenced by the abundance of buildings, a lot of research and constantly renewed architectural and cultural discussions about this vivid phenomenon.

Actively involved in the world architectural process, modern Kazakh architecture demonstrates the most interesting examples of interpretation of various stylistics. Moreover, if the architecture of the capital of Kazakhstan, Astana, is imbued with the pathos of innovative romanticism, personified by the ideas of modernism, then the architecture of Almaty, guided by the outstanding achievements of the architecture of the capital, but tending to romantic historicism, illustrates the depth and inexhaustibility of classical stylistics in the mass of works. It is the emphasized solid order theme that is gradually becoming an increasingly pronounced feature of Kazakh architecture, in which, throughout the more than one and a half century history of development, the artistic forms of orders originally “drift” between the polar versions of “simplifie” and “classical” interpretations. At the same time, both the degree of "simplification" and the canon of “classicism” have a historically changing interpretation, including justifications for the need for appropriate transformation or approximation to the chosen “model”. A feature of the process is its pronounced undulation. However, despite the massive spread of buildings, this phenomenon of Kazakh architecture remains poorly understood. This opens up broad prospects for further research, especially in comparison with similar phenomena in other States.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

ACKNOWLEDGEMENTS / SOURCE OF FUNDING

The study was conducted using private sources of funding.

REFERENCES

1. **Abdrasilova, G. S.** (2010). Trends in the development of regional architecture and urban planning in Kazakhstan. Abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Architecture. Almaty (In Russ.).
2. **Aukhadiyeva, L. M., & Abdrasilova, G. S.** (2021). Medieval ornamentation of the mausoleum of Aisha Bibi is the identity key of the regional architecture of Kazakhstan in the 21st century. *Bulletin of Kazakh Leading Academy of Architecture and Construction*. 2(80), 39-47. <http://dx.doi.org/10.51488/1680-080X/2021.2-20>
3. **Botz-Bornstein, T.** (2017). *Transcultural Architecture: The Limits and Opportunities of Critical Regionalism*, 1st Edition, Ashgate, Routledge.
4. **Canizaro, V. B.** (2007). *Architectural regionalism: Collected writings on place, identity, modernity, and tradition*. Princeton Architectural Press.

5. **Giamarellos S.** (2022). Resisting Postmodern Architecture: Critical regionalism before globalization. UCL Press. <https://doi.org/10.14324/111.9781800081338>
6. **Gudimova, S. A.** (2019) The symbolism of the temple in ancient cultures. Bulletin of Cultural Studies, 3(90). <https://cyberleninka.ru/article/n/simvolika-hrama-v-drevnih-kulturah> (In Russ.).
7. **Hidayatun, M. I., Prijotomo, J., & Rachmawati, M.** (2012). Regionality and regionalism in architectural views. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 2(7), 7147-7152. [http://www.textroad.com/pdf/JBASR/J.%20Basic.%20Appl.%20Sci.%20Res.,%202\(7\)7147-7152,%202012.pdf](http://www.textroad.com/pdf/JBASR/J.%20Basic.%20Appl.%20Sci.%20Res.,%202(7)7147-7152,%202012.pdf)
8. **Haight, W. L.** (1994). The role and place of the classical order in European culture and its distribution [Rol' i mesto klassicheskogo ordera v evropejskoj kul'ture i ee rasprostranenii]. In *Architecture of the world: M ly conference. "West-East: Ancient tradition in architecture"*. M.: Architectura (No. 3, pp. 163-166). (In Russ.).
9. **Ikonnikov, A. V.** (1993). Architecture and history [Arhitektura i istorija]. Moscow: ARCHITECTURA. (In Russ.).
10. **Ikonnikov, A. V.** (1997). Historicism in architecture [Istorizm v arhitekture]. Moscow: Stroyizdat. (In Russ.).
11. **Khamedov, A. M.** (2010). The development of neoclassical stylistics in Almaty architecture of the late XIX – early XXI century [Razvitie neoklassicheskoy stilistiki v arhitekture Almaty konca XIX – nachala XXI veka]. Abstract of the dissertation of the candidate Architecture. Almaty (In Russ.).
12. **Khan-Magomedov, S. O.** (1994). The claims of the classical concept on the formation of the style of the twentieth century [Pretenzii klassicheskoy koncepcii na formirovanie stilja HH veka]. *Architecture of the world: Proceedings of the conference "West-East: the ancient tradition in architecture"*. Issue 3, VNIITAG, MARKHI, Moscow: ARCHITECTURA, pp.181-183 (In Russ.).
13. **Lefaivre, L., & Tzonis, A.** (2020). *Architecture of regionalism in the age of globalization: peaks and valleys in the flat world*. Routledge.
14. **Samoilov, K.I.** (2004). The architecture of Kazakhstan of the XX century: the development of architectural and artistic forms, Moskva-Almaty: MARI-disajn, pp. 1-936. <http://tehne.com/assets/i/upload/library/samoilov-arhitektura-kazakhstanana-20-veka-2004.pdf> (In Russ.)
15. **Samoilov, K., Kuspangaliyev, B., & Sadvokasova, G.** (2022). The Postmodernism's Pluralism – Half a Century of Evolution in Anticipation of a New Great Style. *Civil Engineering and Architecture*, 10(4), 1419-1444. <https://doi.org/10.13189/cea.2022.100414>
16. **Vongkulbhisal S.** (2017). Ethical Relativism and Critical Regionalism: An Ethical Viewpoint on the Non-Western Architectural Professions, Nakhara: *Journal of Environmental Design and Planning*, 13, 89-98. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/nakhara/article/view/104611>
17. **Yaralov, Y.S.** (1971). National and international in Soviet architecture, Moscow: Stroyizdat, pp. 1-352 (In Russ.).
18. **H. Con. Res. 259** (2009-2010). Recognizing the 500th anniversary of the birth of Italian architect Andrea Palladio. 111th Congress 2009-2010. Retrieved from: <https://www.congress.gov/bill/111th-congress/house-concurrent-resolution/259/text>
19. The Capital with palm leaves (the Sahure pyramid temple, Abu Sir, Egypt – 2450 BC). Retrieved from: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/01/Sahure-Pyramid_Temple_04.jpg
14. Capitals with lotus leaves and papyrus (the Khnum temple, Esna, Egypt – 45 BC). Retrieved from: <https://i.redd.it/vmtgu9xnb0y71.jpg>
21. The Capital with acanthus leaves (the Agrippa's Odeon, Athens – 15 BC). Retrieved from: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/36/CapitelCorintio-del-OdeonAgora Atenas1.JPG/800px-CapitelCorintio-del-OdeonAgora Atenas1.JPG?20070930003108>

22. The Capital with palm and acanthus leaves (the Tower of Winds, Athens, Greece – Andronicus of Cyrrhus, 50 BC). Retrieved from: https://buffaloah.com/a/DCTNRY/c/corinth_tower.jpg
23. The Capital with thistle leaves (the Church of the Holy Wisdom / the Hagia Sophia Mosque, Constantinople, the Kingdom of the Romans – Isidore of Miletus and Anthemius of Tralles, 537). Retrieved from: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/97/Hagia_Sophia_%2815468276434%29.jpg/1024px-Hagia_Sophia_%2815468276434%29.jpg
24. The Capital with peony leaves and flowers (the St.Stephen’s Cathedral, Toul, France – 13th century). Retrieved from: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c4/Toul_gothic_capital.JPG/800px-Toul_gothic_capital.JPG?20130917074204
25. Capitals with leaves and fruits of oak, maple, hawthorn, hops and ivy (the Chapter House of Southwell Minster, England – 1288). Retrieved from: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9d/Southwell_Minster_Carvings_Chapter_House_Portal_Capitals_c_b_a.jpg/800px-Southwell_Minster_Carvings_Chapter_House_Portal_Capitals_c_b_a.jpg
26. The Corn Cob capital and bundled corn stalk columns, the Senate Vestibule, the Capitol Building, Washington, DC – B.H.Latrobe, G.Franzoni, 1810. Retrieved from: https://live.staticflickr.com/469/18450631870_640a988855_b.jpg
27. The Corn capital, the Litchfield Villa, Prospect Park, Brooklyn, New York City, NY – A.J. Davis, 1857. Retrieved from: https://live.staticflickr.com/8426/7819685944_a14ba223c2_b.jpg
28. The Colonnade in the Small Rotunda, the Capitol Building, Washington, DC – B.H.Latrobe, 1817. Retrieved from: https://www.aoc.gov/sites/default/files/styles/scaled_lg/public/2021-09/411915-2000w-Capitol-Small-Senate-Rotunda-Columns.jpg?itok=a7HXfkek
29. The Aisha-Bibi Mausoleum, Zhambul region – 11th-12th centuries. Retrieved from: https://www.shymkent.info/wp-content/uploads/2019/12/IMG_20191005_131128-1024x758.jpg
30. The “KazPIVO” Trust Building, Almaty – V.Tverdohlebov, 1935; the Opera and Ballet Theater named after Abai, Almaty – N.Prostakov, N.Kruglov, P.Polivanov, V.Bychkov, A.Shchusev, 1941; the Residential house / “House of Scientists”, Almaty – G.Bobovich, 1950; the Women’s Pedagogical Institute, Almaty – V.Biryukov, V.Brandt, M.Mendikulov, M.Kudryavtsev, 1952; the Agricultural Institute, Almaty – V.Biryukov, 1951; the Secondary school named after M.Mametova, Almaty – V.Kosov, 1946; the Portal colonnade of the First President of Kazakhstan Park, Almaty – A.Korzhenpo, N.Ezau, 2004; The “Zhastar Mag” residential complex, Almaty, 2010 – photos of authors 2014-2020.

UDC 728.1 (574)
IRSTI 67.07.01
REVIEW ARTICLE

REGIONAL IDENTITY IN THE ARCHITECTURE OF RESIDENTIAL BUILDINGS IN THE 1930S-1990S OF THE KARAGANDA CITY

Ainagul Tuyakayeva¹ , Elvira Danibekova^{1,*} , Gulnara Abdrassilova¹ ,
Yuliya Onichshenko¹ 

¹International Educational Corporation, 050028, Almaty, Kazakhstan

Abstract. *This article is intended to analyze architectural changes in the residential development of the city of Karaganda in the period from 1930 to 1990 with an emphasis on identifying regional identity. The work pays attention to the characteristic features of the architectural style, taking into account the influence of natural, socio-economic and cultural factors. The research methodology includes an analysis of historical experience, a comparison of architectural approaches at different stages of development, as well as a review of academic literature and projects. It is emphasized that regional identity in architecture is considered as an open system capable of adapting to changes in the environment and time, including local characteristics and the individual style of architects. In the context of residential development in Karaganda, regional identity is expressed through the creation of comfortable conditions, taking into account contextual features and a critical look at traditions. Urban architecture combines elements of cultural heritage with modern approaches, making it unique and expressive. The individual approach of the architects gives the city's landscape a special character. Ultimately, Karaganda's architectural identity reflects its rich cultural heritage and ability to adapt to changes in environment and time, while maintaining its uniqueness and character. This unique interaction of architecture with history and modernity makes the city of Karaganda not only a place to live, but also a valuable historical and cultural heritage that its residents and guests are proud.*

Keywords: *Regional identity, regional peculiarities, architecture of Karaganda, residential buildings, architectural and artistic trends, archetypes.*

***Corresponding author**

Elvira Danibekova, e-mail: e.danibekova@mok.kz

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-05>

Received 02 November 2023; Revised 17 November 2023; Accepted 24 November 2023

ҚАРАҒАНДЫ ҚАЛАСЫНЫҢ 1930-1990 ЖЫЛДАРДАҒЫ ТҰРҒЫН ҮЙ ҚҰРЫЛЫСЫ СӘУЛЕТІНДЕГІ ӨҢІРЛІК БІРЕГЕЙЛІК

А.К. Туякаева¹ , Э.Т. Данибекова^{1*} , Г.С. Абдрасилова^{1*} , Ю.В.Онищенко¹ 

¹ Халықаралық білім беру корпорациясы,
050028, Алматы, Қазақстан

Аңдатпа. Бұл мақала 1930-1990 жылдар аралығындағы Қарағанды қаласының тұрғын үй құрылысындағы сәулеттік өзгерістерді аймақтық бірегейлікті анықтауға баса назар аудара отырып талдауға арналған. Жұмыста табиғи, әлеуметтік-экономикалық және мәдени факторлардың ықпалын ескере отырып, сәулеттік стильдің өзіне тән ерекшеліктеріне назар аударылады. Зерттеу әдістемесі тарихи тәжірибені талдауды, дамудың әртүрлі кезеңдеріндегі сәулеттік тәсілдерді салыстыруды, сондай-ақ академиялық әдебиеттер мен жобаларды шолуды қамтиды. Сәулет өнеріндегі аймақтық бірегейлік жергілікті ерекшеліктер мен сәулетшілердің жеке стилін қоса алғанда, қоршаған орта мен уақыт өзгерістеріне бейімделуге қабілетті ашық жүйе ретінде қарастырылатыны атап өтіледі. Қарағандыда тұрғын үй құрылысы контекстінде аймақтық бірегейлік контекстік ерекшеліктерді және дәстүрлерге сыни көзқарасты ескере отырып, қолайлы жағдайлар жасау арқылы көрінеді. Қалалық сәулет мәдени мұра элементтерін заманауи тәсілдермен үйлестіре отырып, оны бірегей және мәнерлі етеді. Сәулетшілердің жеке көзқарасы қала пейзажына ерекше сипат береді. Сайып келгенде, Қарағандының сәулеттік ерекшелігі оның бай мәдени мұрасын және өзінің бірегейлігі мен сипатын сақтай отырып, қоршаған орта мен уақыт өзгерістеріне бейімделу қабілетін көрсетеді. Сәулет өнерінің тарихпен және қазіргі заманмен ерекше өзара әрекеттесуі Қарағанды қаласын тұрғылықты жер ғана емес, сонымен қатар оның тұрғындары мен қонақтары мақтан тұтатын құнды тарихи-мәдени мұраға айналдырады.

Түйін сөздер: Өңірлік бірегейлік, өңірлік ерекшеліктер, Қарағанды сәулеті, тұрғын үй құрылысы, сәулет-көркемдік бағыттар, архетиптер.

***Автор-корреспондент**

Эльвира Данибекова, e-mail: e.danibekova@mok.kz

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-05>

Алынды 02 қараша 2023; Қайта қаралды 17 қараша 2023; Қабылданды 24 қараша 2023

УДК 728.1 (574)
МРНТИ 67.07.01
НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

РЕГИОНАЛЬНАЯ ИДЕНТИЧНОСТЬ В АРХИТЕКТУРЕ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ 1930-1990-Х ГГ. ГОРОДА КАРАГАНДА

А.К. Туякаева¹ , Э.Т. Данибекова^{1*} , Г.С. Абдрасилова^{1*} ,
Ю.В. Онищенко^{1*} 

¹ Международная образовательная корпорация, 050028, Алматы, Казахстан

Аннотация. Данная статья предназначена для анализа архитектурных изменений в жилой застройке города Караганда в период с 1930 по 1990 годы с акцентом на выявление региональной идентичности. В работе уделяется внимание характерным чертам архитектурного стиля, учитывая при этом воздействие природных, социально-экономических и культурных факторов. Методология исследования включает в себя анализ исторического опыта, сопоставление архитектурных подходов на разных этапах развития, а также обзор академической литературы и проектов. Подчеркивается, что региональная идентичность в архитектуре рассматривается как открытая система, способная адаптироваться к изменениям в среде и времени, включая местные особенности и индивидуальный стиль архитекторов. В контексте жилой застройки Караганды региональная идентичность выражается через создание комфортных условий, учитывая контекстуальные особенности и критический взгляд на традиции. Городская архитектура сочетает элементы культурного наследия с современными подходами, делая ее уникальной и выразительной. Индивидуальный подход архитекторов придает ландшафту города особый характер. В итоге архитектурная идентичность Караганды отражает ее богатое культурное наследие и способность адаптироваться к переменам в среде и времени, сохраняя при этом свою уникальность и характер. Это уникальное взаимодействие архитектуры с историей и современностью делает город Караганда не только местом проживания, но и ценным историческим и культурным наследием, на которое гордятся его жители и гости.

Ключевые слова: региональная идентичность, региональные особенности, архитектура Караганды, жилая застройка, архитектурно-художественные направления, архетипы.

***Автор-корреспондент**

Эльвира Данибекова, e-mail: e.danibekova@mok.kz

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-05>

Поступила 02 ноября 2023; Пересмотрено 17 ноября 2023; Принято 24 ноября 2023

1 ВВЕДЕНИЕ

Караганда – шахтерская столица Казахстана, история которой началась 10 февраля 1934 г. ([Resolution, 1934](#)). Первые поселки спецпереселенцев начали строить летом 1931 г., среди которых были Новая Тихоновка, Пришахтинск, Майкудук и Компанейский. В них были назначены коменданты, в обязанность которых входил контроль за выполнением советских законов и распоряжений местных административных органов спецпереселенцами. «Карагандинская группа спецпереселенческих поселков к концу 1931 г. насчитывала 59 078 человек» ([Sadykov & Khassenova, 2019](#)). Архитектура жилья началась с временных жилищ типа глинобитных полуземлянок для сосланных (раскулаченных) граждан СССР и их семей в связи с обновлением активной добычи угля 1930 году. Значительно возросло население в старых поселках. Первые генеральные планы многих городов СССР были сделаны в 1930-х годах в связи с планом индустриального развития. Автором первой схемы градостроительного развития г. Караганда считается группа архитекторов Баухаус, под руководством Эрнста Майя, приглашенных в Советский Союз в 1930-х годах ([Lebedev, 2004](#)). Они должны были разработать генеральные планы для таких крупных промышленных городов как Магнитогорск, Челябинск, Кемерово, Новокузнецк и др. Затем эстафета разработки генплана города перешла к московским конструктивистам – специалистам Московского института «Мособлпроект» – архитекторам А.И. Кузнецову, А.Н. Карнаухову, О.П. Кепне, П.С. Шумскому, консультантом был известный архитектор А. Иваницкий. К 1934 году генеральный план был утвержден ([Lebedev, 2004](#), [General plan implementation scheme 1938, 2007](#), [Architecture, 2021](#), [Glaudinov et al., 1987](#)). Получив таким образом путевку в жизнь, город за свою 90-летнюю историю вырос до крупнейшего города Казахстана с населением более 500 тысяч человек.

Таким образом, специфика интенсивного развития города Караганда за относительно небольшой период времени определила город как благодатную почву для внедрения своеобразных архитектурно-градостроительных принципов с интересными общественными пространствами, уникальными зданиями и композиционно выверенными жилыми массивами. Караганда стала своеобразной демонстрационной площадкой поочередно сменяющих друг друга архитектурных стилей от конструктивизма до модернизма. Архитектура жилища Казахстана в своем развитии прошла большой путь «от простых однодвухэтажных некапитальных сооружений до многоквартирных полностью благоустроенных домов» ([Glaudinov et al., 1987](#)). Сложилась собственная своеобразная идентичность города, резко отличающая его от других казахстанских поселений, получившая отражение в архитектуре вообще и в жилой застройке в частности. В городе нет старинных дореволюционных зданий типа гимназий, детских приютов, купеческих домов и магазинов, характерных для северных городов Казахстана или древних средневековых строений как в южных регионах страны. Основная деятельность населения города в виде добычи и переработки угля, как градообразующий фактор, способствовала формированию определенных принципов архитектуры жилой застройки. Анализ и систематизация архитектуры жилой застройки рассматриваемого периода позволяют выявить региональные особенности формирования уникальной архитектуры Караганды, обусловленные историей и культурой, природно-климатическими, социально-экономическими и политическими факторами.

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Научная литература, посвященная архитектуре г. Караганда в общем, и жилой архитектуре, в частности, достаточно разрознена и включает направления исследования различных авторов. Среди работ, посвященных историческим аспектам развития архитектуры, можно выделить работы Мендикулова М.М. ([Mendikulov, 1967](#)), Лебедева С.А. ([Lebedev, 2004](#)), Глаудинова Б.А., Сейдалиной, Карпыкова А.С. ([Glaudinov et al., 1987](#)). В этих работах рас-

смотрены вопросы архитектуры жилых и общественных зданий во время становления и развития города, а также в последующие периоды, выявлены приоритеты и тенденции развития в определенные временные отрезки (1930-1980гг.). В работе Глаудинова Б.А. и др. (Glaudinov et al., 1987) вопросы развития архитектуры жилых зданий освещены в контексте социально-экономического развития и научно-технического прогресса СССР. Определены прогрессивные тенденции развития массовых серий жилых домов, новые направления архитектурно-планировочной организации жилой застройки, воздвигнутой индустриальным методом с учетом природно-климатических условий и технологических новшеств.

Региональные особенности градостроительных решений, архитектуры жилых и общественных зданий Центрального Казахстана изложены Рева М.В. (Reva, 2014) и Конобрицкой Е.М. (Konobrickaya, 1950). Данные исследователи связывают региональные особенности архитектуры в первую очередь с социально-экономическими и природно-климатическими факторами. Такой подход достаточно оправдан и помогает понять ряд архитектурно-планировочных особенностей жилой застройки, связав его с климатом, политическими и экономическими процессами, протекающими в обществе. Разные аспекты городского развития г. Караганда освещены в трудах Минина В. (Minin, 2003), который проследил значительные вехи в становлении города в довоенный период, связав это с историческими и социальными факторами. Градостроительные аспекты пространственного развития г. Караганда – архитектурно-планировочная структура промышленного города в контексте групповой системы расселения – рассмотрены в трудах Аужанова Н.Г. (Auzhanov, 1982). Масштаб групповой системы расселения позволил уточнить направления дальнейшего развития города, определив основные элементы его расчлененной планировочной структуры и функциональные связи в сложившейся агломерации. Исследование ряда жилых и общественных зданий с позиции охраны архитектурного наследия рассмотрены в трудах Малиновской Е.Г. (Malinovsskaya, 2017). Они отражают разные исторические аспекты – «репрессированную архитектуру», конкурсные (лучшие) проекты советского периода, основы методологии определения памятника архитектуры и др. С точки зрения анализа архитектурно-художественных решений и стилистических направлений ряда жилых и общественных зданий и комплексов г. Караганда рассмотрены в работах Самойлова К.И. (Samoilov, 2004). Определенная им методология для классификации архитектурно-художественных решений и приемов принята и использована авторами в данной работе в качестве инструментов в выявлении региональности рассматриваемого города.

Таким образом, литературный анализ показал, что разноаспектные направления исследования архитектуры жилых зданий актуализируют необходимость обобщения накопленного опыта и осмысление его с точки зрения сегодняшнего дня – периода независимого Казахстана и глобальных процессов, имеющих место в современном период. В этом смысле на первый план выходит проблема регионального в архитектуре. Ранее исследователями не ставились задачи выявления региональных особенностей архитектуры г. Караганда с позиции современного понимания региональности, которая включает в себя разные факторы, среди которых определяющими являются: синтез искусств; преодоление стереотипов и компромиссный путь сочетания традиций и новаторства; принцип стабильности и изменчивости; принцип контекстуальности; творческий взгляд архитектора на местные условия через индивидуальный почерк (Danibekova, 2023). Этим объясняется выбор направления данного исследования.

3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основе исследования лежит комплексный подход к изучению региональных особенностей архитектуры жилой застройки 1930-1990гг.:

- анализ исторического опыта формирования архитектуры жилой застройки в контексте региональных особенностей (Danibekova, 2023) дает возможность выявить основные принципы архитектурно-планировочной организации жилой среды в контексте идентичности;

Региональность рассматривается на фоне общих проблем архитектурного формообразования, являющегося основой для выражения историко-культурной идентичности, рассмотрены принципы архитектурной преемственности.

- сопоставление и выявление концептуальных подходов и тенденций архитектурно-планировочных решений жилой застройки рассматриваемого периода
- обзор академической литературы, отраслевых отчетов, архитектурных проектов и периодических изданий;
- определение архитектурно-художественных приемов и стилистических направлений, использованных в практике проектирования жилой застройки ([Samoilov, 2004](#));
- выявление закономерностей регионального формирования архитектуры жилой застройки с учетом влияния природно-климатических социокультурных, экономических факторов, основанных на пространственных региональных архетипах через процесс эволюции по принципу преемственности и современную трактовку в архитектуре жилых зданий ([Baitenov, 2019](#)).

4 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Массовая застройка Караганды – относительно молодого города в Казахстане, выпала на период сталинской эпохи с подтверждением официального статуса в 1934 году.

Основа планировочной структуры Нового города имела компактную форму, прямоугольную сеть дорог и была сформирована за пятилетку (1932-1937 гг.). Были приняты основные направления улично-дорожной сети: Север – Юг (проспект Сталина, улицы Кирова, Гоголя) и Запад – Восток (улицы Карагандинская, Джамбула, Ленина) ([Lebedev, 2004](#), [General plan implementation scheme 1938, 2007](#)). Основными задачами первоначального этапа были создание индустриальной базы для строительства и объектов жизнеобеспечения города – базы для последующего возведения жилых и общественных зданий. 9 февраля 1939 г. СНК (Совет Народных Комиссаров) КазССР и ЦК КП (б) Казахстана утвердили проект строительства (Нового) города Караганда. За короткий срок вырос Новый город с широкими улицами, зелеными скверами, десятками многоэтажных домов, школами, гостиницами, магазинами, больницами, банями, административными зданиями. Много внимания уделялось благоустройству города. Основным градообразующим предприятием города был трест «Карагандауголь» ([Sadykov & Khassenova, 2019](#)).

Развитие жилой застройки в центральной части города началось с появления первой улицы – Доскея (Алимбаева), которая соединяет проспект Бухар-жырау и улицу Ерубаяева. Улица, названная в честь народного акына Караганды, проживавшего здесь неподалеку на углу улиц Ерубаяева и Сатпаева (бывшие ул. Кирова и ул. Карагандинская), поначалу была просто проездом и получила имя поэта Доскея Алимбаева лишь в 1940 году ([Lebedev, 2004](#)). Семь одноэтажных домов строчной застройки с порядковой нумерацией предназначались для инженерно-технических работников и руководителей администрации города. В 1940-1950-е годы эти дома населяли первостроители и шахтеры угольного бассейна ([Lebedev, 2004](#)).

При реализации первого генплана города в 1930-е годы была использована квартальная застройка с преимущественно периметральной расстановкой жилых домов. Внутриквартальная территория была занята палисадниками, небольшими скверами и хозпостройкам. Особенностью планировочных решений большинства жилых зданий первых кварталов была ориентация парадными фасадами на север, в сторону тогда еще существовавшего Старого города. Это давало возможность большинству жилых помещений обеспечить хорошую инсоляцию в природно-климатических условиях г. Караганда. Одновременно был заложен принцип ансамблевости со стороны магистрали, которая позже была взята за основу организации жилой застройки вдоль главных транспортных артерий всего городского центра. Местами была использована посадка жилых зданий перпендикулярно магистралям, что было

идеями Эрнста Мая ([Lebedev, 2004](#)): архитектор заботился, чтобы шум улицы не беспокоил жителей. В конце 1930-х годов в городе появились трех-, четырехэтажные дома, на строительстве которых работали заключенные. В военное время жилые здания возводились скоростным методом, менее чем за два месяца в связи с потребностью в жилье и объектах городской инфраструктуры ([Malinovskaya, 2017](#)). Добывающая промышленность набирала обороты для обеспечения тыла фронту. Однако, несмотря на то, что была освоена технология быстрого возведения жилья, строительная индустрия имела еще слабый потенциал.

Активно практикуемые в этот ранний период конструктивистские идеи выражались в планировке домов: приоритет общественных пространств над личными с преобладанием габаритов общих зон. Задачи создания климатического комфорта дворовых пространств жилой среды решалось путем введения соответствующих архитектурно-планировочных методов – ограждение дворовой территории от магистральных декоративных оград с входными проемами, богато оранментированными узором на основе синтеза национальных и классических мотивов. На [Рисунке 1](#) показаны фрагменты ограждения декора ограды с элементами классических мотивов, так и национальным орнаментом.

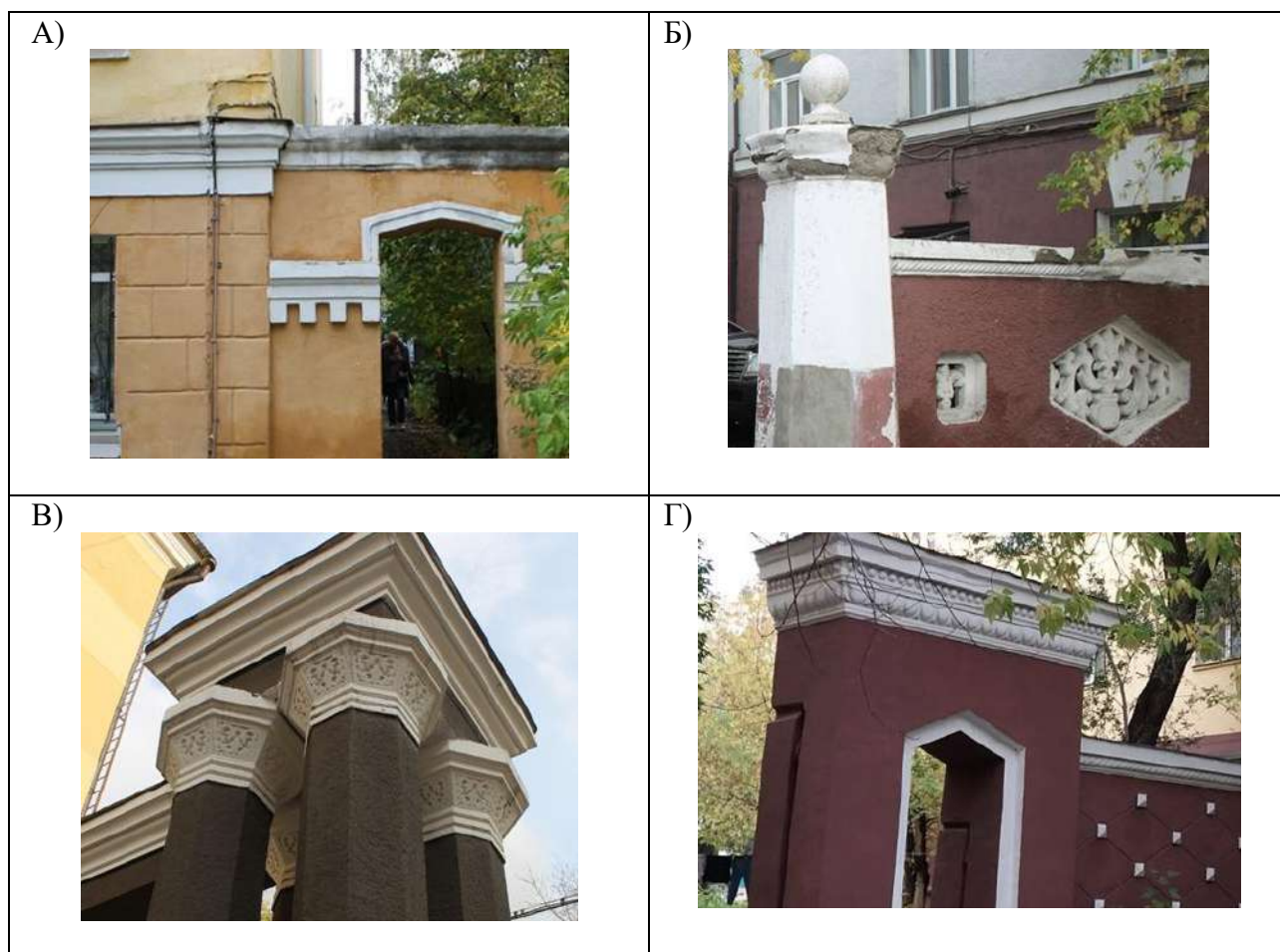


Рисунок 1 – Пример синтеза национальных и классических мотивов в оформлении ограждающих стен [материалы авторов]: А) – вид с проспекта им. Абая (бывш. Ленина); Б), В), Г) – виды с проспекта Назарбаева (бывш. бульвар Мира)

Активное использование теплых охристых и светло-желтых оттенков цвета для покраски наружных стен в сочетании с белым цветом декора и яркой черепицы кровель стало своего рода приемом создания психофизиологического комфорта жилой среды, противоречием визуальной гомогенности среды рабочих мест шахтеров. Этот прием закрепился и получил преэминентность.

Застройка проспектов и примагистральных территорий имеет важное градостроительное значение в системе всего города. Этому придавалось большое значение в ходе реализации генерального плана. Принципы ансамблевости, выраженные в использовании симметричных композиций жилых домов, формирующих первый фронт застройки, выделяют целые кварталы, построенные в 1950-1960-х годах. Центральные секции ряда домов несколько выдвинуты вперед к улице, также как и фланкирующие секции, благодаря чему создается ритмическая пластика в архитектуре дома, напоминающая дворцовые постройки. В архитектурно-художественных формах этого периода, используя введенную профессором Самойловым К.И. классификацию (Samoilov, 2004), можно констатировать преобладание национально-классического направления, выраженное в использовании деталей различных ордерных тем: орнаментированные ордерные детали, абстрактно-фигуративные панно и вставки. Местами встречаются орнаментированные фантазийные ордера и в более поздний период – упрощенная классика с деталями абстрактной советской символики (серп, молот, звезда и пр.).

В целом, архитектура Караганды построена на синтезе с монументальным искусством – «скульптурной, живописной и мозаичной летописью», представляющую хронологию становления города с собственной глубокой историей. **Рисунок 2** демонстрирует предпочитаемые сочетания цветов, выбранные местными архитекторами с целью создания визуального комфорта жилого пространства городской среды для населения, в основной массе занятого в добывающей промышленности с вынужденным пребыванием ниже отметки земли, через теплую гамму оттенков в суровых природных условиях степей.

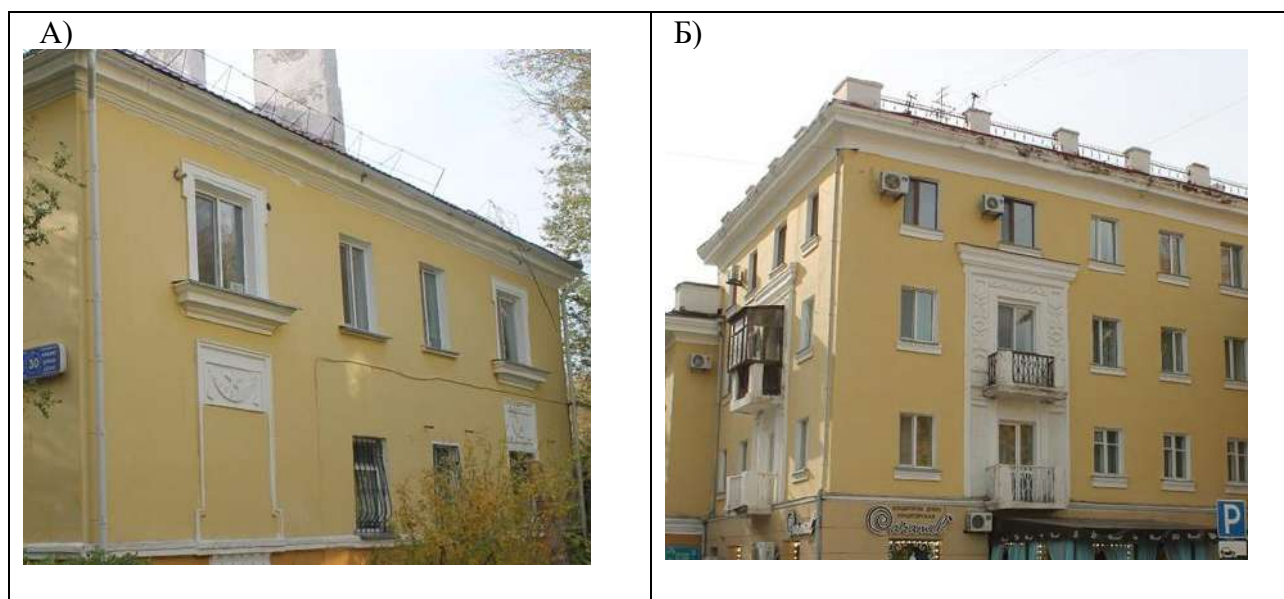


Рисунок 2 – Основной цвет зданий – желтый в сочетании с белыми элементами декора [материалы авторов]:
А), Б) – виды с проспекта им. Абая (бывш. Ленина)

Вместе с тем, периоду 1940-60 гг. характерен поиск выражения, связанный с интерпретацией региональных форм. На **Рисунке 3** продемонстрирован ряд примеров использования на фасадах фронтонов стрельчатых очертаний, арочная окантовка входных и оконных проёмов, отсылающих зрителя к традиционному зодчеству стран Востока (Abdrassilova & Danibekova, 2021). Метроритмический композиционный ряд форм и элементов традиционного декоративно-прикладного искусства – гибких к различным альтернативным вариациям, составили основу своеобразной отделки фасадов местной архитектуры.



Рисунок 3 – Декоративные элементы жилых зданий [материалы авторов]:
А), Б), В), Г), Д) – виды со проспекта им. Абая (бывш. Ленина)

1950-е годы жилищное строительство получило новый импульс, продиктованный необходимостью обеспечения каждой семьи отдельной квартирой. В 1959 г. вступил в строй домостроительный комбинат, и жилищно-гражданское строительство в Караганде получило индустриальную основу (Architecture, 2021). Новый город стал быстро застраиваться, на его территории появились крупные жилые массивы с многоэтажными благоустроенными домами. Осознание свершившейся победы вдохновляло архитекторов в послевоенное время и повлияло на выбор архитектурно-градостроительных приемов: в жилье был использован принцип дворцовой застройки – симметрия, выдвигание центральных и периферийных объемов для создания ритма и пластики. На градостроительном уровне активно использованы ансамблевые приемы – выделение угловых объемов жилой застройки на перекрестках улиц симметричными акцентами по высоте, пластике, активным использованием первых этажей под общественные функции и др.

Реализация генеральных планов, разработанных в 1960-е годы, обозначилась в г. Караганде ликвидацией Старого города. Жилая застройка представлена серийными типовыми домами, архитектура которых сохраняет преемственность выработанным методам и приемам по части стилистических особенностей и градостроительных приемов. Сохранен шаг, метр и масштаб застройки центральных улиц. Архитектурно-художественные приемы основаны на новой интерпретации орнаментальных и традиционных мотивов в синтезе с упрощенной классикой. Здесь уместно вспомнить известное постановление, навязывающее очень сдержанную пластику фасадов жилых домов (Decree No. 1871, 1955), которое завершило эпоху советского монументального классицизма («сталинского ампира») в проектировании и строительстве.

В 1968 г. был утвержден новый генеральный план развития Караганды на 650–700 тыс. жителей (ЦНИИ градостроительства, г. Москва, архитекторы В. Шквариков, А. Хохлов). К этому времени была решена проблема территориального развития Караганды, основным принципом которого является размещение массового строительства на безугольных территориях. Осуществляется застройка Юго-Восточного планировочного района, где намечалось создание центра Большой Караганды. Используя планировочную структуру А. Кузнецова, архитекторы Караганды С. Мордвинцев, М. Жандаулетов, Б. Койшибеков, Г. Соколов создали систему общественных центров, композиционно используя градостроительные тенденции тех лет, сохраняя при этом преемственность градостроительных идей в архитектуре (Glaudinov et al., 1987). По проспекту Бухар-Жырау и бульварному полукольцу создан ряд архитектурно-композиционных узлов, составляющих основу системы общегородского центра. Главные композиционные оси города, вдоль основных центральных магистралей городского центра поддержаны широкими благоустроенными бульварами, аллеями, площадками для отдыха, фонтанами, малыми архитектурными формами, создающими комфорт. Имеет место тенденция укрупнения жилых кварталов, выраженная в стремлении организации микрорайонной застройки, что явилось отражением приоритета общественного сознания над личным, характерным для данного времени.

В середине 1960-х годов был разработан проект планировки г. Караганда. Характерной особенностью этого периода становится строительство на фоне пятиэтажного массового жилья по типовым проектам жилых домов повышенной этажности. Застройка города 1970-х годов начинает обогащаться за счет высотного строительства. В жилом девятиэтажном башенном доме в Караганде спаренные лоджии находятся в средней части фасада. Поверхность стен расчленена крупными квадратными плитами облицовки (Samoilov, 2004). Архитектурно-художественные формы многоэтажных жилых домов этого периода можно отнести к индустриально-интернациональному направлению, выраженному через пассивную пластику с небольшими витражами на фасадах.

В 1970-х годах, в связи со всеобщим повышением стандарта жилища и с появлением прогрессивных проектов, в некоторых городах Казахстана устаревшие серии уступили место более современной № 97-1 серии, разработанной в СибЗНИИЭПе (архитекторы М. Прошляков, В. Песопин, Т. Журавская). Серия 97 в процессе ее практической реализации нашла применение в районах, существенно отличающихся природно-климатическими и демографическими условиями. В частности, применительно к условиям г. Караганда, в ее корректировке проявилось стремление к индивидуализации эстетических качеств массовой жилой застройки. В г. Караганда внедрен так называемый блок-комплектный метод проектирования жилых домов (архитекторы А. Гостев, А. Мордвинцев, инженеры Э. Гуммель, А. Мельников, ГПИ Карагандагорсельпроект, 1981 г.). Этот метод предполагает использование в качестве основных структурных единиц, так называемых блок-комплектов – «составляющих условных жилых секций, расчлененных на три части по осям поперечных несущих стен, ограничивающих лестнично-лифтовой узел и помещения против него» (Glaudinov et al., 1987). Этот метод дал возможность расширения создания различных типов секций и домов, отличающихся по конфигурации и составу квартир, пластике фасадов, свободной ориентации входов без увеличения номенклатуры индустриальных изделий, выпускаемым домостроительными предприятиями по базовой серии № 97/1, принятой в г. Караганда, как показано на Рисунке 4 (Glaudinov et al., 1987).

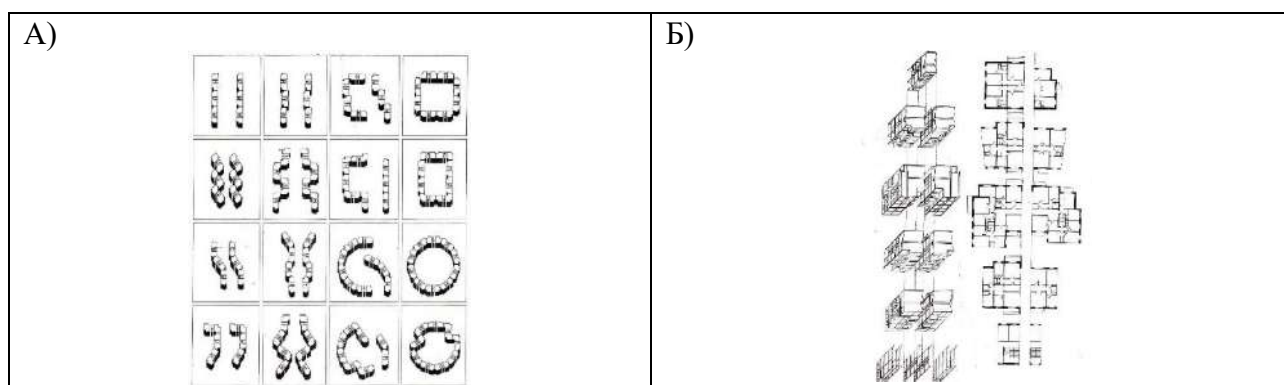


Рисунок 4 – Блок-комплексный метод проектирования: А) – основные типы и приемы компоновки блок-комплектов; Б) – виды, планы блоков (Glaudinov et al., 1987).

На рубеже 1970-1980 годов набирает обороты проектирование и строительство образцово-показательных комплексов таких, как жилые микрорайоны № 28 (архитектор А. Ермолаев, инж. А. Щеголихин и др.), «Орбита» (1982-1985 гг., архитекторы А. Петрих, М. Джандаулетов, А. Ермолаев, Н. Токаев, А. Байков) и «Степной» (архитекторы С. Мордвинцев, А. Ермолаев, А. Гостев, А. Титарев, Р. Нурбекова, инж. Э. Гумель) в г. Караганда (Рисунок 5). Выработаны приемы рациональных архитектурно-пространственных решений жилых комплексов (квартир, свободных пространств и жилых домов), наиболее полно отвечающих особенностям природно-климатических условий. В условиях повышенной ветровой активности и солнечной радиации объемно-планировочные решения предусматривают функции самозащиты внутриквартирных пространств. Жилые и летние помещения расположены с подветренной стороны, в то время как фасады, обращенные к наветренной стороне, лишены балконов и лоджий и представляют собой плоские поверхности с небольшими проемами. Фасад с подветренной стороны имеет характер южного жилья, более пластичный, рельефный характер, за счет балконов, лоджий и ажурных решеток (Glaudinov et al., 1987). Архитектурно-художественные приемы жилых домов основаны на индустриально-национальном направлении: выраженном использовании цвето-рельефных орнаментальных вставок, мелко модульных солнцезащитных решеток, абстрактные и сюжетных панно на фасадах.

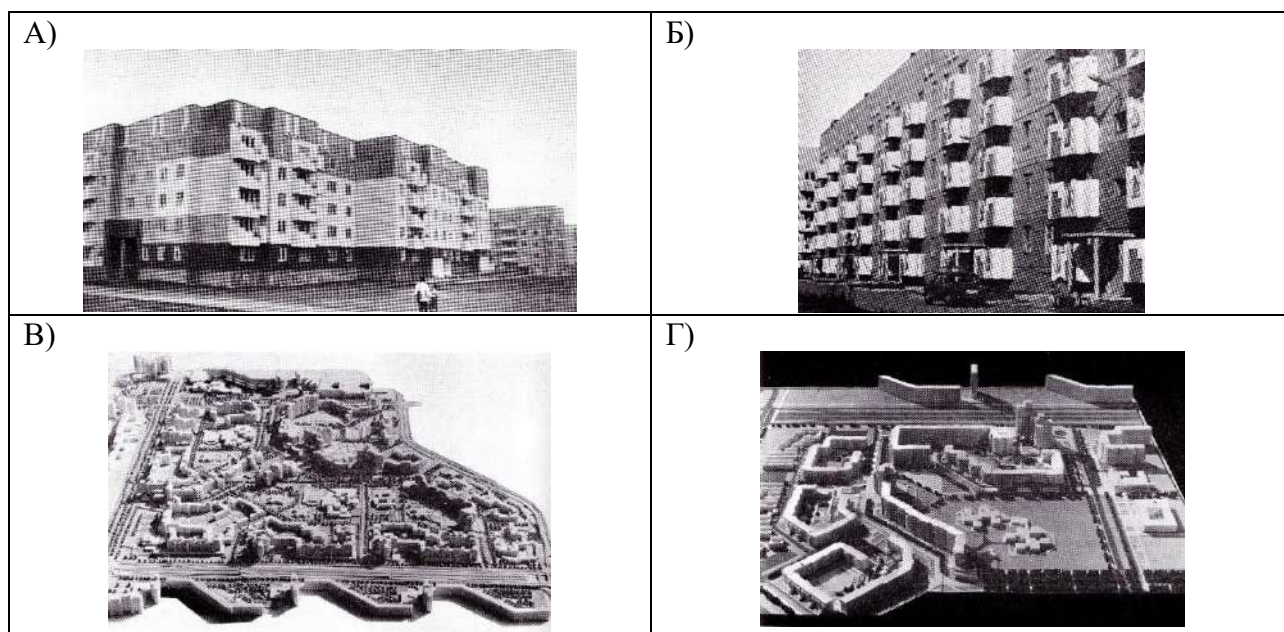


Рисунок 5 – Караганда. Крупнопанельные жилые дома: А) – мкр. «Степной», жилые дома серии 97; Б) – первая угловая блок-секция из блоков-комплектов, мкр. Орбита; В), Г) – макеты мкр. Степной (Glaudinov et al., 1987).

К числу наиболее важных мероприятий, реализованных в жилом районе «Степной», относится поиск решений серии №85, направленных на повышение удобств и комфорта проживания на первом и верхнем этажах пяти и девятиэтажных домов (Рисунок 6). Для жителей первых этажей организованы приквартирные участки, для проживающих на верхних этажах – устройство квартир в двух уровнях (Glaudinov et al., 1987).

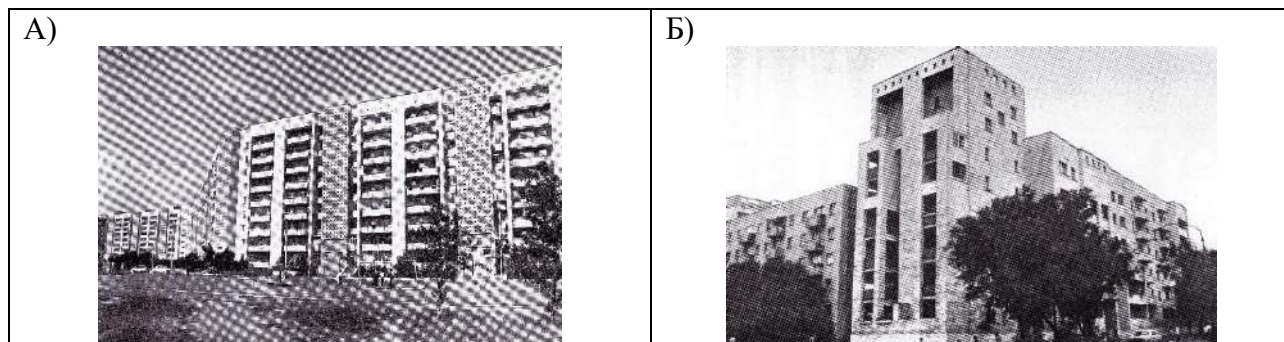


Рисунок 6 – Девятиэтажные многосекционные дома: А) – многосекционные дома-экраны в мкр. №28; Б) – 125-ти квартирный жилой дом серии №85. Общий вид (Glaudinov et al., 1987).

В 1994 году произведена корректировка генплана и разработан ПДП (проект детальной планировки) Юго-Восточного планировочного района, однако данный документ не был утвержден. Несмотря на это, строительство велось отдельными пятнами из многоэтажных жилых домов, в первую очередь вдоль городских магистралей, формирующих фронт застройки. Архитектурно-художественные приемы жилых домов этого периода выражаются преимущественно снова через индустриально-интернациональное направление, представленное использованием пассивной пластики с витражами, декором и панно на фасадах жилых зданий.

Особая роль в сложении региональной идентичности отводится взаимоотношению между человеком и архитектурой. Восприятие художественного образа в контексте эпохи потребителем обусловлено пониманием его через конкретную социально-историческую ситуацию, индивидуальным или общественным установкам, эстетическим нормам, восприятием в аспекте функциональных потребностей и процессов.

Художественная составляющая регионального образа – система знаков и кодов, отсылающая реципиента к аналогии и ассоциативности с контекстом места, причастности к истории и культуре. Символы и знаки также, несут информативную нагрузку и сигнализируют о функциональной составляющей объекта. Различные символы и обозначения, выражающиеся не цитатно, а метафорически – способны воссоздать региональный дух в целом, в русле национальной философии и культуры (Danibekova, 2023). В свою очередь, символы можно отнести к пространственным региональным архетипам, которые через своеобразную трактовку прямых или образных отсылок выявляют суть этой самой идентичности. Например, образ террикона – привычного для этих мест – конического природного отвала из пустых пород, использованный в образе театра, или приемы дворцовой архитектуры, интенсивно используемые в жилой застройке для приобщения рабочих-шахтеров к высоким идеалам (культурному развитию) – это элементы системы знаков с отсылкой на историю и культуру, на контекст. В этом, нам видится, одно из выражений принципа уникальности регионального художественного образа и визуальной выразительности форм в архитектуре города Караганда.

Ежедневно человек пребывает в архитектурной среде и визуально «считывает» информацию, тем самым взаимодействуя с ней. Формирование среды обусловлено процессом деятельности, происходящим в ней и особенностями ее восприятия. Это происходит путем сложения необходимых факторов, таких как взаимосвязь и соподчиненность ее элементов, гармоничные включения новых элементов в существующий каркас и умелое сочетание с окружающей природой и ландшафтом. Архитектурная среда может выявить у зрителя зна-

комые ассоциации из жизненных переживаний, в тоже время вызвать новые непривычные ощущения. Здесь важен баланс целостного восприятия окружающей среды, выраженного через систему художественных образов и ассоциаций, и единства в соподчиненности и взаимодействии функциональных и эмоционально-образных элементов. Целостное восприятие пространства обусловлено глубоким всеобъемлющим синтезом – совокупностью накопленного опыта и гармонией всех основных элементов среды, их координации, придавая тем самым смысл, архитектурному проектированию (Danibekova, 2023). Успех и жизнеспособность региональной идентичности в архитектуре возможны при одновременном усвоении историко-генетического контекста места, так и влияний потенциальных ресурсов внешней среды. При таком подходе среда всегда находится в постоянном процессе самоорганизации – гармоничном развитии.

В целом, композиционная выверенность составляющих архитектурного пространства жилой застройки, шаг, ритм, определённые цветовые сочетания, внимательное отношение к деталям, вносят визуальные региональные признаки в силуэты зданий, обогащая палитру перспективных видовых направлений, раскрывающихся зрителю по мере его движения от одного жилого массива к другому.

5 ВЫВОДЫ

В процессе изучения и анализа архитектуры жилой застройки 1930-1990 годов г. Караганда было установлено следующее:

1. Региональная идентичность архитектуры жилой застройки выражена через использование основных принципов: создания климатического (санитарно-гигиенического) и психофизиологического комфорта; контекстуальности; критического осмысления традиций и инноваций.
2. Создание психофизиологического комфорта архитектурно-пространственной среды города решалась за счет преломления традиций в новой парадигме гармоничного сосуществования современной архитектуры и традиционных форм, знаков, знакового цвета и др. Одним из важных выразителей комфортной среды является теплые охристые оттенки фасадов жилых зданий в сочетании с белым цветом, принятые как цветовой код, противопоставленный серому гомогенному визуальному полю индустриальной зоны и мрачным подземным пространствам вынужденного пребывания шахтеров.
3. При организации психофизиологического комфорта городской среды большая роль отведена созданию системы озелененных территорий вдоль главных композиционных осей – примыкающих зон, скверов, бульваров, аллей и систем открытых территорий – площадей, эспланады центра, площадок общественных зданий и специализированных центров и др.
4. Организация психофизиологического комфорта путем создания безопасной, колоритной, доступной, эстетически привлекательной среды на всех уровнях ее восприятия через комплекс определенных архитектурно-градостроительных приемов и методов: «город – квартал – двор – квартира» – составляет ценное содержание жилой застройки, отражающее её региональный характер.
5. Создание климатического комфорта среды решалось на протяжении всего рассматриваемого периода. Принцип климатического комфорта использован при разработке методов борьбы с излишней инсоляцией, усиленным ветровым режимом и дискомфортными погодными условиями, выраженными в активном использовании домов-экранов, характером застройки (открытой и замкнутой), ориентацией по сторонам света, силуэтом зданий, разделением общих и частных зон декоративными оградами и др. При этом, основным функционально-планировочным приемом является замкнутая конфигурация жилых образований, с использованием буферных зон между территориями общего и ограниченного пользования и др.

6. Усиление региональной идентичности базируется на инструментах трансляции традиции через использование аутентичных форм, архетипов, декора, символики. Это стало достижимо путем творческого переосмысления, основанного на диалектике современных тенденций в архитектуре и глубокого понимания психического склада народного мышления, закономерности и целесообразности, отразившихся в формах, орнаментах и т.д.
7. Самобытность образа жилой застройки города, сложившейся на основе определенных подходов к ее осмыслению через синтез искусств, новое прочтение орнамента и народных мотивов в интерпретации классических форм, современный обновленный тип аутентичной архитектуры в образах науки и техники заслуживают особого внимания. Так, архитектура служила в качестве идеологического средства и инструмента воздействия на общественное сознание.
8. Региональная архитектура Караганды — это гармоничный симбиоз аутентичных форм, традиционных элементов народно-прикладного искусства, трансформированных под влиянием привнесенных идей, современных требований строительства и личного видения авторов, отхода от канонов и проявления уникальности.
9. Визуальная выразительность форм жилой застройки через композиционные приемы — создание интересного силуэта зданий и комплексов, массивоактивное использование цветовых сочетаний, информативность и пластическая проработка фасадов, связь с окружающим ландшафтом и контекстом и др. вносят свой вклад в самобытность городской среды и визуальный комфорт городского центра, являясь демонстрацией её неповторимой индивидуальности.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

БЛАГОДАРНОСТИ/ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование проводилось в рамках грантового финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан IRN AP19680138 «Региональная идентичность как фактор устойчивого развития архитектуры независимого Казахстана в условиях глобализации».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 30 **Resolution** of the Presidium of the All-Russian Central Executive Committee. (1934). [cited November 20, 2023]. Retrieved from: <https://docs.historyrussia.org/ru/nodes/377817-obutverzhdennii-dopolnitelnogo-spiska-gorodov-i-rabochih-poselkov-kazakskoy-assr-post- vtsik-32/fevralya-1934-g> (In Russ.).
- 40 **Sadykov, T.S., & Khassenova, Z.O.** (2019). Special settlers in Kazakhstan in the 1930s (the issue of development of the Karaganda coal basin) [Specpereselency v Kakhstane v 1930-e gg. (k voprosu osvoeniya Karagandinskogo ugolnogo basseina)]. Historical demography 2(24), 52/36. <https://doi.org/10.19110/2304-5922-2019-2-30-36> (In Russ.).
- 50 **Lebedev, S.A.** (2004). First street of the new city. [Pervaya ulica novogo goroda]. Industrial Karaganda, 215, 4-5. Retrieved from: <https://inkaraganda.kz/?article=7913> (In Russ.).
- 60 **General plan implementation scheme 1938.** (2007). Master plan of Karaganda [Shema realizacii genplana 1938 g. Generalnei plan Karagandy]. MLP SaAulet. Retrieved from: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P070001205> (In Russ.).

5. **Architecture** (2021) [Arhitektura]. Retrieved from: https://www.shuak.kz/index.php?option=com_content&view=category&id=37&Itemid=126&lang=ru (In Russ.).
6. **Glaudinov, B.A., Seidalin, M.G., Karpykov, A.S.** (1987). Architecture of Soviet Kazakhstan [Arhitektura sovetskogo Kazahstana]. Moscow: Stroiisdat (In Russ.).
7. **Mendikulov, M.** (1967). Updated "Sary-Arka". Cities of Kazakhstan [Obnovlennaya " Sary-Arka". Goroda Kazahstana]. Almaty: Kazakhstan (In Russ.)
8. **Reva, M.V.** (2014) Architecture of Central Kazakhstan in the 1930s: beginning of the 21st century [Arhitektura Centralnogo Kazahstana 1930-h gg. – nachalaXXI v.]. Karaganda: Publishing house KarGTU. (In Russ.).
9. **Konobrickaya, E.M.** (1950). New cities of Central Kazakhstan [Novye goroda Centralnogo Kazahstana]. Almaty: Publishing house of Academy of science (In Russ.).
10. **Minin, V.** (2003). This is how Karaganda began. Industrial Karaganda 10 [Tak nachinalas Karaganda. Industrialnaya Karaganda]. Retrieved from: <https://lib.kstu.kz/wp-content/uploads/2018/02/Minin-V.-Tak-nachinalas-Karaganda.pdf> (In Russ.).
11. **Auzhanov, N.T.** (1982). Formation of the architectural and planning structure of industrial cities in a group settlement system (on the example of the Karaganda region) [Formirovaniye arhitekturno-planirivochnoi struktury promyshlennyh gorodov v gruppovoi sisteme rasseleniya (na primere Karagandinskoi oblasti)]. Dissertation candidate of architecture. Leningrad. (In Russ.).
12. **Malinovskaya, E.G.** (2017) “Repressed architecture” - Stalin's new buildings, creativity and fate of architects [“Repressivnaya arhitektura” – stalinskie novostroiki, tvorchestvo i sudby arhitektorov]. Almaty: ARK Gallery. (In Russ.).
13. **Samoilov, K.I.** (2004). Architecture of Kazakhstan of the twentieth century Development of shaping [Arhitektura Kazahstana XX veka: Razviniye formoobrazovaniya]. Dissertation Doctor of Architecture. Moscow. (In Russ.).
14. **Danibekova, E.T.** (2023). Regional identity in modern architecture of Kazakhstan. [Regionalnaya identichnost v sovremennoi arhitekture Kazahstana]. Almaty: IEC. (In Russ.)
15. **Baitenov, E.M.** (2019). Regional features of architecture [Regionalnye osobennosti arhitektury]. Almaty: IEC. (In Russ.).
16. **Abdrasilova, G.S., & Danibekova, E.T.** (2021). Development of architecture and spatial environment of the city of Turkestan in modern conditions. [Razvitie arhitektury i prostranstvennoi sredy goroda Turkestana v sovremennyh usloviyah. Vestnik KazGASA]. KazGASA Bulletin 2(80), 7-13. (In Russ.) <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2021.2-10>
17. **Decree No. 1871.** (1955) of the CPSU Central Committee and SMR “On the elimination of excesses in design and construction” [Postanovlenie № 1871 CK KPSS и SMR «Ob ustraneniі izlishestv v proektirovaniі I stroitelstve»]. Retrieved from: https://www.libussr.ru/doc_ussr/ussr_5043.htm (In Russ.).

UDC 624
IRSTI 67.11.29
REVIEW ARTICLE

ANALYSIS OF RESEARCH RESULTS AND APPLICATION OF PILES AS PART OF HYDRAULIC FACILITIES

I.I. Bekbasarov¹, N.A. Shanshabayev^{1,*} 

¹M.Kh.Dulaty Taraz regional University, 080012, Taraz, Kazakhstan

Abstract. *The review article analyzes the results of research and application of various types of pile structures as part of hydraulic structures, including hammered, bored, tongue-and-groove piles. The results of the analysis of the study of foreign and domestic experts have shown the effectiveness of the use of piles in hydraulic engineering. The applications of piles as anti-filtration curtains of dams, for blocking riverbeds, the base of trough channels, aqueducts, mooring, embankments, fencing, shore-strengthening and other hydraulic structures are described. The features of the work of various types of driven piles (prismatic, wedge-shaped, conical, tongue-and-groove) and pile foundations of various hydraulic structures (trough channels, aqueducts, mooring, embankments, fencing, shore-strengthening, etc.) are considered. structures). The use of bored piles in the construction of the base of various hydraulic structures is described. The overall dimensions of the well piles for the installation of drilling piles are given. The distinctive features of various hydraulic structures on pile foundations under the influence of static, dynamic and special loads are revealed. Methods for calculating the parameters of immersion, deformability, stability and bearing capacity of piles and pile foundations are considered, which allow taking into account the patterns of their joint work with hydraulic structures. The analysis of the study shows a number of positive examples of the use of piles as part of hydraulic structures: cost-effectiveness, manufacturability, quickness and efficiency, etc.*

Keywords: *hydraulic engineering construction, bored pile, secant drilled pile, driven pile, sheet pile, bearing capacity, energy intensity.*

***Corresponding author**

Nurzhan Shanshabayev, e-mail: nucho91@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-06>

Received 07 November 2023; Revised 20 November 2023; Accepted 27 November 2023

ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМДАР ҚҰРАМЫНДА ҚАДАЛАРДЫ ПАЙДАЛАНУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІН ТАЛДАУ

И.И. Бекбасаров¹, Н.А. Шаншабаев^{1,*} 

¹М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, 080012, Тараз, Қазақстан

Аңдатпа. Шолу мақаласында гидротехникалық құралымдардың құрамындағы қадалар құрылымдарының әртүрлі түрлерін зерттеу және қолдану нәтижелеріне талдау жасалды, оның ішінде қадалар, бұрғылау, шпунт, бұрғылап-кесу қадалары. Шетелдік және отандық мамандардың зерттеу нәтижелері гидротехникалық құрылыста қадаларды қолданудың тиімділігін көрсетті. Қадаларды бөгеттердің сүзгіге қарсы перделері ретінде, өзен арналарын, науа арналарының, су құбырларының, айлақ, жағалау, қоршау, жағалауды нығайту және басқа да гидротехникалық құрылыстардың негізін жабу үшін қолдану сипатталған. Әртүрлі гидротехникалық құрылыстардың (науа арналары, су құбырлары, айлақ, жағалау, қоршау, жағалауды нығайту және т.б. құрылыстар) әртүрлі типтегі қадалардың (призматикалық, сына тәрізді, конустық, тілдік, тілдік) және қадалардың іргетастарының жұмыс ерекшеліктері қарастырылған. Әр түрлі гидротехникалық құрылыстардың негізін салу кезінде Бұрғылау қадаларын қолдану сипатталған. Бұрғылау қадаларын орнатуға арналған ұңғымалар қадаларының жалпы өлшемдері келтірілген. Статикалық, динамикалық және ерекше жүктемелерге ұшыраған кезде қадалардың іргетастарындағы әртүрлі гидротехникалық құрылымдардың айрықша ерекшеліктері анықталды. Қадалар мен қадалардың іргетастарының деформациялануын, тұрақтылығын және көтергіштігін батыру параметрлерін есептеу әдістері қарастырылады, бұл олардың гидротехникалық құрылымдармен бірлескен жұмысының заңдылықтарын ескеруге мүмкіндік береді. Зерттеуді талдау гидротехникалық құрылыстардың құрамында қадаларды қолданудың бірқатар жағымды жақтарын көрсетеді: үнемділік, технологиялылық, тез салынатын және перспективалық және т.б.

Түйін сөздер: Гидротехникалық құрылыс, бұрғылама қадалары, бұрғылау-кесу қадалар, қағылмалы қадалар, шпунтттық қадалар, жүк көтергіштігі, энергия сыйымдылығы.

*Автор-корреспондент

Нуржан Шаншабаев, e-mail: nucho91@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-06>

Алынды 07 қараша 2023; Қайта қаралды 20 қараша 2023; Қабылданды 27 қараша 2023

УДК 624
МРНТИ 67.11.29
ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРИМЕНЕНИЯ СВАЙ В СОСТАВЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

И.И. Бекбасаров¹, Н.А. Шаншабаев^{1,*} 

¹Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, 080012, Тараз, Казахстан

Аннотация. В обзорной статье выполнен анализ результатов исследования и применения различных видов свайных конструкций в составе гидротехнических сооружений включая забивные, буронабивные, шпунтовые, буросекущие сваи. Результаты анализа исследований зарубежных и отечественных специалистов показали эффективность применения свай в гидротехническом строительстве. Описаны применения свай в качестве противофильтрационных завес плотин, для перекрытия русел рек, основании лотковых каналов, акведуков, причальных, набережных, оградительных, берегоукрепляющих и других гидротехнических сооружений. Рассмотрены особенности работы различных видов забивных свай (призматических, клиновидных, конусных, шпунтовых) и свайных фундаментов из них различных гидротехнических сооружений (лотковых каналов, акведуков, причальных, набережных, оградительных, берегоукрепляющих и др. сооружений). Описано применение буронабивных свай при устройстве оснований различных гидротехнических сооружений. Приведены габаритные размеры свай и скважин для устройства буронабивных свай. Выявлены отличительные особенности различных гидротехнических сооружений на свайных фундаментах при воздействии статических, динамических и особых нагрузок. Рассмотрены методы расчета параметров погружения деформируемости, устойчивости и несущей способности свай и свайных фундаментов, позволяющие учитывать закономерности их совместной работы с гидротехническими сооружениями. Анализ исследований показывает ряд положительных преимуществ применения свай в составе гидротехнических сооружений: экономичность, технологичность, быстровозводимость и перспективность и др.

Ключевые слова: гидротехническое строительство, буронабивная свая, буросекущая свая, забивная свая, шпунтовая свая, несущая способность, энергоемкость.

*Автор корреспонденции

Нуржан Шаншабаев, e-mail: nucho91@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-06>

Поступила 07 ноября 2023; Пересмотрено 20 ноября; Принято 27 ноября 2023

1 INTRODUCTION

Pile structures are widely used in the construction of hydraulic facilities for various purposes. In many cases, this is the only possible rational solution for such structures erected in unfavorable engineering-geological, natural-climatic and cramped conditions (Fedorovsky et al., 2003; Popov et al., 2015; Popov et al., 2015). In hydraulic engineering construction the most widespread are bored piles, secant drilled piles, driven piles and tongue-and-groove piles. The results of studies and experience of their application for the construction of a number of hydraulic structures are considered below.

2 APPLICATION OF BORED AND SECANT PILES

Research results and peculiarities of designing, calculation and arrangement of bored piles for erection of hydraulic facilities are reflected in works of Kruglitsky N.N., Milkovsky S.I., Skvortsov V.F., Sheinblum V.M., Fedorov B.S., Smorodinov M.I., Baranov A.E., Pridanova O.V., Vdovenko A.V., Mityunina G.P., Unaibaev B.B. and etc.

The most widespread application of bored piles in hydraulic engineering construction is their use as an impervious dam barrier. For the first time such a barrier drilled was arranged in 1948 during the construction of the Haleys Dam in the California, USA (Kruglitsky et al., 1973; Fedorov et al., 1975). A similar method of dam impervious blanketing was developed in the former USSR by the Gidrospetsstroy Trust. This method was implemented by Soviet specialists in 1959 during the arrangement of the foundation of Sherubai-Nurinsk (Churubai-Nurinsk) reservoir of Karaganda State District Power Station-II. In subsequent years the impervious curtains from bored piles were also successfully erected in the foundation of the dams of the Yerevan HPP (Armenia) and Sion HPP (Georgia) (Ayrapetyan, 1991).

Pile structures of these first impervious curtains are arranged by preliminary drilling of holes with diameter of 0.6-1.0 m and their subsequent filling with concrete. In order to form a continuous pile wall, the works were carried out in two stages (Zhivoderov, 1991; Chugaev, 1979). The first phase of works included preparation of wells at a certain distance and their concreting. In this case, the distance between the wells of the first phase was taken no more than their diameter. The second phase of works consisted in drilling wells between the prepared piles and concreting them. As a result, a solid wall of bored piles of the required length and depth was made. So the length of the pile wall-curtain of Sherubay-Nurinsk dam made 950 m, and its depth - 23 m. The curtain under the dam is arranged in sandy-pebble soils with a thickness of 7-40 m. At the Yerevan and Sion hydropower plants the depth and length of the impervious curtains were smaller.

Drilled piles are often used as foundation structures for a number of hydraulic facilities. So foundations made of two rows of bored piles are arranged under the supports of the Zaragskaya HPP water pipeline. The length of the water pipeline is 649 m, and the inner diameter of the pipes is 7.5 m. Each 40-meter long section of the water pipeline weighed 150 tonnes. The use of bored pile foundations helped to reduce uneven settlements of the structure (Neporozhnykh, 1982).

Bored piles were also arranged at the base of the foundation slab of the head of the bottom spillway - the outfall of the Yumaguzinsky waterworks (Andrianov et al., 2003). At this site, piles with a diameter of 0.5 m and a length of 20 to 44 m were used, which increased the bearing capacity of the foundation and eliminated the appearance of uneven settlements of the foundation.

Baranov (2008) during the construction of Yumaguzinskiy waterworks along with the developed anti-cast measures to ensure stability and durability of the tower water inlet, it was proposed to install redundant bored reinforced concrete piles in its base. This design proposal implemented at this site was aimed at increasing the level of safe operation of the structure in conditions of karst manifestations. The results of the relevant monitoring have confirmed the effectiveness of the adopted solution.

Traditionally, bored piles used in the construction of buildings and structures are made of concrete and reinforced concrete. Pridanova (2009) performed experimental and theoretical assessment of the possibility of using bored piles made of ash-and-slag mixtures as part of hydraulic structures. The use of ash-and-slag mixtures as the material for bored piles gives them undeniable advantages in comparison with traditional concrete piles. Indeed the increase of ash-and-slag material durability in the course of 15-20 years increases the bending (by 30-35%) and compressive (40-50%) strength of pile structures. This in turn improves the carrying capacity of piles. It is also significant that in the manufacture of these piles is not required the use of traditional building materials such as sand and gravel. The bored piles made of ash-and-slag mixtures are recommended to be used to reduce the active pressure of backfill soil on the quay embankment walls. The research showed that the arrangement of pile rows in the backfill back body (in the reversal prism area) relieves the quay sheet wall, reducing the efforts in its anchor rods by 14%, deflections - by 27% and displacements of the wall top - by 17 mm. Thus, the use of ash-and-slag bored piles reduces the stress-strain state of the quay walls and contributes to improving the environmental safety of areas with ash-and-slag wastes.

Specialists (Sainov & Shaimerdivanov, 2018) recommended to use a diaphragm made of bored piles instead of concrete bored piles, but of bored piles made of clay-cement concrete for the arrangement of the impervious element of the rock-fill cofferdam. Such decision is substantiated by the results of the studies on the stress-strain state of the concrete diaphragm under the action of seismic forces. It is established that the effect of horizontal seismic load increases bending deformations of concrete diaphragm and causes the appearance of tensile stresses in it, which may exceed the tensile strength of concrete piles. The most dangerous (vulnerable) place of the diaphragm under the action of seismic load is the conjugation zone between the piles and the rock foundation. For this reason, the authors have proposed to increase the slip resistance of the diaphragm by means of a special "cushion" of glycement concrete to connect it with the rock foundation.

In the practice of hydraulic facilities construction and research there is an experience of using bored piles for overlapping river channels, providing preservation and stability of slopes, banks, hillsides, etc. For example, 25 cm diameter bored piles were used to cover the Huanhe River bed (China). The pile row is arranged for the whole length of the river bed with the length of 28 m. The lower ends of the piles were sunk 2.0 m into the bedrock. The piles have been strengthened with metal chocks and anchored into the river bank to increase their settling ability (Yerakhtin & Yerakhtin, 2007).

Vdovenko & Mityunina (2014) presented a variant of anti-slide structure from bored piles. The peculiarity of this design is that the bored piles are interconnected by two tiers of inclined slabs that perform unloading functions. To ensure stability, the piles are anchored with steel ties embedded in ground anchors at the bottom of the slope. At the top of the slope, the piles are secured with wedge-shaped anchors. Unloading plates are threaded onto the piles through holes in the piles and fastened to them by means of embedded parts. In contrast to the driven pile structures, bored piles as part of the landslide prevention and shore protection structures can be arranged in cramped conditions, with the exclusion of industrial noise and shock and vibration effects on the subgrade and nearby objects (GOST R. 58744.1-2019, 2020).

Unaibayev et al. (2021) are described the results of studies on the arrangement of bored piles in the base of the retaining wall, erected on the Koktobe mountain (Almaty). Piles with a length of 4 m and a diameter of 0.4 m are arranged with a protective silicate shell in saline soils. Comparative experiments revealed that the bearing capacity of piles with a protective silicate shell is 2.5-3.2 times higher than the bearing capacity of conventional bored concrete piles. It is also found that the process of moistening of saline soils causes a decrease in the bearing capacity of bored piles under the static indentation load. Furthermore, for piles with a protective silica casing the share of bearing capacity reduction is 8.9%, and for the conventional pile - 27.7%. The bored piles with a protective silicate shell, giving a higher bearing capacity, are recommended for use in saline silt-clay soils.

Along with the traditional bored piles in hydraulic engineering construction, for the erection of impervious barriers and elements, secant piles are also successfully used, which can be referred to

their varieties. Secant drilled piles, like bored piles, are arranged in two technological stages, but differ in size and are made with a partial overlap of the cross sections of the neighboring piles. The reinforcement of such piles can be volumetric or rigid (from profile elements). Both concrete and other materials are used as pile filler.

Isichenko & Nizhne-Bureyskaya (2012), (**Pat. 151898 RU, 2015**) the first experience in the use of bored piles in Russia is outlined. So, in 2016, for the arrangement of the impervious element in the form of a diaphragm of the stone-and-earth dam of the Nizhne-Bureisk HPP, the bored piles were used. When constructing the diaphragm, 417 main wells and 47 additional wells were drilled and filled with clay-cement concrete. The height of the bored piles from the specified filtration-resistant material, within the dam, was 37 m. The thickness of the diaphragm was 1.2 m. The lower ends of the piles were sunk into the rocky soils. The piled diaphragm was arranged instead of the dam core of loamy soil.

The effectiveness of using clay-cement concrete as a material for pile impervious diaphragm is confirmed by studies of **Sainov & Kudryavtsev (2016)**. The authors found that the type and properties of the diaphragm material have a significant impact on its resistance to bending under the action of hydrostatic pressure. It was found that in the bored pile diaphragm made of clay-cement concrete tensile stresses at its bending are not manifested (at the strain modulus of clay-cement concrete less than 1000 MPa). At the same time, this ensures reliability and stability of the dam's impervious elements.

The use of bored piles in construction, including hydraulic engineering construction, is known to have limitations, which are primarily related to the depth of their installation. So the depth (length) of bored piles traditionally does not exceed 30-40 m. At greater depths it is difficult to ensure the integrity of the pile shaft. Therefore, the use of bored piles for impervious elements of high dams is a great risk, which often leads to rejection of their use. Considering this circumstance, the specialists of JSC "Gidrospektroekst" suggested to arrange a multilevel impervious diaphragm during the construction of Gotsatlinsk HPP (Russia) with a height of 69 m (**Sainov & Kotov, 2018**). According to the idea of experts, such a diaphragm should consist of several pile tiers (rows) in height. The lower tier of bored piles is sunk into the soil base, and each subsequent pile tier is arranged with the surface of a monolithic slab that is laid on top of the underlying pile tier. The height of each yard should not exceed 30 m. Both bored piles and the slabs between them are proposed to arrange of clay-cement concrete. Researches (**Sainov & Kotov, 2014; Radzinsky et al., 2014; Sainov et al. 2018**).

Specialists (**Sainov & Kotov, 2018; Sainov & Kotov, 2014; Radzinsky et al., 2014; Sainov et al. 2018**), including numerical modeling, established that the use of multilevel and one-tier impervious elements of bored piles made with the use of soil-cement concrete increases their reliability. The closer the material of bored piles is to the ground of the dam in terms of deformability, the higher the operability of impervious diaphragms.

The dependence of deformability and hence the serviceability of pile impervious elements on the properties of clay-cement concrete led to the conduct of **Korolev et al. (2013)** a set of tests of samples of different composition of clay-cement concrete, called by them composite materials. Studies were carried out to select the optimal composition of composite material for bored piles according to its physical and mechanical characteristics exhibited in the design of Gotsatlinsk dam. It was found experimentally that the composite material which includes sulfate-resistant Portland cement 400, crushed stone with a fraction of 5-10 or 5-20 mm, washed sand with grain modulus 3.32, bentonite clay powder PBN, powder sodium lignosulfonate and superplasticizer C-3 is the most rational for bored piles. The cement consumption should be 180 kg/m³. To verify the results of studies, as well as to refine the technology of manufacturing bored piles, experts have also carried out pilot works. The results of the works showed a good borehole filling with the optimal composition of the composite material as well as its sufficient density and strength.

The results of studies on the composition and properties of clay-cement concrete for pile and trench impervious elements of dams are presented by **Radzinsky (2014)**. Based on the analysis of experimental results and data of some foreign specialists, the author states that the amount of cement

used to produce clay-cement concrete piles should be not less than 100 kg/m^3 and not more than 200 kg/m^3 , and the amount of bentonite clay - not less than $15\text{-}20 \text{ kg/m}^3$ and not more than 100 kg/m^3 . It has been revealed that instead of bentonite clay, ordinary clay, or its mixture with bentonite clay, can be used. It is also noted that with stronger compositions of soil-cement concrete in piles there is an increase in vertical operating stresses, almost 5-7 times. This is caused by a higher deformation modulus (100 MPa and higher) of strong pile material compositions. The results of the study show that for large values of the filtration coefficient of foundation soils it is advisable to use bored piles.

Secant drilled piles, in addition to the arrangement of the impervious elements of dams, are also used for the construction of protective structures of hydro-technical facilities (**Rus Hydro Dagestan branch**). Thus, during the construction of the Zaramagskaya HPP-1 in the Republic of North Ossetia, the bored piles are used for the construction of the enclosing wall. This pile wall is designed to protect the excavation of the HPP building from filling with water during construction and installation works. The wall was erected as an integral structure of 580 concrete piles ranging in length from 9 to 40 m (Fig. 1). During the construction of the mentioned HPP the bored piles were also used as foundation structures of the retaining wall. More than 500 piles with a length of 24 m were installed under the retaining wall. The retaining wall was erected as a protection structure of the hydropower plant building from rockfall.

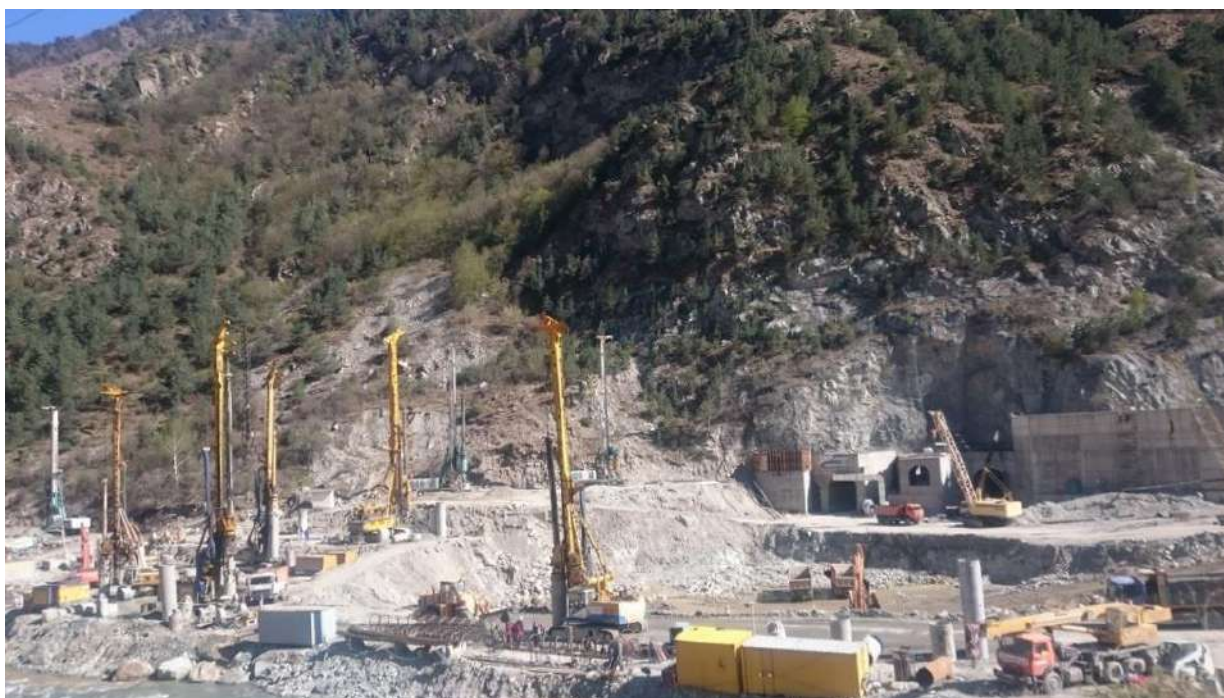


Figure 1 – Installation of secant drilled piles to protect the excavation of the Zaramagskaya HPP-1 building <https://osetia.rushydro.ru/hpp/zaramagskaya-ges-1/>

Secant drilled piles used as the main load-bearing structures of dams' impervious elements may be damaged during operation in the form of cracks, spalling, etc. This may be caused by changes in the temperature regime of dams, the impact of seismic loads and a number of other natural and man-made factors. **Kotlov et al. (2014)** and **Orishchuk (2019)** present the results of studies on self-healing of secant drilled piles of impervious diaphragms of soil dams. It is proposed to fill inclined and horizontal cracks in the shaft of piles by means of a special protective (healing) layer of sand along their lateral surface. When opening a crack in the pile, sand from the healing layer gets (washed) into the crack and moving inside it fills its cavity. On the reverse side, the crack is closed by the material of the downstream transition zone of the dam. As a result of field experiments, facts of washing out (filling) of holes in the body of diaphragm piles to the depth of 33-44 cm were fixed.

Drilled secant piles in hydraulic engineering construction are used not only in the construction of new facilities, but also in the liquidation of emergency situations of operating structures. [Bardukov et al. \(2000\)](#) the peculiarities of arrangement of an impervious diaphragm made of bored piles at the emergency section of the Kureyskaya HPP dam are considered. At this section, the core of the dam was in extreme cracking condition, which was the reason for repair works. Works on clay concrete piles were performed from the crest of the dam. Piles 35 m long crossed the core of the dam, cut through mesko-grained sands at the base of the dam and were sunk 3-5 m into dense loamy and sandy loam soils. Piles were built using casing pipes. The length of the constructed diaphragm was 140 m. The impervious diaphragm made of bored piles was made without reducing the water head acting on the dam.

In the whole on the basis of the results of researches of Russian and other foreign scientists the specialists of “Vedeneev VNIIG” JSC together with the specialists of JSC "Lengidroproekt" developed recommendations for design, calculation and construction of impervious elements of clay-cement concrete bored piles ([STP 310.02.NT-2017 \(2017\)](#)). The publication of these recommendations allowed to systematize and regulate the issues related to the use of bored piles as part of ground dams.

3 APPLICATION OF DRIVEN PILES AND TONGUE-AND-GROOVE PILES

The issues of research and application of driven piles and foundations made of them for hydraulic facilities in different years were dealt with by many scientists, among them it should be noted Kovalev V.A., Abdul Karim S.R., Kaganov G.M., Kubenov R.T., Kadirov O., Glagovsky B.B., Bakhtin B.M., Bekbasarov I.I., Usmanov R.A., Salimov S.V., Korovkin V.S., Rakharinusya A.P., Kostromin F.S., Sosnin S.A., Shekhovtsev V.A. A brief overview of their research results is presented below.

[Kovalev \(1983\)](#) considers the issues of improving the reliability, as well as reducing material costs and reducing the duration of construction of flume channels and network HS constructed on subsident loess soils, through the use of pile foundations of piles of different longitudinal shape. The prismatic, wedge-shaped and cone-shaped reinforced concrete piles with a length of 3-5 m were the object of research. Experimental piles were tested for the action of vertical indentation and horizontal loads. The author conducted a total of 27 experiments with twofold repetition, which indicates the sufficient reliability of the results. Experimental studies have shown that the bearing capacity of piles in subsidence soils largely depends on the compaction of soil around the pile during its driving. This is how, when driving a prismatic pile, the width of soil compaction zone in the upper part reached 10-15 cm and in the lower part - 35-40 cm. The maximum width of the soil compaction zone was 150 cm under the pile tip. The dimensions of compacted soil zones around the lateral surface of wedge and cone piles were larger than those of prismatic piles. Based on the results of static testing of piles, it was found that the resistance on the lateral surface of wedge and cone piles is up to 50% greater than the same resistance of the prismatic piles. Considering the identified features of the behavior of piles of different shapes, developed and proposed a method for calculating their carrying capacity in subsidence soils.

In addition to the experimental assessment of the carrying capacity of piles of different forms Kovalev V.A. conducted systematic long-term observations (over 15 years) of deformations of pile foundations of water-conducting flume channels. It was found that deformations (settlements) of flume structures on traditional supports are more than 20 cm, and on pile foundations - less than 3-4 cm. These data testify to the reliability of pile foundations. The author proposed a methodology for calculating the deformations of flume channels and network HS on pile foundations. The method allows to take into account the joint work of piles with the surrounding soil. The reliability of pile foundations in subsidence soils is shown, as well as the possibility of saving construction materials and reducing the construction period due to the use of pile foundations.

Abdul Karim (1992) studied the behavior of piles and pile foundations of hydraulic facilities in subsidence soils, taking into account the negative friction that occurs along the side surface of piles during their settling due to soaking of the soil with water. On the basis of theoretical studies the author has developed a generalized method of calculating the carrying capacity and settlement of piles, taking into account the forces of negative friction. To match the calculated and experimental results, coefficients characterizing interaction of the pile with the surrounding soil have been introduced into the method. We have obtained tabular values of these coefficients that allow to perform a preliminary calculation of piles bearing capacity. The developed method was tested as applied to the pile foundation of an aqueduct prohibited in loess subsidence soils.

Kaganov (1992), Kaganov et. al. (1989), Kaganov & Adesman (1988) presents the results of studies of the operation of pile foundations, which he considers as foundations of multi-arched low-pressure dams. Studies carried out on the models allowed to reveal that the strength of piles and strain-strain characteristics of soils of nonrock foundation of dams affect the carrying capacity of piles and the fractibility of pile cross-sections. Thus, it was found that under the action of horizontal load, the strength of the pile material has a significant impact on the bearing capacity of the flexible pile. It was found that an increase in the tangent angle of internal friction of loose sand by 60% (due to the addition of a rubber crumb) causes an increase in the bearing capacity of piles with a free head by 25%. A similar pattern is typical for a pile with a pinched head. However, the bearing capacity of the pile with the pinched head part is 25-30% higher than the bearing capacity of the pile without pinched head part. The experiments revealed a qualitative picture of the failure process of piles in the rooftop. Failure of piles in the rooftop occurred with the formation of more often two and less often one "plastic joint" along their length. The first joint was formed in the area of pile embedding in the ridge, and the second - at some depth from the bottom of the ridge. And the collapse of all piles in the dike occurs simultaneously. Based on the minimum values of horizontal, vertical and angular displacements, it was found that the more preferable of the pile foundations are foundations in which the piles are not arranged vertically and not inclined, but according to the gantry scheme, when the lower ends of the piles are spread in opposite directions.

Kubenov (2000) presented the fact of unsuccessful application of driven piles in subsidence soils under the network hydraulic structures of South Kazakhstan. Since the author points out that as a result of unexpected subsidence occurring in the medium subsidence soils of the Kzyl-Orda region, there was a massive destruction of the flume irrigation network built on driven piles. The flume structures, built in 1984, almost a year later turned out to be unusable due to excessive uneven subsidence deformations of pile supports. At the same time, the maximum subsidence was 20-40 cm. Costs of repair and restoration of flume structures almost 1,5 times higher than the cost of new construction of similar structures. Proceeding from the described negative fact it has been suggested to consider subsidence in the design of structures on subsidence soils as one of the mandatory design situations of the first group of limiting states.

Kadirov (1993) carried out studies of combined dams on models in which the head is arranged through from driven piles-shells, united by a rostrum. It is noted that combined dams, due to the presence of through part (of piles), in comparison with deaf dams have a smaller depth of erosion during operation. This is due to the passage of some water through the through part of the dam (through the space between the piles). Another important advantage of such dams is the use of pre-fabricated piles, the use of which reduces construction time and improves the quality of works. The optimal ratio of the size of the blind part of the combined dam to the size of its through part was established by the author.

Glagovsky (2002) developed and proposed methods for static and dynamic calculations of foundations of power and hydraulic structures. The author has developed a technique for determining displacements and rotation angles of shell piles in stratified soils. On the basis of this technique, a program for calculating similar parameters of piles has been compiled. The results are obtained on the basis of the theoretical solution of the problem about the deformation of the pile-shell under the action of the horizontal load considering the elastic-plastic model of the foundation soil. A method

for calculating the load-carrying capacity of drawn piles widely used for securing offshore hydraulic structures has also been developed. Estimated effect on the bearing capacity of drawn piles of such factors as the size of piles, the depth and direction of application of the load on them, as well as the heterogeneity of soils of the base has been carried out. In addition, based on the results of the studies performed, a method of calculating the deformations of the pile foundation of a turbine unit, which allows taking into account its stiffness in the upper part, as well as the pile interaction features in the foundation.

Bakhtin (2005, 1996) presents the results of studies on the dynamic interaction of non-soil and soil elements of hydraulic structures erected on piles in seismic areas. The issues of optimal modeling of piles are considered in the studies. New criteria for modeling of pile structures allowing to increase reliability of research results are offered. The hypothesis describing the character of work of the system "pile-soil" under the action of dynamic load is also offered. The correctness of the hypothesis is confirmed by the results of tests of natural and model piles. It was found that the ratio of pile length and diameter has a direct impact on the accuracy of the results obtained. The optimum ratio of these pile parameters is determined, in which the discrepancy between the calculated and experimental data does not exceed 25%.

Bekbasarov (2007) reviewed the issues of piling and pile foundations for linear hydraulic structures such as aqueducts, mudflows, pipelines, flume structures, etc. The author took as an object of research the driven reinforced concrete prismatic piles of continuous section. On the basis of experimental and theoretical studies the author has developed and implemented a methodology of rational arrangement of reinforced concrete prismatic piles and pile foundations of them for supports of water and mud structures. The use of the method allows to design the pile foundations of structures taking into account the integrity of concrete piles when driving them, achieving their required carrying capacity and depth, as well as the sufficient capacity of hammers used for pile driving and a number of other important factors. The technique includes calculation methods, allowing to determine such parameters of pile-driving process as compressive stress in their head part during hammer strikes, hammer impact energy during pile immersion, the height of the protruding surface of the near-pile soil during pile-driving and a number of other parameters. The economic analysis of designs of a foundation part of water conducting hydraulic structures is carried out, by the results of which the correlation dependences are offered, allowing to carry out an operative estimation of cost of arrangement of pile foundations for such constructions. The main results of researches are included in some republican normative-technical documents on pile foundation construction.

Pile structures are also widespread in port construction, due to the extraction of energy resources from the seabed and the intensive development of logistics in the field of water transport. In port construction, driven wooden, steel and reinforced concrete piles are used for the construction of hydraulic structures (**Nikolaev, 1972**). In studies (**Salimov, 1993; Korovkin, 1994; Rakharinusi, 1999; Kostromin, 2000; Sosnina, 2006; Shekhovtsev, 2010**), the results of research and experience in the use of piles in this area are presented.

Salimov (1993) shows the results of studies to assess the load-carrying capacity of eccentrically compressed two-layer tube-cement piles under short-term and long-term loads. The piles were used as anchors and were intended for supporting marine hydro-technical structures. Along with the theoretical studies the author conducted and full-scale experiments using 38 samples of two-layer pipe-cement piles. Samples of piles were made of two pipes, external and internal. The diameter and thickness of the outer tube was respectively 159 and 6 mm, while the diameter and thickness of the inner tube was respectively 114 and 7 mm. The length of the pile samples was taken to be 1.0, 2.6 and 3.4 m. Two-layer pipe-cement pile specimens were filled with tamped Portland cement in two variants (in the first variant completely, and in the second variant - only the interpipe space). Off-center longitudinal and transverse loads were applied to the piles. The processing and analysis of experimental results show that in case of large eccentricity of load application the deformation covers the compressed and stretched zone of piles. On the basis of the obtained data the method of calculation

of bearing capacity of two-layer tube-cement piles under short-term and long-term loads has been proposed.

Korovin (1994) considered the issues of improving the strength and durability of port hydraulic structures on a pile foundation. To assess the effect of soil moisture, as well as its freezing and thawing on the state of the piles, the author conducted seminatural studies on the territory of the embankment of the Volga Reservoir. On the basis of the research results a calculated method of predicting the reduction of bearing capacity of the pile base of quay structures, which takes into account the physical and mechanical characteristics of soils, was proposed.

The author also performed an examination of the Tyumen embankment structures, which revealed that their pile bases of reinforced concrete piles-shells 60 cm in diameter with wall thickness of 10 mm had multiple cracks of different nature. At the time of the survey the proportion of piles with cracks reached 70% of their total number. It was determined that the main causes of cracking in the piles were temperature changes and freezing of aggregates (hydrophobic mixtures) of the shell-piles during the winter period.

Rakharinusi (1999) outlined the features of the use of steel tubular piles with open bottom end for the construction of port hydraulic structures. It was found that the height of the soil core, which is formed in the cavity of piles during their immersion, for steel tubular piles is greater than for reinforced concrete pile-shells, and can reach their immersion depth. The influence of pile diameter, pile wall thickness and soil density on the formation of soil core in its cavity has been evaluated. The coefficients of soil conditions under the lower end and on the side surface of the piles to calculate their carrying capacity using the design resistance of soils have been suggested. It is recommended to use non-traditional Mises-Botkin strength parameters to determine the carrying capacity of piles using the strength characteristics of soils. In addition, we obtained dependences which allow us to determine settlements of steel tubular piles by constructing "settlement-load" diagrams both with and without using the results of static tests.

Kostromin (2000) presented the results of theoretical and experimental studies aimed at developing methods for calculating hydraulic structures of gravity-pile type taking into account their interaction with the soil base. A physical picture of the operation of a gravity pile foundation in soils of different moisture content has been established. The parameters necessary to assess the interaction of the foundation and the base under the force impact have been determined. On the basis of studies using various modifications of models of foundations of structures, recommendations for the assignment of optimal parameters of the pile field, stiffness, conditions of fixing and location of piles under the foundation slab have been developed. Overall, the conducted research allowed us to form the basic principles of designing ice-resistant gravity-pile platforms for the joint action of external force factors under nonlinear soil conditions, as well as to make an algorithm for their calculation, with consideration of the mutual influence of the slab and piles.

The work performed by **Sosnina (2006)** includes studies on the development of a methodology for calculating the bearing capacity of steel tubular piles used to secure offshore hydraulic facilities on the shelf. The studies consider several types of anchor-type piles used to secure platforms in the Arctic shelf of Russia. Using flat models of piles, the influence of pile diameter, their immersion depth, places of cable fastening and the direction of force on their carrying capacity was studied. The results of FEM calculations have revealed a 1.7-fold increase in the carrying capacity of the pile being sucked, if the cable is fixed in its lower part, as compared to fixing it in the upper part. This effect can be attributed to the movement of the pile in the soil without turning it around its axis. The experimental and numerical research results testify to high carrying capacity of the drawn piles and possibility of their application in marine hydraulic engineering construction. An author, on the basis of research results, has proposed a methodology for calculating the carrying capacity of single piles and pile clusters under the influence of combined loads.

Shekhovtsev (2010) presents the results of studies to determine the strength and stability of pipe-concrete structures and support blocks of offshore stationary platforms under different loads. Static and dynamic calculations of TP-4 platform with dimensions of 46×18×0.8 m were performed.

The platform is built on a pile foundation consisting of 28 vertical and 16 inclined piles of 1.22 m diameter. Piles made of tubular concrete filling, and immersed in the soil to a depth of 27.25 m.

The results of calculations show that TP-4 platform structures are designed with a large carrying capacity reserve. The author presents design features and examples of suction piles application for permanent or temporary securing of offshore hydraulic structures at great depths.

A methodology has been developed to assess the carrying capacity of the suction piles. The possibility of using retractable piles for fixing on the seabed platform designed for one of the deep-water fields of the Arctic shelf of Russia was substantiated. The influence of pile sizes, the magnitude of the pile load application point, the direction of the load, as well as heterogeneity of soils on the carrying capacity of piles has been revealed. The influence of the suppleness of the bearing layer under the lower ends of the piles on the deformation of the pile foundation of the platform was also studied. A method of assessing deformations of the pile foundation taking into account the interaction between the piles and the upper structure is proposed.

Along with driven piles, tongue-and-groove piles are widely used in hydraulic engineering construction. The main purpose of sheet piles is to be used as boundary constructions to hold back ground movement or prevent the ingress of moisture. They are also widely used to strengthen the banks of water bodies embankments and wharfs, as well as to build a number of other hydraulic engineering facilities (NTU RK 03-05.1-2011, 2015; GOST R. 57365-2016/EN 12063:1999, 2017); RD 31.31.33-85, 1985).

Tongue-and-groove piles are made of metal, reinforced concrete, PVC and composite materials. The most effective among the reinforced concrete sheet piles are flat reinforced concrete sheet piles with overall section dimensions of 50×45 cm and wide-striped sheet pile of T-section width of 1.6 m. The height of these sheet piles can reach up to 24 m (Levachev et al., 1986). Composite sheet piles are less common in practice. Composite sheet piles are close to PVC sheet piles in terms of quality characteristics. The experience of the successful application of composite sheet piles is presented by Levachev et al. (1986). For example, the 22.0 m long anti-filtration diaphragm of the White River Dam (USA) was built with composite sheet piles, and the breakwater at the Marina in Austin (USA) was made of composite sheet piles.

On the whole, metal tongue-and-groove piles are the most common of all sheet piles. Their share in the total volume of tongue-and-groove sheet piles used is more than 50% (Krasov, 1982). For example, during the construction of the Volgograd hydroelectric power station on the Volga River, 34,000 tons of metal sheet piles were driven (Komissarov, 2010). Steel sheet piles of flat and trough types (Larsen type) are manufactured in lengths from 8 to 22 m, which allows their use at hydroelectric facilities. For example, in the area of Pavshinskaya floodplain on the left bank of the Moskva-river in Krasnogorsk, Russia. Krasnogorsk (Russia) a sheet piling embankment was built (Fig. 2 (a)). The sewage collector is coupled with the embankment to ensure water outlet. The junction of the collector with the embankment is accepted in the form of sheet piers made of Larsen 5 UM sheet piles. The openings are covered with a reinforced concrete slab. The overlap is supported by both sheet piles and steel pipes (426 mm in diameter, 10 mm thick and 10-10.5 m long). The piles are sunk into the soil backfill of sheet pile openings (Hydrotechnical Bureau LLC).

Larsen-5 sheet piles were also used to build a pier at the seaport in Zarubino village (Primorsky Krai of the Russian Federation) located on the shore of the Pacific Ocean. The wharf with a total length of 650 m was erected in the form of a shanked metal bolver made of sheet piles 12-15 m deep (Unex Stroy Company LLP).

In Kazakhstan, steel sheet piles of the Larsen-5 type were used during the construction of a pier at the Kazakhstan Offshore Industries (KCOI) Ltd production base in the Akshukir village on the eastern shore of the Caspian Sea (Nosenko, 2016) (Fig. 2 (b)). The sheet piles were used to strengthen the shoreline of the wharf structure. The piles were driven by the domestic company "UnexStroy" to a depth of more than 5 m. Similar sheet piles were used in the reconstruction of the river port in Atyrau.



a)

b)

Figure 2 – Installation of tongue-and-groove piles on the left bank of the Moskva River embankment in Krasnogorsk, Russia (a). Krasnogorsk (Russia) (a) <https://arcticgs.ru/stati/stroitelstvo-prichalov> and on the shoreline of the Kazakhstan Offshore Industries production base in Akshukir (Kazakhstan) (b) https://www.instagram.com/p/CU7Af8XILkT/?img_index=1

The issues of improving the design of sheet piles are reflected in the works of Nosenkov O.P., Novak Yu.V., Nemolotnov A.G. and others.

Nosenko (2016) developed the "U" shaped profile of the Larsen type sheet pile of increased carrying capacity. The author proposed a new concept of designing bending sheet pile profiles. In accordance with this concept, the steel sheet pile profile "Larsen-7H" was patented. Numerical investigations on prediction of the strength of U-profiles of sheet piles in bending under load have shown their efficiency in comparison with Larsen-5S steel sheet pile designed in accordance with Euro standards. It was found that 1 m of the new profile sheet pile wall provides 1.62 times higher moment resistance.

Novak et al. (2018) conducted work to assess the technical conditions and economic feasibility of using metal sheet piles as load-bearing elements of hydraulic structures. Analysis of the research results showed that beam and sheet piles have high strength and their use as elements of hydraulic structures is a rational solution.

Nemolochnov (2019) presented the results of comprehensive research on the improvement of sheet piles made of composite material. Laboratory tests of composite sheet piles bending bearing capacity were carried out. The results of semi-informational tests of the sheet piles as a part of the retaining wall of the shore protection structure showed that the movement of the sheet pile top under the horizontal impact reaches up to 4,39-4,47 cm, exceeding the admissible norms. Test vibro-dipping of sheet piles 8 and 12 m long has defined the limits of their defect-free sinking as well as the possibility of their use as a bearing structure. The analysis of the stress-strain state of composite sheet piles under load has determined the permissible stresses in them and the values of their material elasticity modulus, at which their safe operation is ensured.

4 CONCLUSIONS

The presented analysis of research experience and application of pile structures for erection of hydraulic structures allows drawing the following main conclusions:

1. Bored piles in hydraulic engineering constructions are used as impervious blankets for dams, for overlapping riverbeds, providing safety and stability of slopes, banks, slopes, etc. In addition, they are successfully used for construction of bases of hydraulic structures. In

addition, they are successfully used in the construction of bases of hydraulic structures. The diameter of the piles used is 0.6-1.0 m and the depth is up to 40 m. In recent years, in addition to bored piles, bored piles are actively used as an impervious blanket for dams, as well as for the construction of protective structures of hydraulic structures. Such piles are arranged with a diameter of up to 1.20 m, and a depth of 40 m or more.

2. The secant-drilled piles are widely used in hydraulic engineering construction, which are characterized by such qualities as efficiency, manufacturability, fast construction and reliability. The features of various types of driven piles (prismatic, wedge-shaped, cone-shaped) and pile foundations for construction of a number of hydraulic structures (flume channels, aqueducts, sea and river piers, embankments, fencing, shore protection structures, etc.) are studied. Methods of calculating parameters of piles and pile foundations immersion, deformability, stability and bearing capacity, which take into account the regularity of their joint work with hydraulic structures, have been developed and used.
3. Along with other pile structures, tongue-and-groove sheet piles made of different materials, including composite ones, are effectively used in hydraulic engineering construction. Steel sheet piles of different profiles and lengths are most commonly used. Research is underway to develop new sheet piles that provide high carrying capacity and reliability of erected structures in the form of piers, embankment fences, slope protection, etc.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCE OF FUNDING

The study was conducted using private sources of funding.

REFERENCES

1. **Fedorovsky V.G., Levachev S.N., Kurillo S.V., Kolesnikov Yu.M.** (2003). Piles in Hydraulic Engineering Construction [Svai v gidrotekhnicheskomo stroitel'stve]. Publishing house ASV: Moscow, Russia. Retrieved from: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002392196>. (In Russ.).
2. **Valeriy P. Popov, Dmitriy V. Popov, Anna Yu. Davidenko** (2015). On technology of hydraulic engineering structures pile foundations production. *Procedia Engineering*, 111, 652-655. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.127>
3. **Valeriy P. Popov, Dmitriy V. Popov, Anna Yu. Davidenko** (2015). On technology of hydraulic engineering structures retaining walls production. *Procedia Engineering*, 111, 656-659. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.128>
4. **Kruglitsky N.N., Milkovsky S.I., Skvortsov V.F., Sheinblum V.M.** (1973). Trench Walls in Soils [Transheynnyye stenki v gruntakh]. Naukova Dumka: Kyiv, Ukraine. (In Russ.).
5. **Fedorov B.S., & Smorodinov M.I.** (1975). "The Wall in the Ground" - a Progressive Method of Construction [«Stena v grunte» – progressivnyy sposob stroitel'stva]. Stroyizdat: Moscow, Russia. (In Russ.).
6. **Ayrapetyan R.A.** (1991). Design of rock-soil and rock-fill dams. *Energiya [Proyektirovaniye kamЕННО-zemlyanykh i kamennonabrosnykh plotin]*: Moscow, Russia. (In Russ.).
7. **Zhivoderov V.N.** (1991). VPSMO "Soyuzgidrospetsstroy" - domestic school of special hydraulic works in the USSR [«Soyuzgidrospetsstroy» - otechestvennaya shkola spetsial'nykh gidrotekhnicheskikh rabot V SSSR]. *Hydrotechnical Construction*, 2, 16-20. (In Russ.).

8. **Chugaev R.R.** (1979). Hydro Engineering Structures [Gidrotekhnicheskiye sooruzheniya]. Higher School: Moscow, Russia. (In Russ.).
9. **Neporozhnykh P.S.** (1982). Hydropower and complex use of water resources of the USSR [Gidroenergetika i kompleksnoye ispol'zovaniye vodnykh resursov SSSR]. Energoizdat: Moscow, Russia. (In Russ.).
10. **Andrianov A.V., Baranov A.E., Krylova E.V.** (2003). Experience of active design of anticarst measures at the section of the inlet head of the spillway - outfall of Yumaguzinsky waterworks [Opyt aktivnogo proyektirovaniya protivokarsnykh meropriyatiy na uchastke vkhodnogo ogo-lovka vodosbrosa-vodovypuska Yumaguzinskogo gidrouzla]. Hydrotechnical construction, 3, 28-33. (In Russ.).
11. **Baranov A.E.** (2008). Substantiation of the stability and strength of the tower water intakes of the hydraulic structures in the conditions of the karst foundations [Obosnovaniye ustoychivosti i prochnosti bashennykh vodopriyemnikov gidrotekhnicheskikh sooruzheniy v usloviyakh zak-arstovannykh osnovaniy]: speciality 05.23.07 "Hydraulic Engineering Construction": abstract of the thesis for a scientific degree of the candidate of technical sciences. Moscow, Russia. Retrieved from: <https://www.dissercat.com/content/obosnovanie-ustoichivosti-i-prochnosti-bashennykh-vodopriyemnikov-gidrotekhnicheskikh-sooruzh/read> (In Russ.).
12. **Pridanova O.V.** (2009). Increase of operational reliability of quay embankments in the regions of Siberia and the Far North [Povysheniya ekspluatatsionnoy nadezhnosti prichal'nykh naberezhnykh v rayonakh Sibiri i Kraynego severa]: speciality 05.22.19 "Operation of water transport, navigation": the abstract of dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. Novosibirsk, Russia. Retrieved from: <https://www.dissercat.com/content/povyshenie-ekspluatatsionnoi-nadezhnosti-prichalnykh-naberezhnykh-v-raionakh-sibiri-i-kraine/read> (In Russ.).
13. **Sainov M.P., & Shaimerdivanov I.R.** (2018). Investigation of earthquake resistance of soil cofferdam with concrete diaphragm [Issledovaniye seysmostoykosti gruntovoy peremychki s betonnoy diafragmoy]. Bulletin of Eurasian Science, 3. Retrieved from: <https://esj.today/PDF/03SAVN318.pdf> (In Russ.).
14. **Yerakhtin B.M., & Yerakhtin V.M.** (2007). Construction of Hydroelectric Power Plant in Russia [Stroitel'stvo gidroelektrostantsii v Rossii]. Publication of Association of Building Universities. Moscow, Russia. Retrieved from: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_02000007068/ (In Russ.).
15. **Vdovenko A.V., & Mityunina G.P.** (2014). On the issue of arrangement and protection of coastal areas [K voprosu obustroystva i zashchity pribrezhnykh territoriy]. Scientific Notes of TOGU, 5, 4, 25-31. Retrieved from: http://pnu.edu.ru/media/ejournal/articles/2014/TGU_5_150.pdf (In Russ.).
16. **GOST R. 58744.1-2019** (2020). Inland water transport. Infrastructure objects. Embankments, retaining walls thin-walled (tongue and groove) [Vnutrenniy vodnyy transport. Ob'yekty infrastruktury. Naberezhnyye, podpornyye steny tonkostennyye (shpuntovyye)]. Basic requirements for calculation and design. Standardinform: Moscow, Russia. Retrieved from: <https://files.stroyinf.ru/Data/731/73102.pdf> (In Russ.).
17. **Unaibayev, B.B., Unaibayev, B.Zh., Alibekova, N., Sarsembayeva, A.** (2021). Installation of Bored Piles with a Protective Silicate Shell of a New Design in Saline Silty-Clayey Soils. Appl. Sci. 11, 6935. <https://doi.org/10.3390/app11156935>
18. **Isichenko B.N., Nizhne-Bureyskaya** (2012). HPP [Nizhne-Bureyskaya GES]// Hydrotechnical Construction 8, 26-27. Retrieved from: <https://isem.irk.ru/library/income/20128-vozobnovlyaemye-energoresursy/> (In Russ.).
19. Pat. 151898 RU , MPC E02B 7/06, E02B 3/16. Soil dam [Gruntovaya plotina] / A.S. Garkin, V.V. Borzunov, A.V. Vasiliev, E.A. Kadushkina, E.A. Nikolaeva; patent-obl. JSC "Lengidroproekt. №2014144558/13; application. 05.11.2014; publ. 20.04.2015. Bulletin no. 11. (In Russ.).

20. **Sainov M.P., & Kudryavtsev G.M.** (2016). Influence of the deformable material of the impervious diaphragm made in a nonsoil dam by the method of "wall in the ground" on its strength. Bulletin of the MSCU, 12(2), 214-221. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2017.2.214-221>
21. **Sainov M.P., & Kotov F.V.** (2018). Operability of an earth dam with a tiered diaphragm made by the wall-in-soil method [Rabotosposobnost' gruntovoy plotiny s mnogoyarusnoy diafragmoy, vypolnennoy metodom «stena v grunte». Bulletin of Eurasian Science, 5. Retrieved from: <https://esj.today/PDF/03SAVN518.pdf> (In Russ.).
22. **Sainov M.P., & Kotov F.V.** (2014). Assessment of reliability of a diaphragm of bored piles in a medium-height dam [Otsenka nadezhnosti diafragmy iz buronabivnykh svay v plotine sredney vysoty]. Vestnik MGSU, 1, 153-163. Retrieved from: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-nadezhnosti-diafragmy-iz-buronabivnykh-svay-v-plotine-sredney-vysoty> (In Russ.).
23. **Radzinsky A.V., Rasskazov L.N., Sainov M.P.** (2014). Hundred-meter-high dam with a wall-in-soil clay-cement-concrete diaphragm [Plotina stometrovoy vysoty s glinotsementobetonnoy diafragmoy po tipu «stena v grunte»]. MSCU Bulletin, 9, 106-115. Retrieved from: <https://cyberleninka.ru/article/n/plotina-stometrovoy-vysoty-s-glinotsementobetonnoy-diafragmoy-po-tipu-stena-v-grunte> (In Russ.).
24. **Sainov M.P., Tolstikov V.V., Tarasov A.A.** (2018). The study of the stress-strain state of the concrete diaphragm ground lintel at the articulated connection with the base [Issledovaniye napryazhonno-deformirovannogo sostoyaniya betonnoy diafragmy gruntovoy peremychki pri sharnirnom soyedinenii s osnovaniyem]. Bulletin of Eurasian Science, 1. Retrieved from: <https://esj.today/PDF/75SAVN118.pdf> (In Russ.).
25. **Korolev V.M., Smirnov O.E., Argal E.S., Radzinsky A.V.** (2013). New in creation of an impervious element in the body of a ground dam [Novoye v sozdanii protivofil'tratsionnogo elementa v tele gruntovoy plotiny]. Hydro Engineering Construction, 8, 2-9. Retrieved from: <https://engstroy.spbstu.ru/issue/43/> (In Russ.).
26. **Radzinsky A.V.** (2014). Reliability of earth dams with the impervious element in the form of a "wall in the ground" [Nadozhnost' gruntovykh plotin s protivofil'tratsionnym elementom v vide «stena v grunte»]: specialty 05.23.07 "Hydraulic Engineering Construction": PhD thesis abstract. Moscow, Russia. Retrieved from: <https://www.dissercat.com/content/nadezhnost-gruntovykh-plotin-s-protivofil'tratsionnym-elementom-v-vide-steny-v-grunte/read> (In Russ.).
27. Rus Hydro Dagestan branch. At Zaramagskaya HPP-1 the construction of the hydroelectric power plant building has begun. Retrieved from: Retrieved from: <https://osetia.rushydro.ru/hpp/zaramagskaya-ges-1/> (In Russ.).
28. **Kotlov O.N., Orishchuk R.N., Gunyasheva F.I.** (2014). Field studies on the curing of cracks in the impervious element of bored clay-cement concrete piles [Polevyie issledovaniya po zamozalechivaniyu treshchin v protivofil'tratsionnom elemente iz burosekushchikh glinotsementobetonnykh svay]. Bulletin of MSCU. 7, 133-146. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2018.3.322-329> (In Russ.).
29. **Orishchuk R.N.** (2019). Development and justification of the design of self-healing impervious diaphragms of soil dams from bored clay-cement concrete piles [Razrabotka i obosnovaniye konstruktssii samozalechivayushchikhsya protivofil'tratsionnykh diafragm gruntovykh plotin iz burosekushchikhsya glinotsementobetonnykh svay]: specialty 05.23.07 "Hydraulic engineering construction": abstract of thesis for the degree of candidate of technical sciences. Saint Petersburg, Russia. Retrieved from: <https://www.dissercat.com/content/razrabotka-i-obosnovanie-konstruktssii-samozalechivayushchikhsya-protivofil'tratsionnykh-diafr/read> (In Russ.).
30. **Bardyukov V.T., Izotov V.N., Grishin V.A., Radchenko V.G., Shishov I.N.** (2000). Repair of the Kureyskaya HPP Dam [Remont plotiny Kureyskoy GES]. Proceedings of the All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering. 92-96. (In Russ.).
31. **STP 310.02.NT-2017** (2017). Recommendations on the design, calculations and construction of the impervious element of clay-cement concrete bored piles [Rekomendatsii po

- proyektirovaniyu, raschetam i vozvedeniyu protivofil'tratsionnogo elementa iz glinotsemento-betonnykh burosekushchikhsya svay]. Edited by Miltsin V.L., Orishchuk R.N., Solsky S.V. St. Petersburg: JSC "VNIIG im. B.E. Vedeneev, JSC Lengidoproekt. Leningrad, Russia. Retrieved from: <https://vniig.rushydro.ru/activities/izdatelskaya-deyatelnost/normativnye-dokumenty/stp-310-02-nt-2017-rekomendatsii-po-proektirovaniyu-raschetam-i-vozvedeniyu-protivofil'tratsionnogo-e/> (In Russ.).
32. **Kovalev V.A.** (1983). Improvement of design and technology of pile foundations of flume channels (on the example of Golodnaya and Dzhizak steppes) [Sovershenstvovaniye konstruktсии i tekhnologii ustroystva svaynykh fundamentov lotkovykh kanalov (na primere Golodnoy i Dzhizakskoy stepey): specialty 05.23.07 "Hydraulic structures": abstract of thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences. Moscow, Russia. Retrieved from: http://www.cawater-info.net/bk/water_land_resources_use/russian_ver/pdf/kovalev.pdf (In Russ.).
 33. **Abdul Krim Sajid Radi** (1992). Peculiarities of Hydro Technical Structures Collaboration with Pile Foundations in Loess Collapsible Soils [Osobennosti sovmestnoy raboty gidrotekhnicheskikh sooruzheniy so svaynymi fundamentami v lessovykh prosadochnykh gruntakh]: speciality 05.23.07 "Hydraulic and Land Reclamation Engineering": Abstract of Ph.D. thesis. Moscow, Russia. Retrieved from: <http://www.dslib.net/gidrotex-stroj/osobennosti-sovmestnoj-raboty-gidrotekhnicheskikh-sooruzhenij-so-svajnymi.html> (In Russ.).
 34. **Kaganov G.M.** (1992). Influence of peculiarities of construction, properties of foundation, specific topography and other essential factors on the performance of lightened concrete and earth dams [Vliyaniye osobennostey konstruktсии, svoystv osnovaniya, spetsifiki topografii i drugikh sushchestvennykh faktorov na rabotu oblegchennykh betonnykh i gruntovykh plotin]: speciality 05.23.07 "Hydraulic and Irrigation Engineering Construction": Abstract of the thesis for the degree of Doctor of Technical Sciences. Moscow, Russia. Retrieved from: <https://tekhnosfera.com/view/445229/a/#?page=1> (In Russ.).
 35. **Kaganov G.K., Rozanov N.P., Adesman V.B.** (1989). To the question of modeling of pile foundations of multi-arched dams [K voprosu modelirovaniya svaynykh fundamentov mnogooarochnykh plotin]. Materials of Conference and Meeting on Hydraulic Engineering. All-Union Conference "Improving the Efficiency of Design, Research and Operation of Arch Dams" Arka-87. 1. Energoatomizdat, 72-78. (In Russ.).
 36. **Kaganov G.K., & Adesman V.B.** (1988). Materials for modeling of non-rock foundation [Materialy dlya modelirovaniya neskalk'nogo osnovaniya]. Collection of scientific works of MHMI "Researches of hydrotechnical constructions and water complexes". Moscow, Russia. (In Russ.).
 37. **Kubenov R.T.** (2000). The Issues of Reliable Operation of Hydraulic Structures of Irrigation Systems on Collapsible Soils [Voprosy obespecheniya nadezhnoy raboty gidrosooruzheniy orositel'nykh sistem na prosadochnykh gruntakh]: Speciality 05.23.07 "Hydraulic Engineering and Land Reclamation Construction": Abstract of Ph, 24. Retrieved from: <https://tekhnosfera.com/view/476337/a/#?page=1> (In Russ.).
 38. **Kadirov O.** (1993). The perfection of structures and development of hydraulic calculation method of combined dams [Sovershenstvovaniye konstruktсий i razrabotka metoda gidravlicheskogo rascheta kombinirovannykh damb]: specialty 05.23.07 "Hydraulic and Irrigation Construction": Abstract of Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. Tashkent, Uzbekistan. Retrieved from: <https://tekhnosfera.com/view/524404/a/#?page=1> (In Russ.).
 39. **Glagovsky V. B.** (2002). Development and improvement of methods of static and dynamic calculations of foundations of power and hydraulic structures: 05.23.02 "Foundations and Fundamentals, Underground Structures" [Razrabotka i sovershenstvovaniye metodov staticheskikh i dinamicheskikh raschetov fundamentov energeticheskikh i gidrotekhnicheskikh sooruzheniy]: Abstract of Doctor's Degree of Technical Sciences. Saint Petersburg, Russia. Retrieved from: <https://www.dissercat.com/content/razrabotka-i-sovershenstvovanie-metodov-staticeskikh-i-dinamicheskikh-raschetov-fundamentov> (In Russ.).

40. **Bakhtin B.M.** (2005). Dynamic Interaction of Non-soil and Soil Elements of Hydraulic Structures Erected in Seismic Areas: speciality 05.23.07 "Hydraulic Engineering and Land Reclamation Construction" [Dinamicheskoye vzaimodeystviye negruntovykh i gruntovykh elementov gidrotekhnicheskikh sooruzheniy, vozvodimyykh v seysmicheskikh rayonakh]: abstract of dissertation for the doctoral degree of Doctor of Technical Sciences. Moscow, Russia. Retrieved from: <https://www.dissercat.com/content/dinamicheskoe-vzaimodeistvie-negruntovykh-i-gruntovykh-elementov-gidrotekhnicheskikh-sooruzh/read> (In Russ.).
41. **Bakhtin B.M.** (1996). Criteria for Simulation of Single Piles Operation [Modelirovaniye rabot odinochnyykh svay]. Hydraulic Engineering Construction. 5, 42-46. (In Russ.).
42. **Bekbasarov I.I.** (2007). Methodological Supporting of the Rational Equipment of Hydraulic Engineering Structure Foundations [Metodologicheskoye obespecheniye ratsional'nogo ustroystva fundamentov gidrotekhnicheskikh sooruzheniy]: the speciality 05.23.07 "Hydraulic Engineering Construction": the dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. Taraz, Kazakhstan. Retrieved from: <https://e-catalog.nlb.by/Record/BY-NLB-br0000082913> (In Russ.).
43. **Nikolaev G.N.** (1972). Under general ed. Handbook on the construction of port hydraulic structures [Spravochnik po stroitel'stvu portavykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy]. Transport: Moscow, Russia. Retrieved from: <http://surl.li/orrze> (In Russ.).
44. **Salimov S.V.** (1993). The bearing capacity of structures of anchor piles of sea hydraulic structures [Nesushchaya sposobnost' konstruksiy ankernyykh svay morskikh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy]: specialty 05.23.01 "Building structures of buildings and structures": Abstract of a thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences. Saint-Petersburg, Russia. Retrieved from: <https://tekhnosfera.com/view/353050/a?#?page=1> (In Russ.).
45. **Korovkin V.S.** (1994). Long-term strength and durability of exploited structures of port hydrotechnics [Dlitel'naya prochnost' i dolgovechnost' eksplatiroyemykh sooruzheniy portovoy gidrotekhniki]: 05.22.19 "Operation of water transport" and 05.23.02 "Foundations and foundations" Abstract of thesis for the degree of Doctor of Technical Sciences. Moscow, Russia. Retrieved from: <https://www.dissercat.com/content/obosnovanie-ekspluatatsionno-tekhnicheskikh-parametrov-portovykh-prichalnykh-sooruzhenii> (In Russ.).
46. **Rakharinusi A. P.** (1999). Application of steel tubular piles with open bottom end in the port hydraulic structures: dissertation of Candidate of Technical Sciences [Primeneniye stal'nykh trubchatykh svay s otkryтым nizhnim kontsom v portovykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniyakh]: 05.22.19. St. Petersburg, Russia. Retrieved from: <https://www.dissercat.com/content/primeneniye-stal'nykh-trubchatykh-svai-s-otkryтым-nizhnim-kontsom-v-portovykh-gidrotekhnichesk> (In Russ.).
47. **Kostromin F.S.** (2000). The Interaction of Hydraulic Engineering Structures of Gravity-Pile Type with Foundation Soils [Vzaimodeystviye gidrotekhnicheskikh sooruzheniy gravitatsionno-svaynogo tipa s gruntami osnovaniya]: Speciality 05.23.07 "Hydraulic Engineering and Land Reclamation Construction": Abstract of the Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. Moscow, Russia. Retrieved from: <https://www.dissercat.com/content/vzaimodeistvie-gidrotekhnicheskikh-sooruzhenii-gravitatsionno-svaynogo-tipa-s-gruntami-osnov/read> (In Russ.).
48. **Sosnina S.A.** (2006). Bearing capacity and deflections of steel tubular piles used in building of structures on the shelf [Nesushchaya sposobnost' i deformatsii stal'nykh trubchatykh svay, primenyayemykh pri stroitel'stve sooruzheniy na shel'fe]: speciality 05.23.02 "Foundations and bases, underground constructions": abstract of dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. Saint-Petersburg, Russia. Retrieved from: <https://www.dissercat.com/content/nesushchaya-sposobnost-i-deformatsii-stal'nykh-trubchatykh-svai-primenyaemykh-pri-stroitel'stve/read> (In Russ.).
49. **Shekhovtsev V.A.** (2010). Substantiation of Strength and Stability of Pipe Concrete Structures of Offshore Fixed Platforms Supporting Units under Quasi-static and Periodic External Influences [Obosnovaniye prochnosti i ustoychivosti trubobetonnykh konstruksiy opornykh

- blokov morskikh statsionarnykh platform pri kvazistaticheskikh i periodicheskikh vneshnikh vozdeystviyakh]. 05.23.07 "Hydraulic Engineering Construction" and 05.23.01 "Building structures, buildings and structures": Abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. Saint Petersburg, Russia. Retrieved from: <https://www.dissercat.com/content/obosnovanie-prochnosti-i-ustoichivosti-trubobetonnykh-konstruktsii-oprnykh-blokov-morskikh-s/read> (In Russ.).
50. **NTU RK 03-05.1-2011** (2015). Design of steel structures [Proyektirovaniye stal'nykh konstruktsiy]. Part 1-9. Design of steel piles and sheet piles - Astana: JSC "KazNIISA", LLP "Astana Stroy-Consulting". Retrieved from: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=37771702 (In Russ.).
51. **GOST R. 57365-2016/EN 12063:1999** (2017). Sheet pile walls [Steny shpuntovyye]. Rules for the production of works. Standardinform: Moscow, Russia. Retrieved from: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293748/4293748644.pdf> (In Russ.).
52. **RD 31.31.33-85** (1985). Recommendations for design of deep-water port hydraulic structures using welded sheet piles [Rekomendatsii po proyektirovaniyu glubokovodnykh portovykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy s ispol'zovaniyem svarnykh shpuntov]. Moscow, Russia. Retrieved from: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294817/4294817463.pdf> (In Russ.).
53. **Levachev S.N., Fedorovsky V.G., Kolesnikov Y.M., Kurillo S.V.** (1986). Calculation of Pile Foundations of Hydraulic Structures [Raschet svaynykh osnovaniy gidrotekhnicheskikh sooruzheniy]. Energoatomizdat: Moscow, Russia. (In Russ.). <https://elima.ru/books/?id=6727>
54. **Krasov N.V.** (1982). Steel sheet piles in the port hydraulic engineering construction [Stal'nyye shpuntovyye svai v portovom gidrotekhnicheskim stroitel'stve]. Transport: Moscow, Russia. Retrieved from: https://books.totalarch.com/steel_sheet_piles_in_hydrrotechnical_port_construction (In Russ.).
55. **Komissarov Y.V.** (2010). We Worked for the Future [My rabotali radi budushchego]. Industrial and Civil Engineering. 4. 56-58.
56. **OOO "Hydraulic Engineering Bureau"**. Examples of projects. Interface between sheet piling embankment and water outlet [Primery proyektov. Sopryazheniye shpuntovoy naberezhnoy i vodovypuska]. Retrieved from: <https://www.gidroburo.ru/index.php/c-dopolnitelno/c-2-primery-konstruktsij/154-c-2-12-sopryazhenie-shpuntovoj-naberezhnoj-i-vodovypuska> (In Russ.).
57. **Hydrotechnical Bureau LLC**. Examples of projects. A sheet pier with an anchor wall [Primery proyektov. Sopryazheniye shpuntovoy naberezhnoy i vodovypuska]. Retrieved from: <https://www.gidroburo.ru/index.php/c-dopolnitelno/c-2-primery-konstruktsij/143-c-2-03-shpuntovyj-prichal-s-ankernoj-stenкой> (In Russ.).
58. **Unex Stroy Company LLP**. Construction of a pier for KKOI production base [Primery proyektov. Shpuntovyy prichal s ankernoy stenкой]. Retrieved from: <http://www.unexstroy.kz/ru/facility/> (In Russ.).
59. **Nosenko O.P.** (2016). Development of the profile of sheet piles of Larssen type of increased carrying capacity [Razrabotka profilya shpuntovykh svay tipa larsen povyshennoy nesushchey sposobnosti]. East-European Journal of Advanced Technologies. 5, 1. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.80616> (In Russ.).
60. **Novak Yu.V., Makarov G.I., Bezvolev S.G., Tsyba O.O.** (2018). Application of beam and sheet piles as bearing structures in bridge and hydraulic engineering construction [Primeneniye balochno-shpuntovykh svay v kachestve nesushchikh konstruktsiy v mostovom i gidrotekhnicheskoy stroitel'stve] HydroTechnica. 2, 70-76. Retrieved from: <http://surl.li/orrzl> (In Russ.).
61. **Nemolochnov A.G.** (2019). Improvement of bank protection structures structures using composite sheet piling [Sovershenstvovaniye konstruktsiy beregoukrepitel'nykh sooruzheniy s ispol'zovaniyem kompozitnogo shpunta]: specialty 05.23.07 "Hydraulic structures": thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences. Moscow, Russia. <https://www.dissercat.com/content/sovershenstvovanie-konstruktsii-beregoukrepitelnykh-sooruzhenii-s-ispolzovaniem-kompozitnogo/read> (In Russ.).

UDC 711
IRSTI 67.07.11
RESEARCH ARTICLE

DEVELOPMENT OF ENERGY-EFFICIENT AIR DEDUSTING

T.I. Irgibayev^{1,*} , L.A. Kiyantsa² , I.V. Lugin² , A.M. Krasnyuk² 

¹Non-profit Joint Stock Company Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satbayev, 050013, Almaty, Kazakhstan

²Institute of Mining named after N.A. Chinakala of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 630091, Novosibirsk, Russia

Abstract. *Among the sources of internal pollution one can point to dust, breath products of passengers, various emissions from finishing materials of trains and metro stations, etc. This problem is usually solved in two ways: wet cleaning of tunnels and stations and using powerful tunnel vacuum cleaners. Both of these methods have common disadvantages. Firstly, dust removal can only be carried out at night, when there are no trains on the line. Secondly, the dust removal installations themselves are expensive and are effective only at low speeds of dust movement through the tunnel. All metros in the world have a problem with dust removal. Research methods include analytical and computational studies of air distribution in the metro ventilation network using mathematical modeling methods using graph theory and flow algorithms, as well as experimental studies of air flow parameters in natural conditions of the Almaty metro. This article proposes an innovative method for dust removal of tunnel air based on the use of piston action of trains and labyrinth filters installed in station ventilation joints. The parameters of the calculation model of the metro line are substantiated on the basis of a decomposition approach to the mathematical modeling of aerodynamic processes by moving from a linear model of the metro line to a periodic open-loop model. Computational aerodynamics methods were used to determine the patterns of changes in air speed through the ventilation vent and the available pressure drop depending on the speed and mode of trains passing through the station.*

Keywords: *metro, ventilation, dust, numerical simulation, piston effect, air distribution, ventilation failure.*

***Corresponding author**

Tuleukhan Irgibayev, e-mail: tuleukhan@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-07>

Received 03 November 2023; Revised 20 November 2023; Accepted 01 December 2023

МЕТРОПОЛИТЕНДЕРДЕ АУАНЫ ШАҢСЫЗДАНДЫРУДЫҢ ЭНЕРГИЯ ТИІМДІ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ

Т.И. Иргибаяв^{1,*} , Л.А. Кияница² , И.В. Лугин² , А.М. Красюк² 

¹ Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті,
050013, Алматы, Қазақстан

²Н.А. Чинакала атындағы тау-кен ісі институты СБ РФА,
630091, Новосибирск, Ресей

Аңдатпа. *Ішкі ластану көздерінің арасында шаңды, жолаушылардың тыныс алу өнімдерін, метрополитен құрамдары мен станцияларының әрлеу материалдарынан әртүрлі бөліктерді және т.б. көрсетуге болады. Бұл мәселе әдетте екі тәсілмен шешіледі: тоннельдер мен станцияларды ылғалды жинау және күшті туннельді шаңсорғыштардың көмегімен. Бұл тәсілдердің екеуінде де ортақ кемшіліктер бар. Біріншіден, шаң-тозаң шығару желіде пойыз жоқ түнгі уақытта ғана жүзеге асырылуы мүмкін. Екіншіден, шаң-тозаң шығару қондырғыларының өзі қымбат, тоннель бойымен шаң жылдамдығы аз болғанда ғана тиімді. Әлемнің барлық метрополитендерінде шаң-тозаң шығару проблемасы бар. Зерттеу әдістері графтар теориясын және ағынды алгоритмдерді қолдана отырып, математикалық модельдеу әдістерімен метрополитеннің желілік желісінде ауа таратуды талдамалық және есептеу зерттеулерін, сондай-ақ Алматы метрополитенінің табиғи жағдайында ауа ағыны параметрлерін эксперименттік зерттеуді қамтиды. Мақалада пойыздардың поршеньдік әрекетін және станцияның желдеткіш тораптарында орнатылған лабиринтті сүзгілерді қолдануға негізделген туннель ауасын шаңнан тазартудың инновациялық әдісі ұсынылған. Метрополитен желісінің есептеу моделінің параметрлері метрополитен желісінің сызықтық моделінен периодты ашық контурлы модельге көшу арқылы аэродинамикалық процестерді математикалық модельдеудің декомпозициялық тәсіліне негізделген. Желдеткіш саңылау арқылы ауа жылдамдығының өзгеру заңдылықтарын және станция арқылы өтетін пойыздардың жылдамдығы мен режиміне байланысты қол жетімді қысымның төмендеуін анықтау үшін есептік аэродинамика әдістері қолданылды.*

Түйін сөздер: *метрополитен, желдету, шаң, сандық модельдеу, поршеньдік эффект, ауаның таралуы, желдету кептелісі.*

***Автор-корреспондент**

Түлеухан Иргибаяв, e-mail: tuleukhan@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-07>

Алынды 03 қараша 2023; Қайта қаралды 20 қараша 2023; Қабылданды 01 желтоқсан 2023

УДК 711
МРНТИ 67.07.11
НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЫЛИВАНИЯ ВОЗДУХА В МЕТРОПОЛИТЕНАХ

Т.И. Иргибаяв^{1,*} , Л.А. Кияница² , И.В. Лугин² , А.М. Красюк² 

¹НАО Казахский национальный исследовательский технический университет
им. К.И. Сатпаева, 050013, Алматы, Казахстан

²Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, 630091, Новосибирск, Россия

Аннотация. Среди источников внутреннего загрязнения можно указать на пыль, продукты дыхания пассажиров, различные выделения от материалов отделки составов и станций метрополитена и т.п. Эта проблема обычно решается двумя способами: влажной уборкой тоннелей и станций и с помощью мощных тоннельных пылесосов. Оба эти способа имеют общие недостатки. Во-первых, пылеудаление может осуществляться только в ночное время, когда нет поездов на линии. Во-вторых, сами установки пылеудаления дорогостоящие, эффективны только при малой скорости перемещения пыли по тоннелю. Во всех метрополитенах мира существует проблема пылеудаления. Методы исследования включают проведение аналитических и вычислительных исследований воздухораспределения в вентиляционной сети метрополитена методами математического моделирования с применением теории графов и потоковых алгоритмов, а также экспериментальные исследования параметров воздушного потока в натуральных условиях Алматинского метрополитена. В данной статье предложен инновационный способ обеспыливания тоннельного воздуха на основе использования поршневого действия поездов и лабиринтных фильтров, установленных в пристанционных вентиляционных сбойках. Обоснованы параметры расчетной модели линии метрополитена на основе декомпозиционного подхода к математическому моделированию аэродинамических процессов путем перехода от линейной модели линии метрополитена к периодической разомкнутой модели. Методами вычислительной аэродинамики определены закономерности изменения скорости воздуха через вентсбойку и располагаемый перепад давления в зависимости от скорости движения и режима следования поездов через станцию.

Ключевые слова: метрополитен, вентиляция, пыль, численное моделирование, поршневой эффект, воздухораспределение, вентиляционная сбойка.

*Автор-корреспондент

Тулехан Иргибаяв, e-mail: tuleukhan@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-07>

Поступила 03 ноября 2023; Пересмотрено 20 ноября 2023; Принято 01 декабря 2023

1 ВВЕДЕНИЕ

В подземных помещениях метрополитенов скапливается пыль. Существует несколько ее источников: мелкодисперсная пыль вследствие истирания тормозных колодок метропоездов; заносится на платформы станций с обувью пассажиров, за счет выветривания железобетонных тубингов тоннелей и т.п.

Поездки на метро могут быть вредны для здоровья, утверждают британские ученые из университета Саутгемптона (Великобритания). Эксперты обнаружили, что мелкие частицы пыли, присутствующие в воздухе «подземки», отличаются по своему составу от пыли в других местах. Они оказались богаты металлами, особенно железом и медью. Вывод ученых основан на анализе частиц пыли, собранной на одной из станций метро в Европе. В ходе работы специалисты установили, что они способны проникать в организм, в том числе в легкие, печень и мозг. Ученые выяснили, что пыль способна генерировать реактивные молекулы, которые имеют основополагающее значение в создании токсического эффекта. Причем опасность этого воздействия возрастает с уменьшением размера частиц.

Следует отметить, что в настоящее время в метрополитенах стран СНГ, например, на Московском метрополитене для защиты техногенной атмосферы метрополитена от пыли применяют различные фильтры, способствующие эффективной очистке воздуха в вагонах метрополитена. Однако специалисты данного предприятия ограничились установкой очистительных систем в вагонах метрополитена. Решена только лишь локальная проблема, тогда как значительное количество пыли разносится по станциям метро.

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

2.1 Существующие методы обеспыливания воздуха в метрополитенах

К метрополитенам, как к элементу транспортной инфраструктуры и месту пребывания людей, предъявляются требования по обеспечению рекомендуемых уровней содержания мелкодисперсных частиц в воздухе. Так, согласно (WHO, 2021), рекомендуемые значения находятся на уровне: для PM_{2.5} среднегодовая концентрация 10 мкг/м³, среднесуточная 25 мкг/м³; для PM₁₀, 25 и 50 мкг/м³ соответственно. Результаты исследований (Sazanova, 2016; Ji et al., 2021; Roy et al., 2019; Font et al., 2019; Park et al., 2012; Mugica-Alvarez et al., 2012; Kappelt et al., 2022; Hugo Russel et al., 2022) показывают, что фактические концентрации мелкодисперсной пыли в метрополитенах значительно превышают эти рекомендации.

В качестве мер борьбы с мелкодисперсной пылью в условиях метрополитенов известно несколько решений, например, использование воздушных завес специальной конструкции, которые позволяют снизить поступление частиц пыли во внутренние сооружения метрополитена примерно на 40% (Chen et al., 2021). Для борьбы с локальными источниками пыли на пассажирской платформе используются, например, магнитные гибридные фильтры (Son et al., 2019), эффективность которых может достигать 47,2%. В работе (Juraeva M. et al., 2016) предлагается по длине перегонных тоннелей делать циркуляционные байпасы, оборудованные фильтром и вентилятором, с движением воздуха в этих байпасах по направлению движения поездов. Однако такое решение требует установки дополнительных вентиляторов, что снижает энергоэффективность системы пылеулавливания. В авторском свидетельстве (11) предложен способ сухой очистки стенок тоннеля от пыли при помощи расположенного на подвижной платформе компрессора с форсунками, который по пути следования сбивает пыли со стенок тоннелей, и тут же засасывает воздух в ковш, работающий под разрежением. Также известно, что эффективность пылеулавливания можно значительно повысить, используя мокрый способ пылеулавливания – орошая воздух водой, что широко применяется в горном деле (Arhipov, 2014).

В целом, все рассмотренные выше способы борьбы с пылью имеют частный, локальный характер и применяются несистемно. Однако учитывая, что в метрополитене несколько источников генерации пыли – колесные пары и тормозные колодки поездов, эрозия бетонной обделки (тюбингов), одежда и обувь персонала и пассажиров, то должны быть применены комплексные системы пылеочистки и воздухоподготовки, обеспечивающие эффективное удаление пыли от всех указанных выше источников.

В связи с вышесказанным, исследование процессов и разработка энергоэффективных методов пылеулавливания в метрополитенах является весьма актуальной. Для достижения цели исследования, необходимо:

1. Предложить способ очистки воздуха метрополитена от пыли.

2. Разработать расчетную компьютерную модель линии метрополитена, провести ее валидацию и определить параметры воздушного потока – скорость, расход воздуха, перепад давления через вентиляционную сбойку для использования их в качестве граничных условий при моделировании пылеулавливания в фильтрах. Провести валидацию полученных данных.

3. Определить наиболее рациональную конструкцию фильтров для очистки воздуха в метрополитенах.

В качестве исходных данных для моделирования аэродинамики запыленного воздушного потока в фильтроэлементах, использованы результаты исследования пыли, проведенного авторами настоящей статьи для условий Новосибирского и Алматинского метрополитенов. Плотность такой пыли составила в среднем 2359-2463 кг/м³, что хорошо коррелирует с работами (Huang et al., 2015; Xie et al., 2021).

2.2 Способ очистки воздуха в метрополитене от мелкодисперсной пыли

Наиболее подходящим местом для установки фильтрационного оборудования в условиях эксплуатации метрополитенов являются пристанционные противодутьевые вентиляционные сбойки. Они находятся в циркуляционном кольце, включающем также тоннели и платформенные залы станций, и через них перемещается значительное количество воздуха от каждого прохода поездов по тоннелю. При этом расположение в них фильтров не влияет на движение поездов.

Таким образом, можно не использовать дополнительные вентиляторы, а воспользоваться только давлением воздуха, создаваемым движущимися поездами. При этом фильтрационное оборудование должно иметь достаточно малое аэродинамическое сопротивление, чтобы не оказывать влияние на воздухообмен на участке линии метрополитена. Поэтому наиболее подходящими типами фильтров будут являться инерционные и электростатические фильтры.

Такой способ очистки тоннельного воздуха от пыли фильтрами, расположенными в пристанционной вентиляционной сбойке, защищен патентом (Krasnyuk et al., 2022) (Рисунок 1). Тоннельный воздух от поршневого действия поездов проходит через лабиринтные воздушные фильтры, имеющие каналы с цилиндрическими поверхностями стенок, образующие которых направлены вертикально в сторону лотка, устроенного под фильтрами. В верхнюю часть каналов фильтра периодически подают воду для удаления пыли с их поверхностей, а загрязненную воду от фильтра удаляют по лотку в канализацию.

Такое решение исключает необходимость использования фильтрующих элементов (ячейковых, волокнистых, рулонных и т.п.), имеющих высокое аэродинамическое сопротивление (Shtokman, 2007) и исключает необходимость периодической замены запыленных фильтрующих элементов. Аэродинамическое сопротивление лабиринтных воздушных фильтров практически не изменяется в процессе работы. Осажденная пыль легко удаляется из лабиринтного воздушного фильтра путем ее смыва водой с цилиндрических поверхностей стенок каналов и далее по лотку утилизируется в канализацию. При этом не требуется использовать людские ресурсы. Для пылеулавливания не требуются дополнительные затраты энергии, т.к. этот процесс осуществляется за счет поршневого действия поездов, что повышает энергоэффективность всей системы пылеулавливания в целом.

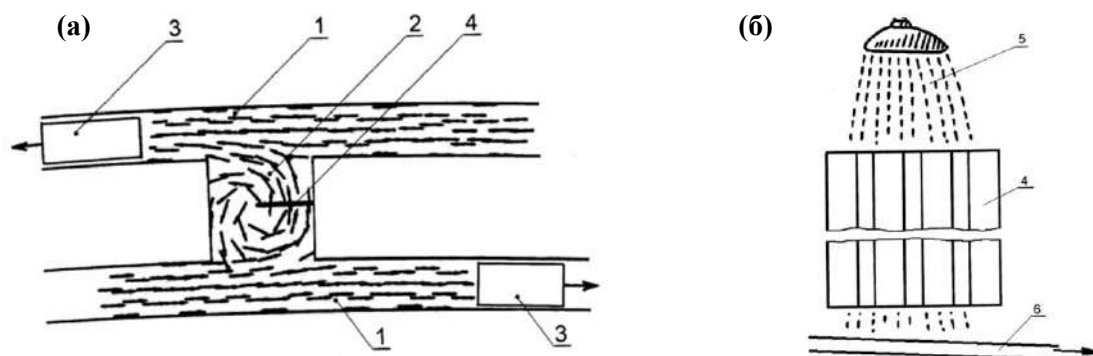


Рисунок 1 – Способ улавливания пыли в вентиляционной сбойке [Oschepkov & Kiyanitsa, 2021]:

a – расположение фильтрационного оборудования в вентиляционной сбойке метрополитена,
б – схема орошения фильтроэлементов. На рисунках 1 – тоннель, 2 – вентиляционная сбойка,
 3 – поезд, 4 – фильтр, 5 – факел, 6 – лоток для уноса пылеводной эмульсии

В вентиляционных сбойках, помимо фильтров, может размещаться также оборудование для регулирования расхода воздуха (клапаны вентиляционные) и автоматические системы его увлажнения, что также будет способствовать агломерации пыли в более крупные фракции, что будет повышать эффективность их пылеулавливания в инерционных фильтрах. То есть вентиляционная сбойка является важнейшим элементом комплексной системы подготовки воздуха в метрополитенах.

Следует отметить, что основным назначением вентиляционной пристанционной сбойки является снижение эффекта дутья на станции. Фактически, это обводной канал, по которому направляется избыточный поток воздуха от движущихся поездов в обход путей движения пассажиров. Поэтому важно, чтобы фильтрационное оборудование, размещенное в вентиляционной сбойке и являющееся дополнительным аэродинамическим сопротивлением, не влияло на воздухообмен на станции более чем на 5-10%. В работе (Oschepkov & Kiyanitsa, 2021) показано, что изменение расхода воздуха на станции метрополитена при установке фильтрационного оборудования с коэффициентом аэродинамического сопротивления, равным 18, в вентиляционной сбойке не превышает 5%. Поэтому установка фильтров в вентиляционной сбойке допустима и не приводит к повышению скорости воздуха на путях движения пассажиров.

3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ результатов исследований, проведенных авторами настоящей статьи для условий Новосибирского и Алматинского метрополитенов, показывает, что мероприятия по борьбе с пылью должны быть предусмотрены непосредственно вблизи источников генерации пыли и предотвратить распространение пыли воздушными потоками от поршневого действия движущихся поездов. При этом поршневое действие поездов следует использовать для перемещения запыленного воздуха через фильтр.

3.1 Определение скоростей воздуха и перепада давления при прохождении воздушного потока через пристанционную вентиляционную сбойку

Для определения наиболее рациональной конструкции фильтрационного элемента необходимо изучить параметры воздушного потока, проходящего через вентиляционную сбойку от поршневого действия поездов, такие как скорость воздуха и потери давления. Эти значения будут являться граничными условиями при исследовании эффективности работы фильтров различной конструкции. При этом представляет интерес не только средняя по сечению вентсбойки скорость воздуха, но и ее локальные значения в различные моменты времени.

Для определения этих параметров проведен вычислительный эксперимент. Геометрические параметры расчетной модели и граничные условия показаны на **Рисунке 2**.

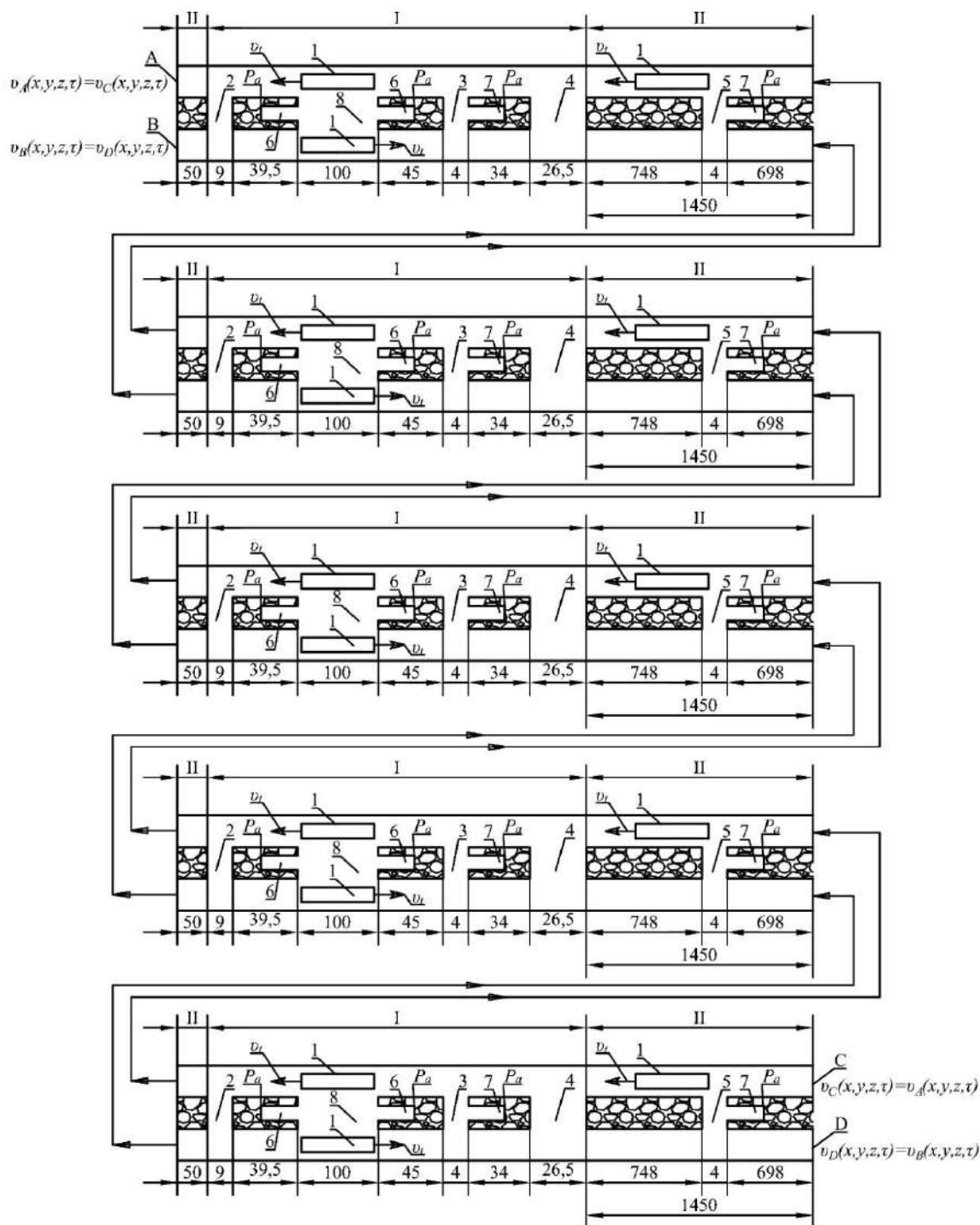


Рисунок 2 – Расчетная схема для исследования воздухораспределения от поршневого действия поездов на линии метрополитена – геометрические параметры и граничные условия [материалы авторов].

На рисунке: I – станционный комплекс, II – перегонный тоннель, 1 – поезд, 2 – малая вентсбойка, 3 – станционная венткамера, 4 – большая вентсбойка, 5 – перегонная вентсбойка, 6 – выходы наружу, 7 – перегонная венткамера, 8 – платформа, P_a – атмосферное давление, v_t – скорость поезда

Расчетная модель представляет собой линию метрополитена в масштабе 1:1, включающую в себя 5 станционных комплексов. Модель реализована в нестационарной, линейной, периодической постановке – профили скорости $v_A(x,y,z,t) = v_C(x,y,z,t)$ и $v_B(x,y,z,t) = v_D(x,y,z,t)$ на

входах и выходах порталов тоннелей (**А, В, С, D Рисунок 2**) расчетной модели совпадают, что позволяет корректно учесть сопротивление оставшегося участка линии метрополитена, не вошедшей в модель. Соединения с дневной поверхностью (вентиляционные камеры, пассажирские пути и т.д.) имеют аэродинамическое сопротивление, равное фактическим значениям для действующего метрополитена. В качестве допущения, для экономии вычислительных ресурсов, задача решена в изотермической постановке (решается уравнение сохранения только механической энергии), и поезда моделируются не твердотельными моделями, а виртуальными (метод «погруженного» тела – «Immersed Solid»). Этот метод значительно упрощает подготовку расчетной модели и ускоряет расчет. К недостаткам можно отнести невозможность определения некоторых параметров на поверхности поезда (например, давление). Но для данной задачи это не требуется.

Численное решение задачи воздухораспределения от поршневого действия поездов на линии метрополитена базируется на решении уравнений сохранения (массы, импульса, механической энергии) совместно с $k-\varepsilon$ RNG моделью турбулентности методом конечных объемов, реализованном в программном комплексе ANSYS CFX (2016). Шаг по времени равен 0.025 с. Расчетное время включает в себя время прохода десяти поездов от одного портала модели до другого в обоих направлениях.

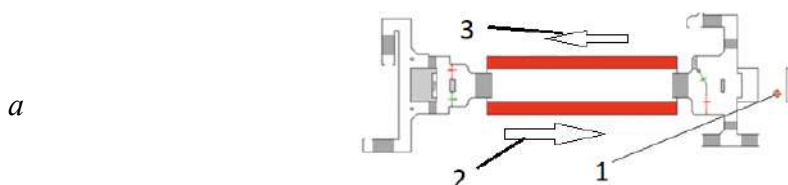
Принятые сочетания максимальной скорости поезда на перегоне и частоты движения поездов приведены в (**Таблице 1**):

Таблица 1

Матрица численного эксперимента

Скорость поезда	Частота движения поездов		
	40 пар/час (между поездами 90 с)	24 пар/час (между поездами 150 с)	12 пар/час (между поездами 300 с)
90 км/ч	Да	Да	Да (только для валидации)
70 км/ч	да	Да	Нет

Расчет на частоту движения 12 пар/час проведен для валидации результатов, полученных путем вычислительно эксперимента, с результатами натурных замеров, проведенных в условиях действующего Новосибирского метрополитена на станции метро Студенческая. При проведении натурального эксперимента замерялась скорость воздушного потока термоанемометром ТММ-2-01. Место проведения замеров в вентиляционной сбойке показано на **Рисунке 3а**. Параметры проведения эксперимента: частота движения поездов 12 пар/час, ширина вентиляционной сбойки 20 м, в поперечном сечении находятся расположенные равномерно 3 колонны. Поезда у вентиляционной сбойки соответственно либо разгоняются, либо затормаживаются. Скорость их движения значительно меньше крейсерской и находится в диапазоне 20-30 км/ч. При проведении эксперимента скорость воздуха замерена в течение 2-х циклов прихода и ухода поезда на/со станции. Результаты измерения скорости воздуха в замерной точке 1 вентиляционной сбойки указаны на **Рисунке 3б**.



б

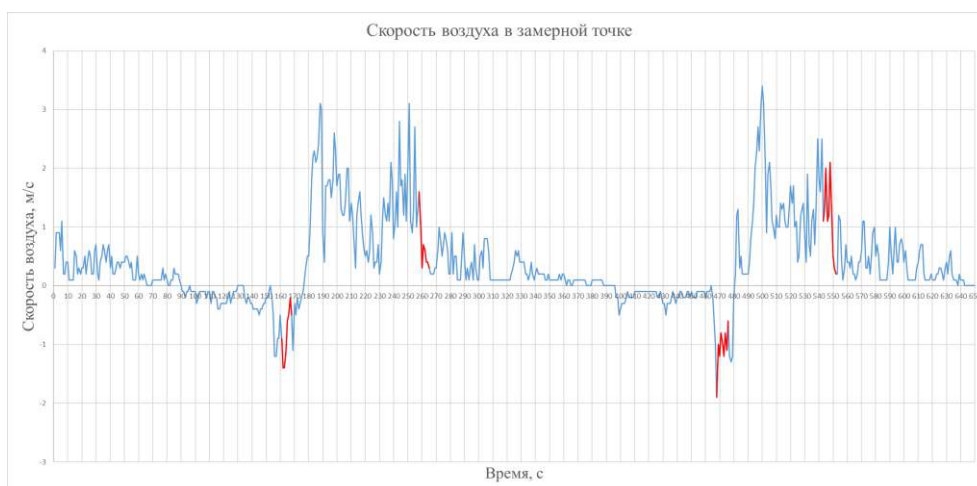


Рисунок 3 – Эксперимент по исследованию скорости и направления движения воздуха в вентиляционной сбойке на станции метро Студенческая Новосибирского метрополитена [материалы авторов].
a – схема станции с указанием места проведения замеров (точка 1),
b – скорость воздуха в замерной точке

Проведена валидация численной математической модели линии метрополитена путем сравнения результатов, полученных путем численного и натурального эксперимента. Результаты сравнения показаны на **Рисунке 4**. Как видно, скорость воздуха в вентсбойке по результатам численного и натурального эксперимента достаточно хорошо совпадает как качественно, так и количественно. Коэффициент корреляции составил $k=0,851$.

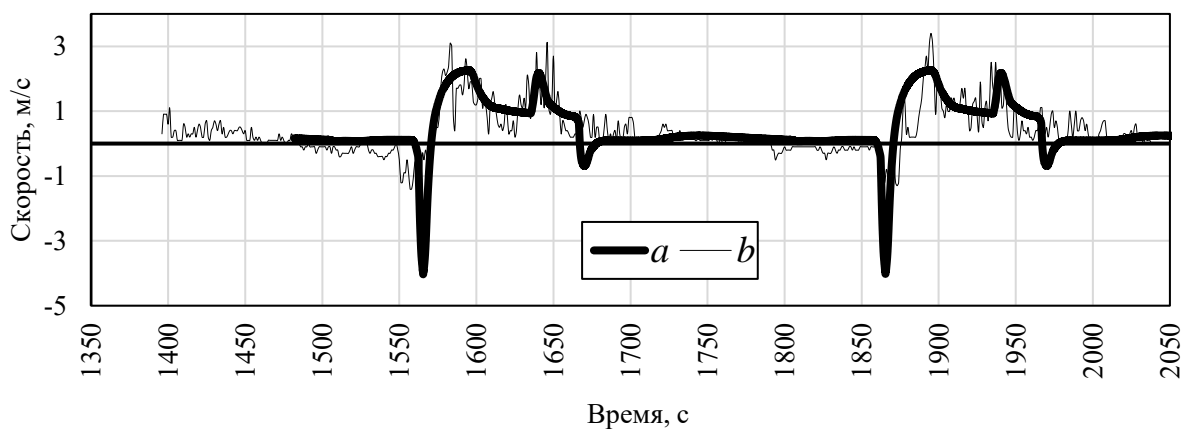


Рисунок 4 - Сравнение скорости воздуха в вентиляционной сбойке, полученной в результате проведения вычислительного и натурального эксперимента [материалы авторов].
a – численный эксперимент, *b* – натуральный эксперимент

4 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

По результатам вычислительного эксперимента определены изменения по времени скорости воздуха в вентиляционной пристанционной сбойке. Результаты для частоты движения поездов 40 пар/час и максимальной (крейсерской) скорости поездов 90 км/час приведены на **Рисунке 5**, что будет являться наиболее экстремальным режимом эксплуатации для фильтрационных устройств, находящихся в вентиляционной сбойке.

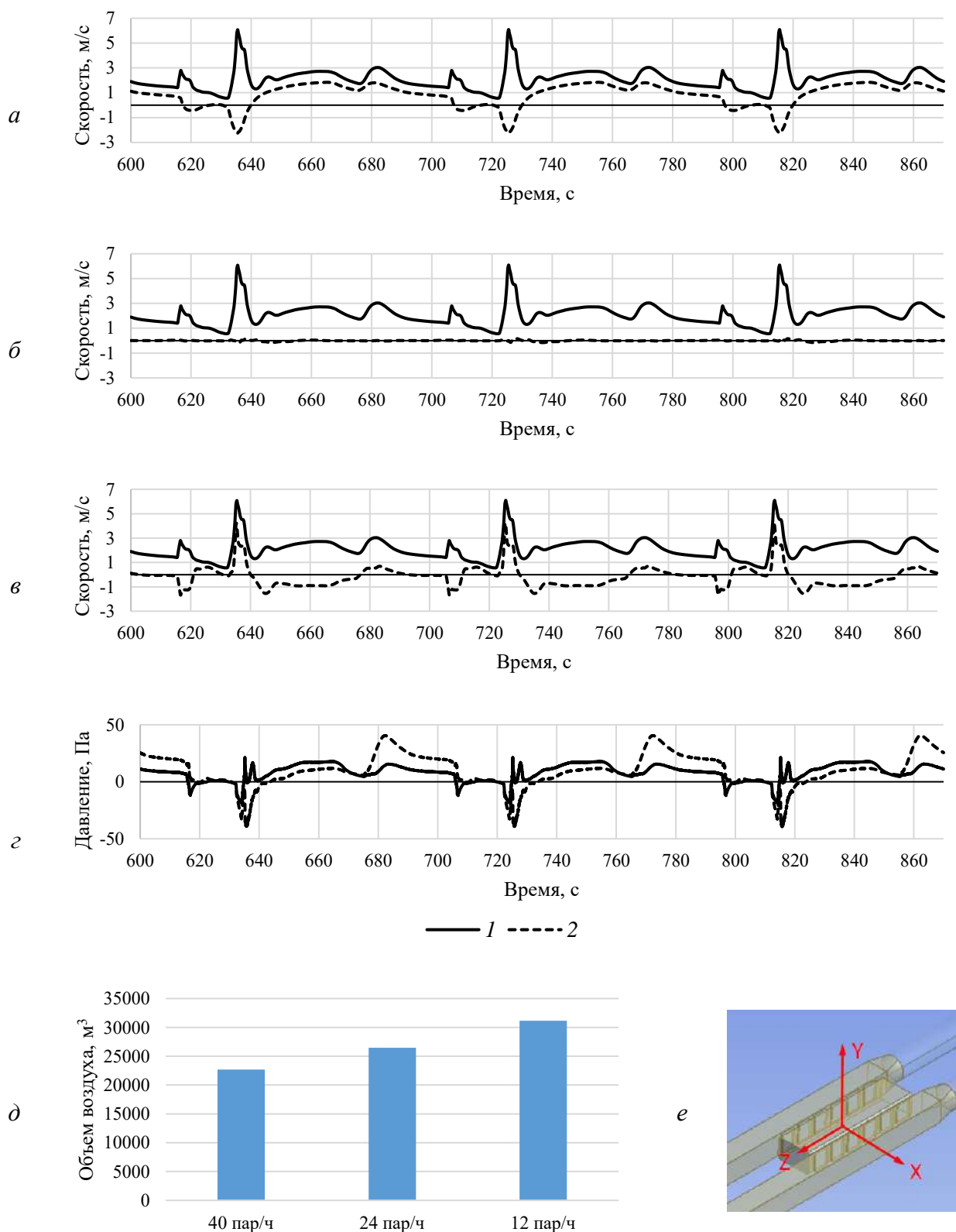


Рисунок 5 - Результаты вычислительного эксперимента для вентиляционной сбойки длиной 26,5 м: частота движения поездов 40 пар/час и максимальная (крейсерская) скорость поезда 90 км/ч [материалы авторов]: *a* – абсолютная величина скорости (1) и проекция скорости на ось X, осредненные по поперечному сечению вентсбойки (2), *б* – проекция скорости на ось Y, осредненная по поперечному сечению вентсбойки (2), *в* – то же, проекция на ось Z (2), *г* – перепад статического (1) и полного (2) давлений на вентиляционной сбойке (1 – статическое давление, 2 – полное давление), *д* – объем воздуха, перемещаемый за один цикл движения поезда, *е* – общий вид моделируемой вентсбойки и положение координатных осей, принятое в численном эксперименте

Как видно из **Рисунка 5а-в**, поле скорости имеет сложную пространственную структуру, характеризующуюся изменением проекций скорости в двух направлениях потока воздуха в вентиляционной сбойке, с изменением направления. При этом по высоте вентсбойки какой-либо заметной стратификации скорости не выявлено, так как проекция скорости на вертикальную ось Y колеблется около 0 м/с. Выявлено, что располагаемый перепад давлений, соответствующий полученным указанным расходам воздуха, по абсолютной величине не превышает: для статического давления 21 Па, для полного давления – 40 Па. Это позволяет определить требования к фильтрам по максимально допустимому аэродинамическому сопротивлению. На **Рисунке 5д** показаны объемы воздуха, которые проходят за один цикл прихода и ухода поезда на станцию. Этот объем воздуха будет являться, требуемой воздушной нагрузкой на фильтр и составляет для диапазона 12-40 пар/час от 31168 до 22678 м³/цикл.

Полученные при моделировании скорости и перепады давления воздуха для различных частот движения и скоростей поездов использованы в качестве исходных данных для определения оптимальной геометрии фильтроэлементов.

5 ВЫВОДЫ

Проведено обоснование для разработки энергоэффективной безлюдной технологии обеспыливания воздуха в метрополитене.

В качестве мест установки фильтрационного оборудования предлагаются вентиляционные пристанционные сбойки, т.к. они находятся в т.н. «циркуляционном кольце», что способствует многократному прохождению значительных объемов воздуха через них, и расположение фильтров в них не мешает движению поездов.

Для исследования аэродинамических процессов в метрополитенах разработана компьютерная численная модель, учитывающие поршневое действие от движущихся поездов. Проведена валидация результатов по скорости воздуха, полученных путем численных расчетов, с результатами натурного эксперимента.

Путем численного моделирования определены параметры воздушного потока в вентиляционной сбойке для различных частот движения и скоростей поездов. Полученные результаты будут использованы в качестве исходных данных (граничных условий) для поиска оптимальной геометрии фильтроэлементов.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

БЛАГОДАРНОСТИ/ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование проводилось в рамках грантового финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан IRN AP09260842 «Исследование, разработка и внедрение инновационной технологии пылеудаления в метрополитене Алматы на основе использования циркуляционных потоков от поршневого действия движущихся поездов».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **World Health Organization.** (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization.
2. **Sazonova, A. M.** (2016). A study of the dust factor in metro production environments, Occupational health and safety in the transport industry [Issledovanie pyilevogo faktora proizvodstvennoy sredy metropolitena]. *Gigiena i ohrana truda transportnoy otrasli*, 79-85 (in Russ.).
3. **Ji, W., Li, X., & Wang, C.** (2021). Composition and exposure characteristics of PM_{2.5} on subway platforms and estimates of exposure reduction by protective masks. *Environmental Research*, 197, 111042. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111042>
4. **Roy, D., Seo, Y.-C., Namgung, H.-G., & Kwon, S.-B.** (2019). Inhalation cancer risk from PM₁₀ in the metropolitan subway stations in Korea. *Journal of Transport & Health*, 14, 100580. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.100580>
5. **Font, O., Moreno, T., Querol, X., Martins, V., Sánchez Rodas, D., de Miguel, E., & Capdevila, M.** (2019). Origin and speciation of major and trace PM elements in the barcelona subway system. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 72, 17–35. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.03.007>
6. **Park, D., Oh, M., Yoon, Y., Park, E., & Lee, K.** (2012). Source identification of PM₁₀ pollution in subway passenger cabins using positive matrix factorization. *Atmospheric Environment*, 49, 180–185. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.11.064>
7. **Mugica-Álvarez, V., Figueroa-Lara, J., Romero-Romo, M., Sepúlveda-Sánchez, J., & López-Moreno, T.** (2012). Concentrations and properties of airborne particles in the Mexico City subway system. *Atmospheric Environment*, 49, 284–293. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.11.038>
8. **Kappelt, N., Russell, H. S., Fessa, D., Van Ryswyk, K., Hertel, O., & Johnson, M. S.** (2023). Particulate air pollution in the Copenhagen metro part 1: Mass concentrations and ventilation. *Environment International*, 171, 107621. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107621>
9. **Chen, T., Cao, S. J., Wang, J., Nizamani, A. G., Feng, Z., & Kumar, P.** (2021). Influences of the optimized air curtain at subway entrance to reduce the ingress of outdoor airborne particles. *Energy and Buildings*, 244, 111028. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111028>
10. **Son, Y. S., Oh, Y. H., Choi, I. Y., Dinh, T. V., Chung, S. G., Lee, J. H., Park, D., & Kim, J. C.** (2019). Development of a magnetic hybrid filter to reduce PM₁₀ in a subway platform. *Journal of hazardous materials*, 368, 197-203. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.01.045>
11. **Juraeva, M., Ryu, K. J., Jeong, S.-H., & Song, D. J.** (2016). Influences of the train-wind and air-curtain to reduce the particle concentration inside a subway tunnel. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 52, 23–29. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2015.11.008>
12. **Solovev, V. A.** (1989). A device for dry dust cleaning in the tunnels [Ustroystvo dlya suhoy uborki pyili v tonnelyah] (Copyright certificate №1025410 SSSR, MPK A47L5/14, application №4213382). (in Russ.).
13. **Arkhipov, V. A., Patrakov, Yu. F., Usanina, A. S., & Paleev, D. Yu.** (2014). Determining the wettability of coal dust [Opredelenie smachivaemosti ugolnoy pyili]. *FTPRPI*, 3, 170 – 179. (in Russ.)
14. **Huang, S., Zhang, X., Tafu, M., Toshima, T., & Jo, Y.** (2015). Study on subway particle capture by ferromagnetic mesh filter in nonuniform magnetic field. *Separation and Purification Technology*, 156, 642-654. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2015.10.060>
15. **Xie, Z., Xiao, Y., Jiang, C., Ren, Z., Li, X., & Yu, K.** (2021). Numerical study on fine dust pollution characteristics under various ventilation time in metro tunnel after blasting. *Building and Environment*, 204, 108111. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108111>

16. **Krasyuk, A. M., Lugin, I. V., Kiyanitsa, L. A., Unaspekov, B. A., Irgibayev, T. I., & Berdali, M. N.** (2022) A method for cleaning tunnel air from dust in the subway. [Sposob ochistki ot pyili tonnelnogo vozduha v metropolitene.] Eurasian patent №041484. Published in the bulletin EAPV 10. (in Russ.)
17. **Shtokman, E. A.** (2007). Air Purification: Tutorial. [Ochistka vozduha: Uchebnoe posobie]. Moscow: Construction universities' publishing house. (in Russ.).
18. **Oshepkov, T. S., & Kiyanitsa, L. A.** (2021). The effect of the installation of filtration equipment in the ventilation failure on the air exchange of the metro station [Vliyanie ustanovki filtratsionnogo oborudovaniya v ventilyatsionnoy sboyke na vozduhoobmen stantsii metropolitena]. Fundamental and applied issues of mining sciences, 1(2), 210-215. <http://dx.doi.org/10.15372/FPVGN2021080232> (in Russ.).
19. **ANSYS, C.** (2016). ANSYS CFX User's Guide Releases 17.0. Canonsburg, PA, ANSYS. (in Eng.)
20. **Chupalov, V. S.** (2005). Air filters [Vozdushnyie filtryi]. SPb, SPGUTD. (in Russ.).
21. **Aliev, G. M.-A.** (1986). Dust extraction and purification of industrial gases [Tehnika pyileulavlivaniya i ochistki promyshlennyih gazov]. Moscow, Metallurgiya. (in Russ.).
22. **Vetoshkin, A. G.** (2005). Dust cleaning processes and devices Tutorial [Protssessyi i apparaty pyileochistki. Uchebnoe posobie], Penza: Penz. state. un-ty Printing. (in Russ.).
23. **Shabliy, L. S., Krivtsov, A. V., & Kolmakova, D. A.** (2017). Computer simulation of typical hydraulic and gas-dynamic processes of engines and power plants via ANSYS Fluent. Tutorial [Kompyuternoe modelirovanie tipovyih gidravlicheskih i gazodinamicheskikh protsessov dvigateley i energeticheskikh ustanovok v ANSYS Fluent. ucheb. Posobie]. Samara: Samar. un-ty Printing. (in Russ.).

UDC 691.32
IRSTI 67.09.33
REVIEW ARTICLE

ANALYSIS OF PROSPECTS FOR THE USE OF LOCAL RAW MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF SELF-SEALING CONCRETES IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

I.V. Kolesnikova¹ , A.S. Suvorov² , N.Y. Bekturganova^{1,*} 

¹International Educational Corporation, 050028, Almaty, Kazakhstan

²Central Laboratory of Certification tests of Building Materials, 050058, Almaty, Kazakhstan

Abstract. *Initiation of production and application of self-compacting concrete (SCC) in Kazakhstan requires not only local research within the framework of solving technological problems in one agglomeration under active construction, but also an assessment of potential opportunities for the development of the raw material base of SBC and processing industries in different regions. Taking into account that the raw material possibilities for these purposes in the regions of Kazakhstan differ to a great extent, and the considered type of concrete is economically feasible only when using local raw materials in the composition, the conceptual approaches to the selection and evaluation of raw materials for SCC, known in the world scientific practice, were analyzed and summarized, as well as the results of the development of SCC in KazGASA with the use of raw materials relevant for a number of regions. Studies of local raw materials have shown the prospect of using high-silica furnaces in high-strength substations; fillers from the screenings of stone crushing of local rocks, represented by hydrothermally and metasomatically altered porphyrites of medium-major composition and porphyries of decrystallized quartz-feldspar composition; granites and hybrid rock of quartz diorite in composition with zeolite, microsilica. Issues requiring study were identified in the application of certain types of raw materials, which differ in mineralogical and other characteristics from those previously studied, issues in the development of own technology for the synthesis of organic modifiers for SCC.*

Keywords: *high-functional concrete, local mineral resource base, efficiency, composition, cement, superplasticizers, modification.*

***Corresponding author**

Neila Bekturganova, e-mail: bektur_n@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-08>

Received 27 October 2023; Revised 09 November 2023; Accepted 27 November 2023

ӘОЖ 691.32
ҒТАМР 67.09.33
ШОЛУ МАҚАЛАСЫ

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДА ӨЗДІГІНЕН ТЫҒЫЗДАЛАТЫН БЕТОНДАР АЛУ ҮШІН ЖЕРГІЛІКТІ ШИКІЗАТТЫ ПАЙДАЛАНУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫН ТАЛДАУ

И.В. Колесникова¹ , А.С. Суворов² , Н.Е. Бектурганова^{1,*} 

¹ Халықаралық білім беру корпорациясы, 050028, Алматы, Қазақстан

² Құрылыс материалдарын сертификаттау сынақтарының орталық зертханасы, 050058, Алматы, Қазақстан

Аңдатпа. Қазақстанда өздігінен нығыздалатын бетонды (ӨТБ) өндіру мен пайдалануды бастау белсенді салынып жатқан бір агломерациядағы технологиялық мәселелерді шешудің бөлігі ретінде жергілікті зерттеулерді ғана емес, сонымен қатар шикізат базасын пайдаланудың әлеуетті мүмкіндіктерін жалпы бағалауды талап етеді. және ӨТБ дамыту үшін әртүрлі аймақтардың өңдеу өнеркәсібі. Қазақстан аймақтарында осы мақсаттарға арналған шикізат мүмкіндіктері айтарлықтай өзгереді және қарастырылып отырған бетон түрі тек жергілікті шикізатты құрамның бір бөлігі ретінде пайдаланған кезде ғана экономикалық тұрғыдан тиімді екендігін ескере отырып, іріктеудің әлемдік ғылыми тәжірибесінде белгілі тұжырымдамалық тәсілдер және ӨТБ шикізатын бағалау талданған және жалпыланған, сонымен қатар бірқатар өңірлер үшін өзекті шикізатты пайдалана отырып, ҚазБСҚА-да ӨТБ әзірлеу нәтижелері берілген. Жергілікті шикізатты зерттеу беріктігі жоғары ӨТБ -да кремнеземді опокаларды қолданудың уәдесін көрсетті; орта негізді құрамды гидротермиялық-метосоматикалық өзгерген порфириттермен және кристалданған кварц-далалық құрамды порфириттермен ұсынылған жергілікті тау жыныстарының тастарды ұсақтау скринингтерінен толтырғыштар; граниттер мен кварц диоритінің цеолитпен, микрокремний тотығы бар гибриді жынысы. Бұрын зерттелгендерден минералогиялық және басқа да сипаттамалары бойынша ерекшеленетін шикізаттың жекелеген түрлерін пайдалануға қатысты зерттеуді қажет ететін мәселелер, ӨТБ үшін органикалық модификаторларды синтездеудің өзіндік технологиясын жасау мәселелері анықталды.

Түйін сөздер: жоғары функционалды бетон, жергілікті минералды-шикізат базасы, тиімділігі, цемент, суперпластификаторлар, модификация.

*Автор-корреспондент

Нәйла Бектурганова, e-mail: bektur_n@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-08>

Алынды 27 қазан 2023; Қайта қаралды 09 қараша 2023; Қабылданды 27 қараша 2023

УДК 691.32
МРНТИ 67.09.33
ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ БЕТОНОВ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

И.В. Колесникова¹ , А.С. Суворов² , Н.Е. Бектурганова^{1,*} 

¹Международная образовательная корпорация, 050028, Алматы, Казахстан

²Центральная Лаборатория сертификационных испытаний строительных материалов, 050058, Алматы, Казахстан

Аннотация. *Инициирование производства и применения самоуплотняющихся бетонов (СУБ) в Казахстане требует не только локальных изысканий в рамках решения технологических задач в одной активно строящейся агломерации, но и оценки в целом потенциальных возможностей использования для разработки СУБ сырьевой базы и перерабатывающих производств различных регионов. Учитывая, что сырьевые возможности для этих целей регионов Казахстана в значительной степени разнятся, а рассматриваемый вид бетона экономически целесообразен только при использовании в составе композиции местных сырьевых материалов, были проанализированы и обобщены известные в мировой научной практике концептуальные подходы выбора и оценки сырьевых материалов для СУБ, а также приведены результаты разработок СУБ в КазГАСА с применением актуального для ряда регионов сырья. Исследования местного сырья показали перспективность применения высококремнеземистых опок в высокопрочных СУБ; наполнителей из отсевов камнедробления местных пород, представленных гидротермально-метасоматически измененными порфиритами средне-основного состава и порфирами раскристаллизованного кварц-полевошпатового состава; гранитами и гибридной породы кварцевого диорита в композиции с цеолитом, микрокремнеземом. Были выявлены требующие изучения вопросы по применению отдельных видов сырья, отличающихся по минералогическим и другим признакам от ранее изученных, вопросы разработки собственной технологии синтеза органических модификаторов для СУБ.*

Ключевые слова: *высокофункциональный бетон, минерально-сырьевая база, эффективность, композиция, цемент, суперпластификаторы, модификация.*

*Автор-корреспондент

Нэйла Бектурганова, e-mail: bektur_n@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-08>

Поступила 27 октября 2023; Пересмотрено 09 ноября 2023; Принято 27 ноября 2023

1 ВВЕДЕНИЕ

Высокофункциональные бетоны (ВФБ) широко применяются в строительстве за рубежом (Cazacu N., 2016). В Республике Казахстан, несмотря на значительный интерес местных производителей товарного бетона, бетонных конструкций и строительных компаний, в настоящее время опыта использования таких бетонов практически нет. Основной объем производства изделий и конструкций из ВФБ в мировой практике приходится на самоуплотняющиеся бетоны (СУБ). СУБ обеспечивают получение изделий с высокими качественными характеристиками, в том числе и с нетипичными для обычного бетона свойствами. Такие бетоны эффективны для изготовления густоармированных конструкций, для тонкослойных конструкций, для криволинейных несущих и ограждающих элементов, для обеспечения конструкциям высоких показателей несущей способности, в конструкциях специального назначения, а также позволяют процессы изготовления конструкций, в том числе общестроительного назначения, сделать менее трудоемкими и менее энергоемкими. Самоуплотняющиеся бетоны могут изготавливаться с разными заданными характеристиками: по плотности легкими и тяжелыми; как со средними характеристиками прочности, так и высокопрочными; с улучшенными деформационными характеристиками без микроармирования и с его использованием; иметь высокие показатели коррозионной стойкости и другие улучшенные эксплуатационные свойства; характеризоваться специальными свойствами (самоочищающиеся, декоративные и другие) (Person B., 2001; Subhan Ahmad et al., 2017; Abdullah Alshahrani a,b, Sivakumar Kulasegaram, 2023; Çelik, Z., & Bingöl., 2020). Таким образом, СУБ весьма актуален в контексте возможностей как для повышения качества строительства, практической реализации новых архитектурных решений, внедрения в производство нового высокоэффективного оборудования со значительным расширением функциональных возможностей и производительности, так и для заявленной концепции по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике».

Сдерживающими факторами внедрения и использования технологий СУБ до настоящего времени в Казахстане являлось отсутствие финансовой поддержки исследований в этой области, отсутствие государственных стандартов на этот вид бетона (регламентируются только методы определения свойств), продолжающая быть слабой связь науки и производства.

В последнее время отношение к проблеме изменилось, но опыт исследований в Казахстане в области получения самоуплотняющихся бетонов на основе местного сырья все же пока незначителен. Заслуживают внимания разработки Казахской головной архитектурно-строительной академии (КазГАСА) Международная образовательная корпорация (МОК) и НИИСтромпроекта, ведутся разработки учеными Satbayev University. Однако при разработке СУБ на основе местных сырьевых материалов не рассматривалась возможность получить для применения в их составах отечественных органических, органоминеральных модификаторов, являющихся на сегодняшний день в Казахстане исключительно импортируемым продуктом. Такая задача впервые поставлена в исследованиях, выполняемых в МОК в рамках проекта с грантовым финансированием МНВО РК «Разработка многофункциональных нано и микромодификаторов для технологии высокофункциональных бетонов».

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Характерной особенностью состава высокофункциональных бетонов (ВФБ) и, в частности, самоуплотняющихся бетонов, является многокомпонентность, которая требует системного подхода к выбору сырьевых материалов с учетом их влияния на функциональность применяемых модификаторов, а также взаимовлияния в составе композиции при формировании свойств бетонной смеси и бетона различного назначения. Концепция ВФБ предполагает получение композиций, отличающихся часто повышенной вязкостью, применением не только заполнителей, но и композиций тонкодисперсных минеральных материалов (влияющих на реологические характеристики бетонной смеси, обеспечивающих вместе с другими

составляющими самоуплотнение композиции при структурообразовании), а также дорогостоящих органических, органо-минеральных модификаторов.

Многокомпонентность ВФБ и современные подходы к оценке эколого-экономической эффективности производства бетонов обусловили получение этого вида бетона с использованием возможностей исключительно местной сырьевой базы.

Учитывая территорию Казахстана, локацию месторождений различных горных пород и минералов для получения природного сырья и производств, отходы которых применяют в технологии бетонов, а также особенности химического, минералогического состава сырьевых материалов, эффективные составы ВФБ также будут предполагать отличия. При этом, состав ВФБ, безусловно, будет определяться и заданным функциональным назначением. Соответственно, эффективные составы ВФБ в различных регионах Казахстана будут значительно различаться.

В связи с этим, представляет интерес оценка перспектив инициирования и развития технологии наиболее актуального и востребованного вида ВФБ - СУБ в Республике Казахстан с точки зрения анализа сырьевого потенциала и оценки влияния сырьевых материалов на функциональные характеристики модификаторов.

В мире проведены многочисленные исследования по влиянию различных составляющих на формирование свойств СУБ. Некоторые виды сырьевых материалов в композициях СУБ достаточно хорошо исследованы и включены в составы практически во всех странах, практикующих применение СУБ. Однако необходимо учитывать, что по химическому, минералогическому составу один и тот же вид сырья может несколько отличаться в разных странах, а одна из особенностей СУБ – ярко выраженная «чувствительность» к такой вариативности.

Некоторые местные природные материалы Казахстана в прогнозе имеют хорошую перспективу использования в СУБ, но малоизучены в силу, возможно, отсутствия в достаточных объемах аналогичных материалов в странах, являющихся лидерами в области исследования и применения СУБ.

Для получения СУБ в мировой практике, как правило, используются высокомарочные цементы. Однако, это приводит к повышению себестоимости бетона, учитывая, фактор повышенной вязушемкости композиций СУБ. Принимая во внимание, что основные объемы используемого в Казахстане бетона для конструкций общестроительного назначения характеризуются марками В20-В30, представляет интерес получения СУБ в этом диапазоне прочности. Не исключается целесообразность разработки составов высокопрочных бетонов для уникальных объектов и объектов специального назначения. Удовлетворяющим эти цели является применение цемента ЦЕМ I 42,5 (ГОСТ 31108-2020). Также важное значение имеет минералогический состав цементов, влияющий на функциональную эффективность суперпластификаторов и сроки твердения бетонов, требования к которым отличны для изготовления сборных конструкций и монолитных технологий. Ранее проведенные в КазГАСА эксперименты показали возможность получения бетонов класса В30 - В55 с использованием бездобавочных цементов ЦЕМ I 32,5 казахстанского производства за счет оптимизации вида и количества применяемых местных инертных и активных минеральных тонкодисперсных продуктов в композиции, а также технологии подготовки и введения в композицию материалов. В качестве модификаторов применялись поликарбоксилатные суперпластификаторы и ускорители на основе негидратированных силикатов кальция, хорошо совместимые и эффективные в составах на быстротвердеющих цементах.

Важным положительным фактором инициирования внедрения СУБ в практику строительства является отсутствие в Казахстане дефицита цемента «линейки» актуальных для СУБ марок. Всего цементная промышленность по данным Комитета по статистике 2021 г. производит около 13 млн. тонн в год (производственная мощность составляет 17 млн тонн) и представлена предприятиями практически во всех регионах Казахстана: ТОО «Каспийцемент», АО«Шымкентцемент», ТОО «Шарцемент», ТОО Жамбылская цементная производственная компания» ТОО «Кокше цемент», «Рудненский цементный завод», ТОО «Стандартцемент», ТОО «Бухтарминская цементная компания», ТОО «Производственная компания цементный

завод Семей», ТОО «Састобе технолоджис», ТОО «Алацем» (введен в 2020 г., ст. Сары-Озек Алматинской области). Анализ номенклатуры предприятий цементной промышленности показал возможность удовлетворения спроса для производства СУБ на представляющие интерес цементы марок по ГОСТ 31108-2020 ЦЕМ I 32,5Б, ЦЕМ I 42,5Б, ЦЕМ I 32,5Н, ЦЕМ I 42,5Б по ГОСТ 22266-2013 ЦЕМ I 32,5Н СС, ЦЕМ I 42,5Н СС, по ГОСТ 10178-85 ПЦ 400-Д0, ПЦ 500-Д0. Предполагается также изучить возможность и целесообразность получения СУБ на цементах с добавками, учитывая сложность подбора многокомпонентных композиций СУБ.

Требуется опробование и определение сравнительной эффективности в СУБ цементов разных компаний, принимая во внимание влияние особенностей минералогического состава и гранулометрии на проявление функциональных свойств применяемых в бетонах модификаторов, в том числе отечественных, разрабатываемых в КазГАСА. Известно, что адсорбционная способность суперпластифицирующих добавок (СП) гидрофилизующего действия меняется по схеме: $C_3A > C_4AF > C_3S > C_2S$, что делает их наиболее эффективными в «жирных» бетонных смесях на высокоалюминатном цементе, а при при водоцементном отношении менее 0,4 эффективность пластифицирующего действия СП резко падает и консистенция пластифицированного раствора в значительной мере определяется количественным содержанием в цементе зерен фракции 20—40 мкм. При этом надо отметить, что результаты известных исследований по влиянию суперпластификаторов на процессы гидратации C_3A и гипса отчасти противоречивы, т.к. влияние оказывают также дозировки, водотвердое отношение, соотношения, $C_3A:CaSO_4 \cdot 2H_2O$, температура смеси при твердении, молекулярная масса СП (Ушеров-Маршак А.В., 2020). Кроме того, соотношения компонентов в исследуемых смесях и их свойства различны, неодинаковы и методы исследования, что затрудняет сравнение данных. Минералогический состав цемента может изменять значения прямого или опосредованного влияния СП на скорость структурообразования и морфологию, размеры кристаллических продуктов гидратации цемента. Так, в целом суперпластификаторы замедляют превращение этtringита в моносульфоалюминат кальция вследствие адсорбции добавки на продуктах гидратации C_3A . Введение СП в разных дозах приводит к замедлению процессов гидратации C_3S , причем с ростом концентрации добавки усиливается и ее тормозящее гидратацию действие, изменяется и соотношение между CaO и SiO_2 в C-S-H. Замедляющее действие СП будет зависеть не только от минералогического состава цемента, но и от химического состава добавки, наличия в ней некоторых катионов. Морфология кристаллогидратных образований, химический состав образований, как следствие, свойства цементного камня будут также зависеть от особенностей условия твердения цементов различного минерального состава в присутствии СП, условий введения СП.

СУБ получают как с использованием только мелкого заполнителя (песков) (порошковый, песчаный), так и с использованием крупного заполнителя (фракции 5-10 мм, 5-14 мм (в соответствии с зарубежными стандартами). Казахстан значительные запасы обломочных (песков, песчано-гравийных смесей с большим содержанием песка) и скальных пород для производства заполнителей бетона. Но размещение их неравномерно. Например, ограничено обеспечены запасами полиминерального строительного песка Восточно-Казахстанская, Северо-Казахстанская, Жамбылская, Акмолинская, Алматинская, Туркестанская области (Ни В.В., 2018). В интенсивно развивающейся Западно-Казахстанской, например, области щебень ввозится в основном из Актюбинской области, при этом есть значительные ресурсы для получения зернистых материалов для бетона из известняков, искусственных заполнителей из местных опок. Месторождения кварцевого песка малочисленны, их применение должно быть обосновано экономически, т.к. они являются ценным сырьем для производства стекла, керамики. Такие особенности региональной сырьевой базы предполагают разработку СУБ с использованием различных по минеральной природе местных недефицитных песков и щебня.

Требуемые реологические свойства СУБ (высокая заполняющая способность, способность преодолевать препятствия и устойчивость к расслоению) достигаются плотной упаковкой цементной матрицы путем обеспечения непрерывной гранулометрии состава и

эффективным соотношением составляющих минеральных компонентов и добавок в бетон. Наряду с вяжущим обязательным является введение тонкодисперсных минеральных продуктов (наполнителей, минеральных добавок). В сильно пластифицированных бетонных смесях СУБ для крупного заполнителя, как макроструктурного элемента, реологическая матрица – это сложная дисперсия, состоящая из песка, цемента, пуццолановой (часто в композиции с инертной) добавки и воды. Однако, роль тонкодисперсных фракций минерального сырья в формировании свойств СУБ неоднозначна. При выборе наполнителей из горных пород и техногенных продуктов оценивается их реологическая, пуццолановая активность, совместимость с другими составляющими композиции, влияние на изменение pH среды в бетоне, влияющей на коррозионную стойкость бетона и армирующих изделий. Оптимальным является введение того материала, который в сочетании с тем или иным суперпластификатором в водно-минеральной суспензии обеспечит наименьшее сопротивление при гравитационном растекании бетонных смесей с минимальным количеством воды и обеспечит требуемую прочность и долговечность композиту.

Эффективность применения тонкодисперсных минеральных компонентов определяется также возможностью замены части цемента в отличающейся высокой вяжущемкостью СУБ, снижающей устойчивость (suitability) бетонных смесей (Urban M., 2018) и экономическую эффективность в сравнении с обычным бетоном. В связи с этим СУБ с пониженным содержанием вяжущего (SCC with low-cement) является одной из актуальных задач дальнейших исследований. Использование минеральных наполнителей взамен части цемента при достижении требуемых характеристик кроме экономической целесообразности важно и в контексте решения проблем экологии: уменьшается потребление энергии, выброс парниковых газов (CO₂) в атмосферу (Дерепко С. Н. & Никифорова И. А., 2015)

В качестве наполнителей, минеральных добавок в известной практике получения СУБ наиболее широко используются достаточно хорошо изученные зола-унос (Leung H.Y. et al., 2016; Nuruddin M.F. et al., 2014), микрокремнезем (Shobana K.S. et al., 2013; Kubens S. et al., 2018), тонкоизмельченный доменный шлак (Wang H.Y. & Lin C.C., 2013) и известняк (Kalashnikov et al., 2014), есть сведения по применению тонкоизмельченной пуццоланы из пород вулканического происхождения. При этом ряд пуццолановых и инертных наполнителей (минеральных добавок) исследованы мало, в частности: вулканическая пемза, перлит, опока, цеолиты, каменная мука из переработки отсевов плотных магматических горных пород.

Применение золы-уноса в некоторых регионах Казахстана в ближайшей перспективе теряет актуальность ввиду перехода ТЭЦ от твердого топлива на газ, однако неиспользованными остаются большие объемы отвалов этого техногенного сырья. Известен опыт применения в составе СУБ в комплексе с микрокремнеземом СУБ золы сжигания рисовой шелухи. Введение их в состав СУБ обеспечивает повышение предела прочности на сжатие до 70%, повышение модуля упругости бетона до 15%, значение меры ползучести бетона от 0,44 до 1,19 меры ползучести равнопрочного бетона без модификатора, снижение контрактной усадки до 30%, что положительно влияет на раннюю трещиностойкость железобетона, практически не влияет на усадку при высыхании (Та Ван Фан, 2013). Этот опыт может быть использован в Кызылординской области, где производится переработка отходов рисового производства.

Представляется интересным рассмотреть возможность использования молотых шлаков доменного производства, имеющих в значительных объемах в Казахстане, но перспективы применения этого вида техногенных отходов проблематичны, учитывая нестабильность их составов в отвалах даже одного предприятия.

Широко применяемый в мире в технологиях СУБ микрокремнезем (микросилика) в Казахстане получают на АО «Тау-Кен Самрук», г. Караганда.

Во многих развивающихся странах ввиду роста производства бетона наблюдается возрастающая тенденция спроса природных пуццолановых наполнителей, поскольку не везде имеется доступ к пуццолановым отходам промышленности. Свойства природного сырья различных месторождений для получения пуццолановых наполнителей могут значительно

отличаться. Как правило, в качестве используемых в композиции СУБ природных пуццоланов имеют вулканическое происхождение, возможно, в основном из-за широкого распространения этих пород во многих странах. Так, пирокластические материалы, образующиеся в результате взрывного извержения, такие как вулканический пепел, пемза и перлит, проявляют высокую пуццолановую активность благодаря более высокому содержанию аморфного кремнезема и высокопористой, везикулярной природе. После осаждения пирокластического материала при определенных условиях окружающей среды происходит генетическое превращение аморфного материала в кристаллические цеолиты. Получающиеся в результате цеолитсодержащие породы часто представляют собой когерентные туфы и при измельчении до достаточной тонкости обладают высокой пуццолановой активностью. Таким образом, группа природных вулканических наполнителей может быть подразделена на подгруппы (Juenger M. et al., 2012): неизменные пирокластические, такие как вулканическая пемза и пепел; измененные пирокластические – цеолитизированные туфы. Известно применение цеолитизированных туфов (цеолитов) в качестве сырья в цементной промышленности Китая, Германии, Италии, России, Турции, США, Ирана, Испании и других стран. Однако, исследований по применению цеолитов как минеральной добавки в СУБ, практически нет. Так, известен опыт изучения влияния пемзы и цеолита на свойства СУБ в агрессивных средах. Замещение вяжущего составило 10 и 15 от массы цемента. Отмечается, что составы, содержащие пемзу, демонстрируют прочность на сжатие, практически равную прочности контрольного образца в раннем возрасте и выше, чем в долгосрочном периоде. Тогда как составы с цеолитом показывают лучшие сопротивление расслоению из-за большей пористой морфологии. При испытании стойкости в агрессивных средах, составы с цеолитом показали лучшие результаты, в сравнении с пемзой. В работе (Najimi M. et al., 2012) изучался характер влияния пуццолановых наполнителей на реологические свойства бетонной смеси, прочностные свойства затвердевшего бетона, также их микроструктура. Основываясь на минералогическом составе цеолита, а именно большого содержания клиптололита, авторы предположили его большую пуццолановую активность. Однако по результатам испытаний составы с цеолитом показали меньшую прочность, даже ухудшили ее в ранний период по сравнению с контрольным. Напротив, прочность на сжатие в СУБ, содержащем пемзу увеличилось как в раннем, так и в долгосрочном периоде с заметным увеличением в долгосрочной перспективе. В внутренней структуре СУБ с цеолитом было замечено больше капиллярных пор в сравнении с пемзой, опять так и объяснимое пористостью структуры наполнителей. При этом, сопротивление расслоению как в ранней, так и долгосрочной перспективе были лучше у цеолита, тогда как у пемзы загущающая способность проявлялась лишь по истечению времени. В других известных работах исследователи отмечают увеличение прочностных свойств и долговечности СУБ при применении цеолитосодержащих наполнителей. Было установлено, в частности, что введение природного цеолита в количестве 5 и 10% от массы цемента не приводит к повышению водопотребности смеси; увеличивает прочность при сжатии, соответственно, 37- 28%, прочность при изгибе – на 19%. Высокая загущающая способность цеолита была отмечена в ряде работ (Milović T. et al., 2015). Авторы сравнивали эффективность разного рода химических модификаторов вязкости и цеолита из-за высокой стоимости первых. Согласно Фенгу Найкяну, цеолиты достаточно активно применяются в бетонном производстве Китая. Определение поглощающей способности показало, что она очень высока и превышает 150 мг СаО/г, а в случае клиноптилолита из некоторых отложений даже 200 мг/г. При этом цеолиты поглощают в себя часть воды, вода является носителем пластификаторов, растворенных и частично встречающихся в форме подвески, благодаря этому методу действие пластификатора продлевается и реологические свойства бетонной смеси сохраняются при транспортировке, размещении и даже откачке.

В целом, немногочисленные исследования по цеолитсодержащим породам и цеолитам имеют противоречивые результаты.

Исследования применения цеолита для местных СУБ Казахстана, актуальны, в частности, для производств в Алматической области, в Восточно-Казахстанской области, где

расположены, соответственно, Чанканайское и Тайжузгенское месторождение цеолитов. В КазГАСА были проведены эксперименты по получению СУБ для производства сборных конструкций и монолитных технологий с введением в качестве минеральной функциональной добавки цеолита месторождения Чанканай. Результаты показали эффективность применения в составах без микрокремнезема цеолита до 15% от массы цемента в композиции с инертным наполнителем для получения бетона с пониженной вязущемкостью (420 кг на куб.м), требуемой реологией и прочностью В30.

Особенно актуальным является получение порошкового, песчаного СУБ в Западно-Казахстанской области с ограниченными ресурсами скальных пород и, соответственно, производства щебня. Перспективными могут быть проведенные исследования по возможности применения в СУБ местных высококремнеземистых опок, с использованием которых (Шиповское месторождение) получены высокопрочные СУБ В55. Залежи возможной к использованию опоки есть в Актюбинской, Кызылординской области.

Представляется, может быть целесообразным применение шунгита, месторождение которого имеются только в Казахстане (Коксуское месторождение Алматинской области, месторождение «Бакырчик» Восточно-Казахстанской области) и Российской Федерации. Применение шунгита в качестве углеродсодержащего наномодификатора в бетонах изучалось в ряде работ, но разработок СУБ с его использованием нет. Это объясняется отсутствием ресурсов этого минерала в странах дальнего зарубежья, являющихся лидерами в разработке и применении СУБ. Учитывая, что рыночная стоимость выделенных фуллеренов высокого качества составляет в настоящее время 900-1000 долларов США за 1 грамм, применение природного сырья, имеющего такие структурные составляющие, может значительно снизить стоимость наномодификации бетона. В этой связи интерес ученых к шунгитовым породам проявляется и в дальнем зарубежье. Сегодня в недостаточной степени исследована и используются особенности органической матрицы шунгитовой породы в бетонах: биполярность, благодаря чему порода может легко смешиваться с веществами как органической, так и неорганической природы, проявляя высокие адгезионные свойства и обуславливая возможности создания наполненных бетонных композитов с различными связующими; электропроводность, экранирование электромагнитных излучений; возможность обеспечения композитам высокой механической прочности и малой истираемости; повышение коррозионной стойкости; экологическая чистота, бактерицидность. При этом некоторые ученые отмечают, что для обеспечения целесообразности применения шунгитового сырья в технологиях бетонов следует исключить использование сырья с содержанием углерода менее 10%. Таким образом, вопросы применения шунгитов в качестве наномодификаторов в составах СУБ весьма актуальны и перспективны (Тюльнин В.А., 2015).

В составах легких СУБ представляет интерес исследование эффективности применения алюмосиликатных микросфер энергетических зол (зол-уноса). Опыта применения в составах СУБ этого вида техногенного сырья практически нет. Алюмосиликатные микросферы как товарный продукт производятся в г. Экибастуз, г.Павлодар и др.

В отличие от пуццолановых наполнителей, отходы каменных работ имеют такую же удельную поверхность, как и цемент, такие как известняковая мука, горная пыль, хвосты шахт, отходы ракушек и другие инертные твердые отходы, по своей сути не являются цементирующими. Тем не менее, было обнаружено, что включение таких тонких наполнителей может определенным образом повысить удобоукладываемость бетонной смеси. Вопрос использования отходов добычи и переработки каменных материалов, за исключением карбонатных пород, в качестве инертных наполнителей в литературе встречается крайне редко. Инертные наполнители выполняют роль «разбавителей» цемента - позволяют получить бетоны низких и средних классов по прочности при пониженных водоцементных отношениях (В/Ц), что обеспечивает высокую морозостойкость, водонепроницаемость и коррозионную стойкость таких бетонов. Применение инертных минеральных наполнителей, снижающих прочность бетона за счет эффекта разбавления, оправдано для бетонов, изготавливаемых с использованием в

композиции высокоактивных наполнителей. Совместное использование с СП и другими композиционными составляющими может проявляться синергетический эффект, позволяющий повысить эффективность применения. Кроме того, эти добавки целесообразно применять для приготовления бетонных смесей с высокой подвижностью при пониженном расходе цемента.

Введение инертных наполнителей в зависимости от количества могут снижать В/Ц, что несколько уменьшает потерю прочности при замещении цемента, что объясняется увеличением объемной концентрации цементирующих продуктов гидратации вяжущего и уменьшением объема пор при снижении В/Ц. Кроме того, эффект разбавления цемента инертными частицами может снижаться за счет диффузионного переноса цементирующего вещества в зону контакта инертных частиц, который установлен в работе ([Kalashnikov I.V. & Kalashnikov S.V., 2004](#)) для вяжущих систем с низким В/Ц. Для уменьшения негативного влияния инертных минеральных добавок на прочность при снижении водоцементного отношения их использование в большей степени оправдано при совместном применении с суперводоредуцирующими химическими добавками. В связи с этим, основными критериями выбора материала для получения инертного наполнителя являются его влияние на водопотребность цементного теста с суперпластификатором, а также размолоспособность (за исключением применения пыли камнеобрабатывающих производств). Один из факторов, которые будут способствовать широкому использованию инертных минеральных наполнителей в технологии СУБ – большие объемы отсевов дробления щебня, камнеобрабатывающего производства, содержащие значительную долю пылевидных фракций, которые в настоящее время не находят применения и накапливаются в отвалах. В ряде работ зарубежных ученых исследовался вопрос замены части цемента микронаполнителем, полученным при камнеобработке горных пород – известняка, магматических горных пород и др.

В частности, отмечается, что физическое влияние на свойства смесей и бетона карбонатного наполнителя связано с малым размером частиц известняка, которые могут не только увеличить плотность упаковки наполнителя и уменьшить капиллярную пористость, увеличивая водонепроницаемость. Химические факторы подразумевают влияние ионов известнякового наполнителя в цементной системе, изменяя кинетику гидратации и морфологию продуктов гидратации. В работе ([Sadek D. et al., 2016](#)) установлено, что при использовании известняка в качестве минеральной добавки к цементу в результате гидратации образуются в основном высокопрочные низкоосновные (по отношению к СаО) соединения, которые при уменьшении количества цемента обеспечивают высокую прочность цементного камня. Химические характеристики известняка, которые влияют на его эффективность, связаны с примесями, включая глину, кварц, доломит и другие минералы. Содержание глины увеличивает потребность в воде известнякового наполнителя и, соответственно, снижает подвижность свежего раствора. Универсальность гидроксида кальция проявляется в повышении агрегативной устойчивости суспензий из «грязных» дисперсных известняков с примесями SiO₂, Al₂O₃ и Fe₂O₃. При этом, наибольшая агрегативная устойчивость обеспечивается в суспензиях особоочистых кристаллических известняков при использовании суперпластификаторов как на нафталинсульфонатной, так и на поликарбоксилатной основах.

Результаты исследований показали, что известняковая и мраморная мука, введенная в качестве наполнителя в СУБ, значительно снижает содержание цемента и в то же время увеличивает прочность, долговечность и стабильность составов бетона. Перед многими предприятиями по производству щебня из гранита и других магматических плотных горных пород стоит проблема поиска рынка отсевов дробления или продуктов их переработки. Так, количество гранитной муки, образующегося в камнеобрабатывающей промышленности составляет около 65% от общего объема производства. Эффективность использования тонкодисперсного наполнителя из отсевов камнедробления изучалось в ряде работ ([Паникин Д.А., 2015; Касторных Л.И. et al., 2017](#)). При введении его 20-50% от массы цемента и, как установлено исследованиями, бетонная смесь обладает высокой водоудерживающей способностью, длительной сохраняемостью, достигаемой за счет оптимальной дозировки гиперпластификатора

и водоудерживающей добавки.

Известны некоторые результаты изучения возможности замены части цемента гранитной мукой, ее влияния на стабильность бетонной смеси и долговечность бетона, однако, вопрос мало изучен. В частности, известно, что введение гранитной муки в качестве замены пасты может снижать содержание цемента до 25%, существенно улучшить сопротивление бетонной смеси расслоению, уменьшить предельную деформацию и снизить скорость усадки, при этом прочность увеличилось на 12%. В других работах оптимальное замещение цемента гранитной муки указано в диапазоне до 5%, увеличение приводило к снижению прочности. В ряде работ показана возможность использования отходов горнодобывающего комплекса при совместном помоле клинкера с целью получения дисперсно-наполненных цементов и бетонов на их основе. Рассматривались отходы камнедробления глубинных и излившихся горных пород магматического происхождения – диабазов, базальтов, гранитов, габбро-диоритов, известняков, доломитов, которые подвергали совместному помолу с цементным клинкером до получения удельной поверхности $400 \text{ м}^2/\text{кг}$, что, согласно рентгенофазового анализа дисперсно-наполненного цементного камня обеспечивает их высокую реакционно-химическую активность. Оптимальная дозировка тонкоизмельченных горных пород составляла 30%, что позволяло получить высокопрочные бетоны с повышенными эксплуатационными свойствами.

В работах Калашникова В.И., автора концепции порошково-активированных бетонов (может рассматриваться как один из видов СУБ), отмечается, что чрезвычайно важно использовать молотые горные породы с заданным диапазоном размеров частиц, при котором суспензии с СП при малом содержании воды должны обладать гравитационной растекаемостью под действием собственного веса. Гравитационная растекаемость водно-минеральных суспензий зависит от минерального состава горных пород, дисперсности порошка и объемной концентрации твердой фазы. При исследовании растекаемости суспензий и бетонных смесей, установлено, что большинство порошков из плотных горных пород образуют агрегативно-неустойчивые суспензии (гели) (Kalashnikov, 2018). При удельной поверхности порошков с $S_{уд}=300-500 \text{ м}^2/\text{кг}$ суспензии растекаются под действием собственного веса при водотвердом отношении $V/T=0,38-0,60$, т.е. при объемной концентрации твердой фазы $CV_T=38-46 \%$ объемное содержание твердой фазы (Т) меньше, чем воды (В). Это происходит потому, что в агрегативно-неустойчивых суспензиях частицы связаны в агрегаты, в которых находится свободная вода, не участвующая в увеличении растекаемости суспензий из-за повышенного предела текучести (Kalashnikov, 2016). Суспензии цемента и горных пород при введении СП превращаются в агрегативно-устойчивые суспензии. Этот переход в агрегативно-устойчивое состояние (золи) происходит при значительно меньшем содержании воды, но с уменьшением предела текучести и с повышением вязкости в момент растекания и сопутствующего разрушения слабых структурных связей. Они приобретают полимерно-подобный характер течения с формированием тонких струй в отличие от агрегативно-неустойчивых, которые вытекают с каплеобразованием вследствие недостаточности сил гравитации для преодоления предела текучести и предельного разрушения структуры в потоке. Растекаемость цементных суспензий обеспечивается при объемной концентрации твердой фазы 46-49% ($V/C=0,38-0,50$) (Kalashnikov et al., 2014).

Анализ технической литературы по порошково-активированным бетонам показал, что многие проведенные исследования преследовали цель использования при проектировании составов бетонов в качестве тонкодисперсных минеральных добавок кварцевые пески, однако, надо учитывать низкое значение их размолотоспособности. Агрегативно-неустойчивые суспензии микрокварца, микрокварцита, микрокварцевого песчаника с суперпластификаторами превращаются в агрегативно-устойчивые при добавлении малых дозировок $\text{Ca}(\text{OH})_2$ или портландцемента.

В целом, природа агрегативной устойчивости суспензий, состоящих из частиц различной минералогической природы с различными зарядами поверхностей, мало изучена. В частности,

что глубинные кварцсодержащие породы, включающие в своем составе свободный кварц, будут потенциально реакционно-активными в длительные сроки твердения, что требует изучения изменений физико-технических свойств во время твердения бетона.

Месторождения известняков есть в Западно-Казахстанской, Северо-Казахстанской, Кызылординской областях. Как отмечалось, особенно актуально рассматривать возможность использования известняков для получения наполнителей в западных регионах, где нет производства щебня. Магматические плотные горные породы имеются во многих областях. Предприятия по получению щебня из скальных пород занимаются переработкой местных месторождений, породы которых значительно разнятся по минералогическому составу, соответственно, наполнители из отсеков дробления требуют исследования на предмет их эффективности в СУБ. Так, например, перспективные результаты показали проведенные в КазГАСА исследования по использованию в СУБ отсеков камнедробления карьера Балтабай-1 Алматинской области в составах СУБ. Преобладающими породами в нем являются эффузивные горные породы (88%) и изверженные интрузивные горные породы (12%): Эффузивные - представлены гидротермально-метасоматически измененными порфиритами средне-основного состава и порфирами раскристаллизованного кварц-полевошпатового состава; интрузивные – гранитами и гибридной породы кварцевого диорита. Наполнитель из отходов камнедробления использовался в составах СУБ в композиции с активными добавками – цеолитом, микрокремнеземом. Были получены композиции, обеспечивающие получение бетона В30 с реологическими свойствами и сроками твердения для изготовления как сборных конструкций, так и монолитных технологий. Потенциальная сырьевая база для получения композиций СУБ в Казахстане с целью разработки эффективных составов и сравнительной оценки ее величины представлена в таблице 1.

Таблица 1

Сырьевые материалы для изготовления СУБ в Казахстане [материалы авторов]

Виды бетона/ Материалы для изготовления СУБ	Тяжелые			Легкие	
	Сверх- прочные	Высоко- прочные	Средней прочности	Высоко-проч- ные	Средней прочности
Вязущие вещества					
ЦЕМ I 32,5Б	+	+	+	+	+
ЦЕМ I 42,5Б	+	+	+	+	+
ЦЕМ II 32,5Н	-	-	+	-	+
ЦЕМ II 42,5Н	-	-	+	-	+
Наполнитель					
Природные активные минеральные:					
Диатомит	-	-	+	-	+
Трепел	-	-	+	-	+
Опока	-	+	+	+	+
Вулканический туф	-	-	+	-	+
Шунгит	+	+	+	+	+
Цеолит	-	-	+	-	+
Искусственные активные минеральные:					
Микрокремнезем	+	+	+	+	+
Зола-уноса	+	+	+	+	+
Доменный шлак	-	-	+	+	+
Алюмосиликатные микро- сферы	+	+	-	+	+
Инертные минеральные (Минеральные порошки, получаемые помолом из горных пород):					
Известняк	+	+	+	+	+
Доломит	-	-	+	-	+
Кварцевый песок	-	+	-	+	-

Отсевы дробления щебня из скальных пород	+	+	+	+	+
Заполнитель					
Мелкий (Мк= 1,6-2,5)					
Песок строительный	+	+	+	–	–
Песок кварцевый	+	+	–	+	–
Песок карбонатный	–	–	+	–	–
Песок легкий, искусственный (керамзитовый, термолитовый и др.)	–	–	–	+	+
Крупный заполнитель* (Мк=5-20, 5-10)					
Щебень из изверженных плотных горных пород	+	+	+	–	–
Микроармирующие материалы					
Стальная фибра	+	+	+	–	–
Стеклянная, базальтовая. полимерная фибра	–	–	–	+	+
Функциональные добавки (импортируются)					
Суперпластификаторы Гидрофобизаторы** Ускорители твердения** Стабилизаторы** и другие					

* Не используется при получении песчаных СУБ, порошково-активированных бетонов.

** Вводятся при необходимости обеспечения дополнительных эффектов.

3 ВЫВОДЫ

Минерально-сырьевая база Казахстана для производства СУБ достаточно разнообразна, представлена как материалами, эффективность которых в композициях достаточно изучена исследователями и используется в мировой практике, так материалами, имеющими в прогнозе хорошие перспективы применения, но малоизученными или требующими изучения. Учитывая большую вариативность минерального состава одной и той же горной породы в разных месторождениях и техногенного сырья, а также неравномерную локацию на территории Казахстана, сырьевые материалы должны подбираться для получения СУБ в конкретном городе, регионе.

В рамках перспективных исследований, финансируемых МНВО РК «Разработка многофункциональных нано и микромодификаторов для технологии высокофункциональных бетонов» в КазГАСА будет проведен комплекс исследований сырьевых материалов для отдельных регионов на предмет эффективности их использования в композиции с органическим модификатором, который впервые в Казахстане принят к разработке для обеспечения импортозамещения. На основе проведенных исследований предполагается разработка эффективных составов высокофункциональных бетонов с использованием местного сырья.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

БЛАГОДАРНОСТИ/ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование проводилось в рамках грантового финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан ИРН АР 19679906 «Разработка многофункциональных нано и микромодификаторов для технологии высокофункциональных бетонов».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Cazacu, N., Bradu, A., & Florea, N.** (2016). Self Compacting Concrete in Building Industry. Buletinul Institutului Politehnic din Iasi. Sectia Constructii, Arhitectura, 62(1), 85.
2. **Persson, B.** (2001). A comparison between mechanical properties of self-compacting concrete and the corresponding properties of normal concrete. Cement and concrete Research, 31(2), 193-198. <https://doi.org/10.1016/S0008-8846%2800%2900497-X>
3. **Ahmad, S., Umar, A., & Masood, A.** (2017). Properties of normal concrete, self-compacting concrete and glass fibre-reinforced self-compacting concrete: an experimental study. Procedia engineering, 173, 807-813. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2016.12.106>
4. **Alshahrani, A., & Kulasegaram, S.** (2023). Effect of fibre diameter and tensile strength on the mechanical, fracture, and fibre distribution properties of eco-friendly high-strength self-compacting concrete. Construction and Building Materials, 403, 133161. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133161>
5. **Çelik, Z., & Bingöl, A. F.** (2020). Fracture properties and impact resistance of self-compacting fiber reinforced concrete (SCFRC). Materials and Structures, 53, 1-16. <https://doi.org/10.1617/s11527-020-01487-8>
6. **Usherov-Marshak, A. V.** (2020) Additives in concrete: progress and problems [Dobavki v beton: progress i problemy]. Building materials, 10, 8-12. (in Russ.).
7. **Ni, V. V.** (2009). Mineral resource base of the construction and road industry of the Republic of Kazakhstan [Mineral'no-syr'evaya baza stroitel'noj i dorozhnoj industrii Respubliki Kazahstan]. Almaty: Izdatel'stvo «Mektep». (in Russ.).
8. **Urban, M.** (2018). Low cement content SCC (Eco-SCC)–the alternative for ready-mix traditional concrete. In MATEC web of conferences (Vol. 163, p. 01004). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201816301004>
9. **Derepko, S. N., & Nikiforova, I. A.** (2015) Model of integral assessment of the efficiency of the introduction of ash and slag waste of the coal industry [Model' integral'noj ochenki effektivnosti vnedreniya zoloshlakovyh othodov ugol'noj promyshlennosti]. Baikal Research Journal, 6, 7-17. (in Russ.).
10. **Leung, H. Y., Kim, J., Nadeem, A., Jaganathan, J., & Anwar, M. P.** (2016). Sorptivity of self-compacting concrete containing fly ash and silica fume. Construction and Building Materials, 113, 369-375. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.071>
11. **Nuruddin, M. F., Azmee, N. M., & Yung, C. K.** (2014). Effect of fire flame exposure on ductile self-compacting concrete (DSCC) blended with MIRHA and fly ash. Construction and Building Materials, 50, 388-393. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.09.038>
12. **Shobana, K. S., Gobinath, R., Ramachandran, V., Sundarapandi, B., Karuthapandi, P., Jeeva, S., Dhinesh. A, Manoj Kumar. R., & Subramanian, M.** (2013). Preliminary study of Self Compacting Concrete by adding Silica Fume-A review paper. International Journal of Engineering Research & Technology, 2(11), 1293-1304.
13. **Kubens, S., Peng, H., Oesterheld, S., Wallevik, O. H., & Iceland, I. C.** (2008). Some effects of silica fume on variations in rheology of mortar due to production date of cement. Annual Transactions of the Nordic Rheology Society, 16, 4.
14. **Wang, H. Y., & Lin, C. C.** (2013). A study of fresh and engineering properties of self-compacting high slag concrete (SCHSC). Construction and Building Materials, 42, 132-136. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.11.020>
15. **Kalashnikov, V. I., Moskvin, R. N., Belyakova, E. A., Belyakova, V. S., & Petukhov, A. V.** (2014). Highly dispersed fillers for powder-activated concrete of the new generation [Vysokodispersnye napolniteli dlya poroshkovo-aktivirovannyh betonov novogo pokoleniya]. Systems. Methods. Technologies, 2(22), 113-118. (in Russ.).

16. **Fan, T. V.** (2013). Self-compacting high-strength concrete with rice husk ash and metacaolin [Samouplotnyayushchiesya vysokoprochnye betony s zoloy risovoj sheluhi i metakaolinom] [Unpublished candidate dissertation]. Rostov State University of Civil Engineering. (in Russ.)
17. **Juenger, M., Provis, J. L., Elsen, J., Matthes, W., Hooton, R. D., Duchesne, J., Courard, L., He, H., Michel, F., Snelling, R., & De Belie, N.** (2012). Supplementary cementitious materials for concrete: characterization needs. MRS Online Proceedings Library (OPL), 1488, imrc12-1488. <https://doi.org/10.1557/opl.2012.1536>
18. **Najimi, M., Sobhani, J., Ahmadi, B., & Shekarchi, M.** (2012). An experimental study on durability properties of concrete containing zeolite as a highly reactive natural pozzolan. Construction and building materials, 35, 1023-1033. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.04.038>
19. **Milović, T., Šešlija, M., Šupić, S., & VUKOSLAVČEVIĆ, S.** (2015, April). Influence of natural zeolite on some properties of mortar/concrete. In International Conference Contemporary Achievements in Civil Engineering 2015 (Vol. 24, pp. 61-66).
20. **Tyulnin, V. A.** (2015). Shungite as a filler of composite materials with a unique complex of properties [SHungit kak napolnitel' kompozicionnyh materialov s unikal'nym kompleksom svojstv]. Dry building mixes, (2), 22-25. (in Russ.)
21. **Kalashnikov, V. I., & Kalashnikov, S. V.** (2004). Theory of hardening of composite cement binders. Materials of the international scientific and technical conference "Actual issues of construction" [K teorii tverdeniya kompozicionnyh cementnyh vyazhushchih, Materials of the International Scientific and Technical Conference "Topical issues of construction"]. Saransk: Izd. Mordovskogo Gos. University, 3, 119-123. (in Russ.)
22. **Sadek, D. M., El-Attar, M. M., & Ali, H. A.** (2016). Reusing of marble and granite powders in self-compacting concrete for sustainable development. Journal of Cleaner Production, 121, 19-32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.044>
23. **Panikin, D.A.** (2015). Development of self-compacting concretes with the use of stone crushing waste [Razrabotka samouplotnyayushchihsya betonov s primeneniem othodov kamnedrobleriya]. Bulletin of the Donbass National Academy of construction and architecture. 3(113), 38-42. (in Russ.)
24. **Kastornykh, L.I., Taroyan, A.G., & Usepian, L.M.** (2017). Influence of stone crushing and mineral filler on the characteristics of fine-grained self-compacting concrete [Vliyanie otseva kamnedrobleriya i mineral'nogo napolnitelya na harakteristiki melkozernistyh samouplotnyayushchihsya betonov]. Engineering Bulletin of the Don, 3(46), 107. (in Russ.).
25. **Kalashnikov, V.I.** (2018). On the terminology of self-sealing powder-activated concretes and new generation concrete mixtures [K terminologii samouplotnyayushchihsya poroshkovo-aktivirovannyh betonov i betonnyh smesey novogo pokoleniya] Materials of the international conference. "Composite building materials. Theory and Practice": Penza, Russian Federation, 8-14. (in Russ.)
26. **Kalashnikov V.I.** (2016). Suspension-filled concrete mixtures for powder-activated concrete [Suspenzionno-napolnennye betonnye smesi dlya poroshkovo-aktivirovannyh-betonov] News of universities, 30-37. (in Russ.)

UDC 691.32
IRSTI 67.09.33
RESEARCH ARTICLE

INFLUENCE OF PLASTICIZING AND AIR-ENTRAINING ADMIXTURES ON CONCRETE PROPERTIES

A.K. Tolegenova^{1,*} , K. Akmalaiuly¹ , A. Yespayeva¹ ,
Z. Altayeva² , E. Kuldeyev¹ 

¹Satbayev University, 050013, Almaty, Kazakhstan

²International Educational Corporation, 050028, Almaty, Kazakhstan

Abstract. *In the modern construction industry of Kazakhstan, to ensure the needs of the market, there is an urgent essential to improve the quality of concrete and expand its functional purpose. To a large extent, this is achieved by designing concrete as composite materials with different structures, quantities and nature of components. The multicomponent composition makes it possible to effectively manage the structure formation processes of the concrete cementing matrix and obtain concretes with the required properties. This article presented the effect of plasticizing and air-entraining admixtures on the properties of heavy concrete. The compositions of concrete mixture with plasticizing and air-entraining admixtures were selected. The results of study of plasticizing and air-entraining admixtures effect on average density, workability, compressive strength of concrete samples are presented. The effectiveness of introduction of a complex admixtures was evaluated in order to further improve operational properties of concrete. The plasticizing effect makes it possible to increase workability of concrete mortar while by reducing water-cement ratio from 0,5 to 0,38. Due to this, density and strength of concrete increased while improving operational characteristics. The combined effect of plasticizing and air-entraining admixtures had a positive effect on mobility of concrete mortar and its strength of concrete samples. The significant strength of 47,2 MPa was achieved with the combined introduction of a plasticizing and air-entraining admixtures in the amount of 1,2% and 0,5% of the cement weight, thereby increasing the strength of concrete samples by 32% compared to the control sample.*

Keywords: *concrete mortar, admixture, strength, density, air-entraining, slag-portland cement, plasticizers.*

***Corresponding author**

Aigerim Tolegenova, e-mail: aigerim.tolegenova.94@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-09>

Received 03 November 2023; Revised 20 November 2023; Accepted 05 December 2023

ПЛАСТИФИКАЦИЯЛАУШЫ ЖӘНЕ АУА ТАРТАТЫН ҚОСПАЛАРДЫҢ БЕТОН ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ

А.К. Толегенова^{1*} , К. Ақмалайұлы² , А.С. Еспаева¹ ,
З.Н. Алтаева² , Е. И. Кульдеев¹ 

¹Сәтбаев Университеті, 050013, Алматы, Қазақстан

²Халықаралық білім беру корпорациясы, 050028, Алматы, Қазақстан

Аңдатпа. Қазақстанның қазіргі заманғы құрылыс өнеркәсібінде нарықтың қажеттіліктерін қамтамасыз ету үшін бетондардың сапасын арттыру және олардың функционалдық мақсатын кеңейту қажеттілігі туындайды. Бұл көбінесе бетондарды құрамдас бөліктердің құрылымымен, санымен және сипатымен ерекшеленетін композициялық материалдар ретінде жобалау арқылы жүзеге асырылады. Композицияның көп компоненттілігі бетонның цементтеу матрицасының құрылымын қалыптастыру процестерін тиімді басқаруға және қажетті қасиеттері бар бетондарды алуға мүмкіндік береді. Бұл мақалада пластиктендіретін және ауа тартатын қоспалардың бірлескен әсерінің ауыр бетонның қасиеттеріне әсері қарастырылады. Пластификациялайтын және ауа тартатын қоспалары бар бетон қоспасының құрамы таңдалды. Пластификациялаушы және ауаны тартатын қоспалардың бетон үлгілерінің орташа тығыздығына, жұмысқа жарамдылығына, қысу беріктігіне әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Бетонның пайдалану қасиеттерін одан әрі арттыру мақсатында кешенді қоспаны енгізу тиімділігін бағалау орындалды. Пластификациялаушы әсері су-цемент қатынасын 0,5-тен 0,38-ге дейін төмендету кезінде бетон қоспасының жұмыс қабілеттілігін арттыруға мүмкіндік береді, соның арқасында бетонның тығыздығы мен беріктігі артады, сонымен бірге пайдалану сипаттамалары жақсарады. Пластификациялаушы және ауа өткізгіш қоспаның бірлескен әсері бетон қоспасының қозғалғыштығына және оның бетон үлгілерінің беріктігіне оң әсер етті. 47,2 МПа ең жоғары беріктікке цемент массасының 1,2% және 0,5% мөлшерінде пластификациялаушы және ауа өткізгіш қоспаны бірлесіп енгізу арқылы қол жеткізілді, бұл бақылау үлгісімен салыстырғанда бетон үлгілерінің беріктігінің 32% - ға артуына әкелді.

Түйін сөздер: бетон қоспасы, жұмыс қабілеттілігі, беріктігі, тығыздығы, ауа өткізгіштігі, шлакопортландцемент, пластификаторлар.





*Автор-корреспондент

Айгерим Толегенова, e-mail: aigerim.tolegenova.94@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-09>

Алынды 03 қараша 2023; Қайта қаралды 20 қараша 2023; Қабылданды 05 желтоқсан 2023

ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ И ВОЗДУХОВОВЛЕКАЮЩИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА БЕТОНА

А.К. Толегенова^{1,*} , К. Ақмалайұлы² , А.С. Еспаева¹ ,
З.Н. Алтаева² , Е. И. Кульдеев¹ 

¹Сатбаев Университет, 050013, Алматы, Казахстан

²Международная образовательная корпорация, 050028, Алматы, Казахстан

Аннотация. В современной строительной промышленности Казахстана для обеспечения потребностей рынка возникает острая необходимость повышения качества бетонов и расширения их функционального назначения. В значительной мере это достигается путем проектирования бетонов как композиционных материалов, отличающихся структурой, количеством и характером компонентов. Многокомпонентность состава позволяет эффективно управлять процессами структурообразования цементирующей матрицы бетона и получать бетоны с необходимыми свойствами. В данной статье рассмотрено влияние совместного действия пластифицирующих и воздухововлекающих добавок на свойства тяжелого бетона. Подобраны составы бетонной смеси с пластифицирующими и воздухововлекающими добавками. Приведены результаты исследования влияния пластифицирующих и воздухововлекающих добавок на среднюю плотность, удобоукладываемость, прочность на сжатие бетонных образцов. Выполнена оценка эффективности введения комплексной добавки с целью дальнейшего повышения эксплуатационных свойств бетона. Пластифицирующий эффект позволяет повысить удобоукладываемость бетонной смеси при снижении водоцементного отношения с 0,5 до 0,38, за счет чего происходит повышение плотности и прочности бетона с одновременным улучшением эксплуатационных характеристик. Совместное действие пластифицирующей и воздухововлекающей добавки оказало положительное влияние на подвижность бетонной смеси и ее прочность бетонных образцов. Наибольшая прочность 47,2 МПа была достигнута при совместном введении пластифицирующей и воздухововлекающей добавки в количестве 1,2% и 0,5% от массы цемента, тем произошло увеличение прочности бетонных образцов на 32% по сравнению с контрольным образцом.

Ключевые слова: бетонная смесь, удобоукладываемость, прочность, плотность, воздухововлечение, шлакопортландцемент, пластификаторы.

* Автор-корреспондент

Айгерим Толегенова, e-mail: aigerim.tolegenova.94@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-09>

Поступило 03 ноября 2023; Пересмотрено 20 ноября 2023; Принято 05 декабря 2023

1 INTRODUCTION

In Kazakhstan, monolithic construction is one of the most promising technologies applied in the construction of various buildings and structures for different needs (Tolegenova, 2021). Nowadays, concrete is one of the main building materials. Modern building materials are being developed to improve their characteristics, rapid construction, efficient energy saving, lightweight, and above all they must be environmentally friendly (Lian et al., 2018). One of the main technical and technological tasks of production is to improve the composition of concrete, quality and reduce its cost (Beste, 2022). At the same time, modern materials should have important characteristics: strength and durability, which are the main factors when using a certain technology. At present, the use of complex chemical admixtures is an effective way to improve the quality and properties of ordinary heavy concrete. Admixtures improve the technological, rheological properties and technical indicators of concrete (Strelenko et al., 2020).

2 LITERATURE REVIEW

Numerous research have proved that an increase in the water and cement ratio leads to a decrease in the strength and durability of concrete (Anisimov & Chikin, 2015). The use of superplasticizers can reduce the water and cement ratio and improve the workability of the concrete mortar. In addition, plasticizers contribute to the homogenization of the concrete mortar and, as a result, its workability increases. Due to these characteristics, superplasticizers are the main elements for producing high-performance concrete (Tarasov et al., 2018). An important effect of using superplasticizers is the possibility of increasing the kinetics of concrete strength growth, which is a mandatory requirement for monolithic concrete.

Attract attention to the aspect of our research work issue the study of the effect of air-entraining admixtures on concrete mortar. The addition of air-entraining admixtures to the concrete mortar causes the formation of small and stable air bubbles, thereby improving the workability of the concrete mortar (Lori, 2021). When the fresh mortar begins to harden, the bubbles in it exposed mineralization and become an integral part of it. Therefore, an additional space is formed inside the concrete structure, in which the freezing water expands. The uniform distribution of pores with air over the entire volume of concrete increases its freezing-thawing resistance (Yang et al., 2022).

The study aims to compare the kinetics of heavy concrete's strength set and the workability of a concrete mortar modified with plasticizing and air-entraining admixtures.

3 MATERIALS AND METHODS

The technological properties of concrete modified with air-entraining (CHRYSO Fluid 423) and plasticizing (Master Air200) admixtures were investigated in the research laboratory.

The slag-Portland cement of the Standard Cement LLP CEM III/A-Sh 32H plant appropriate to ST RK EN 197-1-2011 was used as a binder. The composition of cement clinker, the chemical composition of electrothermophosphoric granular slag and the chemical composition of slag-Portland cement, including its physical and mechanical properties are presented in Tables 1, 2, 3 and 4. Granular electrothermophosphoric slag is used as the main component of cement. This material is used as an active mineral additive in cement, moreover, slag is the main component in the production of slag-alkaline binders and products based on them (Gryizlov et al., 2014).

Table 1

Composition of cement clinker [author's material]

Name of components	Amount, %
The total content of tricalcium and bicalcium silicates (C_2S , C_2S)	75
Mass ratio of calcium to silicon oxide (CaO/SiO_2)	2,8
Magnesium oxide (MgO)	1,6

Table 2

Chemical composition of electrothermophosphoric granular slag [author's material]

Name of components	Amount, %
Silicon dioxide (SiO_2)	40,3
The total content of calcium oxide and magnesium oxide (CaO , MgO)	47,2
Phosphorus pentoxide (P_2O_5)	1,1
Chloride-ion (Cl^-)	0,03

Table 3

Chemical composition of slag-portland cement [author's material]

Name of components	Amount, %
Mass loss during calcination	0,7
Insoluble residue	1,4
Sulfur oxide (SO_2)	2,2
Magnesium oxide (MgO)	1,6
Chloride-ion (Cl^-)	0,05

Table 4

Physical and mechanical properties of slag-portland cement [author's material]

Properties	Properties
Compressive strength, at the age of 7 days, МПа	18
Compressive strength at the age of 28 days, МПа	34,2
Setting time of cement paste: beginning, min, not earlier	81
Uniformity of volume change (expansion), mm, no more	6

Dolomite crushed stone of a fraction of 5-20 mm with a crushing mark of M1000 and a bulk density of $1,310 \text{ t/m}^3$ was used as a coarse aggregate (**Table 5**). This aggregate responds to the requirements of ST RK 1284-2004. The standard defines the basic requirements for crushed stone from dense rocks used as a coarse aggregate for heavy concrete.

Table 5

Grain composition of coarse aggregate [author's material]

Fractions of crushed stone	Quarry	Sieve sizes			
		d, mm	$0,5(d+D)$, 12,5 mm	D, 20 mm	$1,25D$, 25 mm
5-20	Test	97,4	66	2,4	0

Natural fine-grained quartz sand with a grain size modulus equal to $M_k = 2,4$ and a bulk density of $1,450 \text{ kg/m}^3$ responding to ST RK 1217-2003 was used as a fine aggregate. The grain composition of the sand is presented in **Figure 1**.

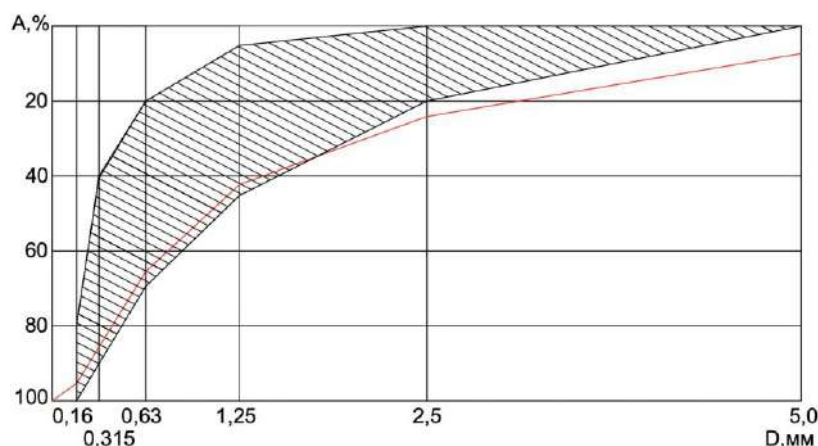


Figure 1 – Grain composition of sand [author’s material]

Drinking water was used to prepare concrete mortar. Water confirms the requirements of GOST 27732-2011, standard ST RK 1015-2000 «Water. Gravimetric method for determining the content of sulfates in natural wastewater».

The plasticizer CHRYSO Fluid 423 (PCE) was used as a plasticizing admixture to improve the workability of concrete. The chemical and physical properties of the admixture are presented in [Table 6](#).

Table 6

Chemical and physical properties of CHRYSO Fluid 423 [author’s material]

Name	Properties
Colour	Brown
Consistency	Liquid
Density	1,180 g/cm ³

Master Air 200 (AIR) was used as an air-entraining admixture ([Table 7](#)). Admixture was injected into the mortar together with the mixing water. The content of admixtures is indicated as a percentage of the cement mass based on the dry agent of the admixture.

Table 7

Physical and chemical properties of Master Air 200 [author’s material]

Name	Properties
Colour	Light brown
Consistency	Liquid
Density	1,02 ± 0,02 g/cm ³
Chlorine ion content	< 0,01%

The composition of concrete mortar and density (determined according to GOST 27006-2019) are presented in [Tables 8, 9](#) and [10](#). Specimen C1 was prepared as a control specimen. The first four specimens were mixed with a plasticizer and designated as PCE1, PCE2, PCE3 and PCE4. In specimens with a plasticizer, the main difference between the mixtures is a different water and cement ratio, which varies from 0,45 to 0,38. When the water and cement ratio changes, the amount of cement and water remains unchanged. In the case of a mortar with an air-entraining admixture, the water and cement ratio were equal to 0,4 for all specimens.

Table 8

Compositions of concrete mortar with a plasticizing admixture [author's material]

Name of specimen	Cement, g	Sand, g	Water, g	Crushed stone fractions, mm, g, 5-20	W/C	Plasticizer (PCE), %
C1	460	670	230	1100	0,5	-
PCE1	460	670	207	1100	0,45	0,6
PCE2	460	670	184	1100	0,4	0,8
PCE3	460	670	175	1100	0,38	1
PCE4	460	670	175	1100	0,38	1,2

Table 9

Compositions of concrete mortar with an air-entraining admixture [author's material]

Name of specimen	Cement, g	Sand, g	Water, g	Crushed stone fractions, mm, g 5-20	W/C	Master AIR 200 (AIR) %
AIR1	460	670	185	1100	0,40	0,2
AIR2	460	670	185	1100	0,40	0,3
AIR3	460	670	185	1100	0,40	0,4
AIR4	460	670	185	1100	0,40	0,5

Table 10

Compositions of concrete mortar with plasticizing and air-entraining admixtures [author's material]

Name of specimen	Cement, g	Sand, g	Water, g	Crushed stone fractions, mm, g 5-20	W/C	Plasticizer (PCE), %	Master AIR 200 (AIR) %
(PCE+AIR)1	460	670	185	1100	0,4	0,6	0,2
(PCE+AIR)2	460	670	185	1100	0,4	0,8	0,3
(PCE+AIR)3	460	670	185	1100	0,4	1	0,4
(PCE+AIR)4	460	670	185	1100	0,4	1,2	0,5

The workability of the freshly prepared concrete mortar for each specimen was determined using a cone in accordance with GOST 10181-2000 «Concrete mortar. Test methods».

For strength testing, cubes of 100×100×100 mm in size were made, four samples for each specimen. When reaching the age of 7 and 28 days, compression tests were carried out in accordance with GOST 10180-2012 by the following formula (Akmalaily, 2023):

$$R = \alpha \cdot F / a \cdot K_w \quad (1)$$

where F — destructive load, N;

A — working cross-sectional area of the sample, mm²;

α — scale coefficient for reduction of concrete strength to the concrete strength in samples of basic size and shape;

K_w — correction coefficient for cellular concrete, considering the humidity of the samples at the time of testing.

The results of tests of samples for compressive strength at the age of 7 and 28 days are shown in **Figure 2 and 3**.

4 RESULTS AND DISCUSSION

The results of determining the workability of concrete mortar with different content admixtures are presented in **Table 9**.

The cone sediment of freshly prepared concrete mortar of the control specimen was 13 cm. With the injection of admixtures, the workability of concrete mortar is significantly improved. Table 10 shows that all investigated admixtures increased the mobility of the concrete mixture by 10-30%. At the same time, the maximum value is observed in specimen №13 and is 22 cm, which is 36% more than in the control specimen C1. When determining workability after 120 minutes, the maximum result of cone sediment -19 cm was also recorded in specimen №13. In specimens with air-entraining and plasticizing admixtures the largest cone sediment was observed in compositions №4 and № 9, which is 15% and 30% more than in the control composition C1.

Table 10

The effect of plasticizing and air-entraining admixtures on the workability of concrete mortar [author's material]

№	Name of specimen	Cone sediment, cm		Density, kg/m ³
		After 15 min.	After 120 min.	
1	C1	14	8	2440
2	PCE1	15	12	2470
3	PCE2	16	13	2400
4	PCE3	18	16	2360
5	PCE4	20	17	2350
6	AIR1	13	10	2360
7	AIR2	14	12	2345
8	AIR3	16	13	2240
9	AIR4	17	15	2355
10	(PCE+AIR)1	15	13	2355
11	(PCE+AIR)2	17	15	2336
12	(PCE+AIR)3	19	16	2308
13	(PCE+AIR)4	22	19	2285

When using the PCE admixture in comparison with the control sample (**Figure 2**), an increase in strength was observed at the ages of 7 and 28 days from 37,2 MPa to 38,4 MPa and from 46,8MPa to 48,2MPa.

The increase in strength indicators is related to a result of the action of the plasticizing additive in the cement paste, the volume of the intergranular space decreases. Thereby providing closer contact between the shells of hydrated products on the surface of adjacent cement grains, which promotes combining them into a denser and more durable conglomerate. From the diagram presented in Figure 2, with the injection of PCE, the water and cement ratio of the mortar decreased by 10-24%. At the same time, a significant reduction is achieved with the injection of a plasticizing admixture in the amount of 1,2% by weight of cement.

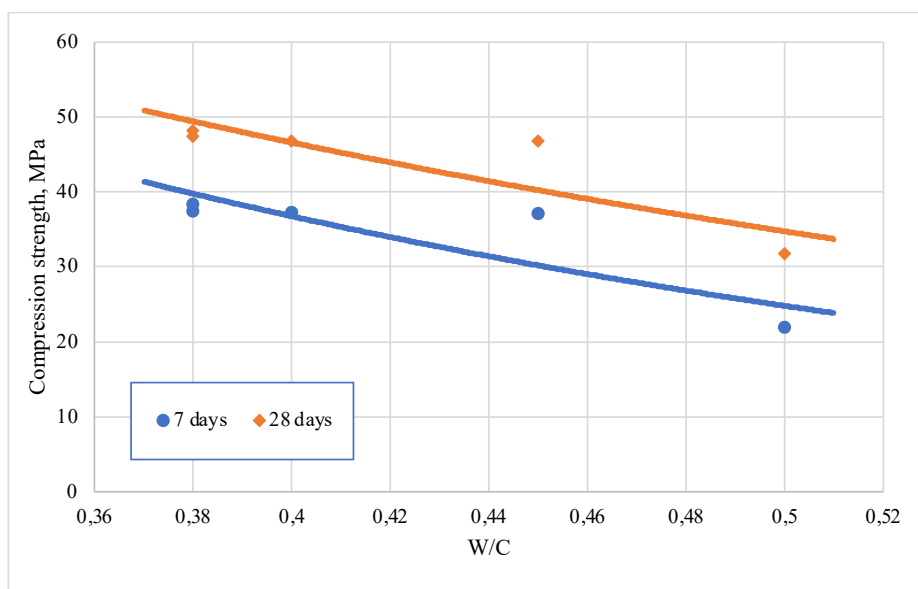


Figure 2 – The effect of the water and cement ratio on the compressive strength of concrete [author’s material]

When modifying the concrete mixture with plasticizing and air-entraining admixtures, a gradual increase in strength was observed at the ages of 7 and 28 days from 21,2 MPa to 34,5 MPa and from 38,0MPa to 47,2MPa, as a presented on **Figure 3**.

The maximum strength at the age of 28 days was obtained with compression $R = 47,2$ MPa, using PCE and AIR admixtures in the amount of 1,2% and 0,5% by weight of cement. These complex admixtures make it possible to obtain a strength of 32,62% higher than the strength of the control specimen. The density of the concrete mortar at the age of 28 days was 2440-2285 kg/m³. This phenomenon is due to the fact that the combined action of admixtures causes the uniform formation of small and stable bubbles throughout the volume of concrete, thereby increasing its frost resistance.

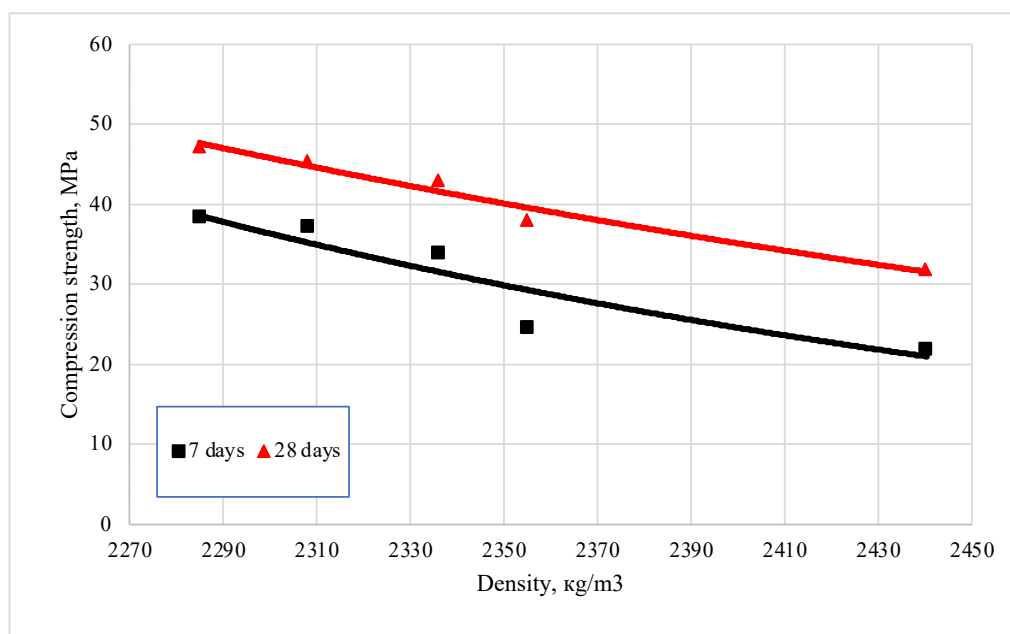


Figure 3 – Effect of plasticizing and air-entraining admixtures on concrete density [author’s material]

5 CONCLUSIONS

5 CONCLUSIONS

To date, the use of complex admixtures is an effective way to improve the quality of heavy concrete. Admixtures improve the technological properties of the concrete mortar and the construction and technical indicators of concrete.

Based on the conducted experimental research, the following conclusions can be drawn:

1. Due to the formation of the appropriate structure of capillary pores in the hardened cement mortar, the durability of the cement-based material depends on the ratio of W/C. The water-cement ratio can be reduced by using plasticizers and increasing the air content in the mortar. An increase in the amount of plasticizing admixture from 0,6% to 1,2% led to a decrease in water demand in the concrete mortar to 23,9%.

2. The use of air-entraining admixture significantly increased the workability of the concrete mortar and increased the stability of the air-entrained mortar. An additional effect of the use of air-entraining admixture is a decrease in the actual density of the concrete mixture by 6,35% of the control specimen.

3. The injection of plasticizing and air-entraining admixtures into the concrete mortar has a positive effect on the strength set of concrete. Plasticizer CHRYSO Fliud 423 in the dosage range from 0,8% to 1,4% by weight of cement increases the strength of concrete at the age of 7 and 28 days by 74,5% and 51,5%. The combined action of CHRYSO Fliud 423 and Master Air200 in the dosage range of 1,2% and 0,5% by weight of cement increases the strength of concrete at the age of 7 and 28 days by 56,8% and 48,4%.

Modern building materials require the use of technically and economically reasonable materials with high operational and technical characteristics, therefore, the use of composite materials is more actively included in the field of construction and has prospects for widespread use.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

ACKNOWLEDGEMENTS / SOURCE OF FUNDING

This research is funded by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. BR21882292 – “Integrated development of sustainable construction industries: innovative technologies, optimization of production, effective use of resources and creation of technological park”).

REFERENCES

1. **Tolegenova, A. K., Akmalaiuly, K., Skripkiunas, G.** (2021). Study of the effectiveness of the use of complex additives master rheobuild 1000 and master air 200. Series of geology and technical sciences, 6(450), 141–146. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.130>
2. **Lian, R., Ou, M., Guan, H., Cui, J., Piao, J., Feng, T., Ren, J., Wang, Y., Wang, Y., Liu, L., Chen, X., & Jiao, C.** (2023). Facile fabrication of multifunctional energy-saving building materials with excellent thermal insulation, robust mechanical property and ultrahigh flame retardancy. *Energy*, 277, 127773. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127773>
3. **Ajabli, H., Zoubir, A., Elotmani, R., Louzazni, M., Kandoussi, K., & Daya, A.** (2023). Review on Eco-friendly insulation material used for indoor comfort in building. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 185, 113609. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113609>

4. **Nilimaa, J.** (2023). Smart materials and technologies for sustainable concrete construction. *Developments in the Built Environment*, 15, 100177. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100177>
5. **Beste, T., & Klakegg, O. J.** (2022). Strategic change towards cost-efficient public construction projects. *International Journal of Project Management*, 40(4), 372–384. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2022.04.006>
6. **Strelenko, V. A., Kosenok, Yu. G., Gurova, E. V.** (2020). Investigation of concrete properties using a complex additive, *Education. Transport. Innovation. Construction: Collection of materials of the III National Scientific and Practical Conference, Omsk, 626-630* [Issledovanie svoystv betona s primeneniem kompleksnoy dobavki. Obrazovanie. Transport. Innovatsii. Stroitelstvo: Sbornik materialov III Natsionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii] https://elibrary.ru/download/elibrary_43970103_19436929.pdf (in Russ.)
7. **Khayat, K. H., Meng, W., Vallurupalli, K., & Teng, L.** (2019). Rheological properties of ultra-high-performance concrete—An overview. *Cement and Concrete Research*, 124, 105828. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.105828>
8. **Anisimov, S.N., Kononova, O.V., Minakov, Yu.A., Leshkanov, A.Yu., Smirnov, A.O.** (2015). Investigation of the strength of heavy concrete with plasticizing and mineral additives. *Modern problems of science and education*, №2-1, 1-8. [Issledovanie prochnosti tyazhelogo betona s plastifitsiruyuschimi i mineralnyimi dobavkami. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya]. Retrieved from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21276> (in Russ.)
9. **Chikin, A.V.** (2015). Technology for increasing the durability of concrete with modern additives. *Ecology and construction*, 3, 8-13. [Tehnologiya povysheniya dolgovechnosti betona s sovremennymi dobavkami, Ekologiya i stroitelstvo]. Retrieved from: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-povysheniya-dolgovechnosti-betona-s-sovremennymi-dobavkami/viewer> (in Russ.)
10. **Tarasov, V.N., Gusev, B.V., Petrunin, S.Yu., Korotkova, N.P., Garnovesov, A.P.** (2018). Evaluation of the effectiveness of the use of polycarboxylate superplasticizers for the production of concrete. *Bulletin of Science and Education of the North-West of Russia*, 1, 1-11. [Otsenka effektivnosti primeneniya polikarboksilatnykh superplastifikatorov dlya proizvodstva betona, Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii] <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-primeneniya-polikarboksilatnykh-superplastifikatorov-dlya-proizvodstva-betona/viewer> (in Russ.)
11. **Gorbunov, S.P.** (2012). Optimization of heavy concrete compositions using fine additives. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Construction and Architecture*, 17(276), 30-35. [Optimizatsiya sostavov tyazhelykh betonov primeneniem tonkodispersnykh dobavok, Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura]. Retrieved from: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-sostavov-tyazhelykh-betonov-primeneniem-tonkodispersnykh-dobavok/viewer> (in Russ.)
12. **Huzin, A.F. & Ibragimov, R.A.** (2015). Physico-mechanical properties of high-strength concrete modified with a complex additive. *Proceedings of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering*, 4(34), 30-35 [Fiziko-mehanicheskie svoystva vysokoprochnogo betona, modifitsirovannogo kompleksnoy dobavkoy, Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta]. Retrieved from: <https://cyberleninka.ru/article/n/fiziko-mehanicheskie-svoystva-vysokoprochnogo-betona-modifitsirovannogo-kompleksnoy-dobavkoy/viewer> (in Russ.)
13. **Izotov, V.S. & Ibragimov, R.A.** (2009). Investigation of the effect of hyperplasticizer additives on the physical and mechanical properties of heavy concrete. *Proceedings of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering*, 2(12), 1-4. [Issledovanie vliyaniya dobavok giperplastifikatorov na fiziko-mehanicheskie svoystva tyazhelogo betona, Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta]. Retrieved from:

- <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-dobavok-giperplastifikatorov-na-fiziko-mehanicheskie-svoystva-tyazhelogo-betona/viewer> (in Russ.)
14. **Tunstall, L.E., Ley, M.T., & Scherer, G.W.** (2021). Air entraining admixtures: Mechanisms, evaluations, and interactions. *Cement and Concrete Research*, 150, 106557. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2021.106557>
 15. **Yang, B., Wang, X., Yin, P., Gu, C., Yin, X., Yang, F., & Li, T.** (2022). The Rheological Properties and Strength Characteristics of Cemented Paste Backfill with Air-Entraining Agent. *Minerals*, 12(11), 1457. <https://doi.org/10.3390/min12111457>
 16. **Shah, H.A., Yuan, Q., & Zuo, S.** (2021). Air entrainment in fresh concrete and its effects on hardened concrete-a review. *Construction and Building Materials*, 274, 121835. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121835>
 17. **Gryizlov, V.S., Fomenko, A.I., Fedorchuk, N.M.** (2014). Electrothermophosphoric slags as the basis of binding composites. *Construction materials*, №10, 66-69. [Elektrotermofosfornyye shlaki kak osnova vyazhushchih kompozitov, Stroitelnyie materialyi]. Retrieved from: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektrotermofosfornyye-shlaki-kak-osnova-vyazhushchih-kompozitov/viewer> (in Russ.)
 18. **Shintemirov, K.S., Urazova, S.S.** (2014). Concretes based on phosphorus-slag binder activated by salts of alkaline and alkaline earth metals. *Science and education*, 4, 110-114. [Betonyi na fosfornoshlakovom vyazhushchem, aktivirovannom solyami shelochnyih i shelochnozemelnyih metallov, Nauka i obrazovanie]. <https://globalf5.com/Zhurnaly/Selskoe-lesnoe-i/Nauka-i-obrazovanie/vypusk-2014-3> (in Russ.)
 19. **Akmalaiuly, K., Akhmetov, D., Jetpisbayeva, A., Kim, K.-D.** (2023). Effect of fine fillers from industrial waste on the quality of self-compacting concrete. *Bulletin of Kazakh Leading Academy of Architecture and Construction*, 87(1), 140–153. <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.1-14>
 20. **Tolegenova, A., Skripkiunas, G., Rishko, L., & Akmalaiuly, K.** (2022). Both Plasticizing and Air-Entraining Effect on Cement-Based Material Porosity and Durability. *Materials*, 15(13), 4382. <https://doi.org/10.3390/ma15134382>

THE TITLE OF THE ARTICLE SHOULD BE SHORT AND INFORMATIVE (NO MORE THAN 10 WORDS)

A.A. Kornilova¹ , S.E. Mamedov^{2*} 

(Authors should include their ORCID ID hyperlink into the green logo next to their name. Follow the instructions: select the logo that you want to display as a hyperlink click on the right mouse button, select "Hyperlink", insert the link in the appeared window)

¹International Educational Corporation, 050028, Almaty, Kazakhstan

²Azerbaijan University of Architecture and Construction, 1148, Baku, Azerbaijan

Abstract. *The abstract (in the language of the article) should briefly outline the main idea and content of the article and comply with the IMRAD structure. The IMRAD structure is the typical organization of a scientific article in scientific journals. Introduction: In this section, the authors present the context and motivation of their study, justify its relevance, formulate the purpose of the study, and provide a review of the literature related to the research topic. The introduction should introduce the reader to the context of the work and interest him. Methodology: This describes the methodology used in the study. This includes a description of data collection methods, equipment, materials, procedures, and statistical methods for data analysis. It is important that the methodology be described in detail and accurately so that other researchers can replicate the study. Results: The actual results of the study are presented here. This may be numerical data, graphs, tables or other forms of information presentation. Results must be presented objectively, without interpretation or discussion. Discussion: In this section, the authors analyze the results obtained, their significance and connection with the hypotheses and purpose of the study. They can also discuss the limitations of the study and possible practical applications of the results. Conclusion: The conclusion provides a brief summary of the work and summarizes the results of the study. Here the authors can highlight the importance of their findings and possible directions for future research. The recommended abstract length is within the range of 200-250 words in English. Other languages must correspond to the translation from English.*

Keywords: *acceptable number: 5-7 keywords and phrases (no more than two words).*

***Corresponding author**

Sayan Mamedov, e-mail: mamedovs@mail.ru

DOI of the article (<https://doi.org/>)

Received 09 April 2023; Revised 17 June 2023; Accepted 24 September 2023

(IMPORTANT: Keep the formatting of the title page, including the colors and font sizes. The title page of the article should not exceed 1 of A4 layout page. If necessary, shorten or extend the abstract text within the range of 200-250 words in English)

МАҚАЛА ТАҚЫРЫБЫ ҚЫСҚА ЖӘНЕ АҚПАРАТТЫ БОЛУ КЕРЕК (10 СӨЗДЕН КӨП БОЛМАЙДЫ)

А.А. Корнилова¹ , С.Е. Мамедов^{2*} 

¹ Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, 050028, Қазақстан

² Әзірбайжан сәулет және құрылыс университеті, Баку, 1148, Әзірбайжан

Аңдатпа. Аннотация (мақала тілінде) мақаланың негізгі идеясы мен мазмұнын қысқаша сипаттап, IMRAD құрылымына сәйкес келуі керек. IMRAD құрылымы медициналық және ғылыми журналдардағы ғылыми мақаланың типтік ұйымы болып табылады. Кіріспе: Бұл бөлімде авторлар өз зерттеуінің мәнмәтінін және мотивациясын ұсынады, оның өзектілігін негіздейді, зерттеу мақсатын тұжырымдайды және зерттеу тақырыбына қатысты әдебиеттерге шолу жасайды. Кіріспе оқырманды шығарманың мәнмәтінімен таныстырып, оны қызықтыруы керек. Әдістеме: Бұл зерттеуде қолданылатын әдістемені сипаттайды. Бұл деректерді жинау әдістерінің, жабдықтың, материалдардың, процедуралардың және деректерді талдаудың статистикалық әдістерінің сипаттамасын қамтиды. Басқа зерттеушілер зерттеуді қайталай алатындай әдістемені егжей-тегжейлі және дәл сипаттау маңызды. Нәтижелер: Зерттеудің нақты нәтижелері осында берілген. Бұл сандық деректер, графиктер, кестелер немесе ақпаратты ұсынудың басқа нысандары болуы мүмкін. Нәтижелер түсіндірусіз немесе талқылаусыз объективті түрде ұсынылуы керек. Талқылау: Бұл бөлімде авторлар алынған нәтижелерді, олардың маңыздылығын және гипотезамен және зерттеу мақсатымен байланысын талдайды. Олар сондай-ақ зерттеудің шектеулерін және нәтижелердің мүмкін практикалық қолданылуын талқылай алады. Қорытынды: Қорытынды жұмыстың қысқаша мазмұнын береді және зерттеу нәтижелерін қорытындылайды. Мұнда авторлар өз тұжырымдарының маңыздылығын және болашақ зерттеулер үшін ықтимал бағыттарды көрсете алады. Ұсынылатын аңдатпа ағылшын тіліндегі 200-250 сөз ауқымында. Басқа тілдер ағылшын тілінен аудармаға сәйкес болуы керек.

Түйін сөздер: Рұқсат етілген саны: 5-7 түйінді сөздер мен сөз тіркестері (екі сөзден артық емес).

*Автор-корреспондент

Саян Мамедов, e-mail: mamedovs@mail.ru

Мақаланың DOI (<https://doi.org/0000000000000>)

Алынды 09 сәуір 2023; Қайта қаралды 17 маусым 2023; Қабылданды 24 қыркүйек 2023.

НАЗВАНИЕ СТАТЬИ ДОЛЖНО БЫТЬ КРАТКИМ И ИНФОРМАТИВНЫМ (НЕ БОЛЕЕ 10 СЛОВ)

А.А. Корнилова¹ , С.Е. Мамедов^{2*} 

¹ Международная образовательная корпорация, Алматы, 050028, Казахстан

² Азербайджанский Университет Архитектуры и Строительства, Баку, 1148, Азербайджан

Аннотация. *Абстракт (на языке статьи) должен кратко изложить основной замысел и содержание статьи и соответствовать структуре IMRAD. Структура IMRAD – это типичная организация научной статьи в медицинских и научных журналах. Введение: В этом разделе авторы представляют контекст и мотивацию своего исследования, обосновывают его актуальность, формулируют цель исследования, а также предоставляют обзор литературы, связанной с темой исследования. Введение должно ввести читателя в контекст работы и заинтересовать его. Методология: Здесь описывается методология, используемая в исследовании. Это включает в себя описание методов сбора данных, оборудование, материалы, процедуры и статистические методы анализа данных. Важно, чтобы методология была описана подробно и точно, чтобы другие исследователи могли воспроизвести исследование. Результаты: Здесь представляются фактические результаты исследования. Это могут быть числовые данные, графики, таблицы или другие формы представления информации. Результаты должны быть представлены объективно, без интерпретации или обсуждения. Обсуждение: В этом разделе авторы анализируют полученные результаты, их значимость и связь с гипотезами и целью исследования. Они также могут обсудить ограничения исследования и возможные практические применения результатов. Заключение: Заключение содержит краткое резюме работы и подводит итоги исследования. Здесь авторы могут подчеркнуть важность своих результатов и возможные направления будущих исследований. Рекомендуемый объем аннотации укладывается в диапазон из 200-250 слов на английском языке. Остальные языки должны соответствовать переводу с английского языка.*

Ключевые слова: *Допустимое количество 5-7 ключевых слов и словосочетаний (не более двух слов).*

*Автор-корреспондент

Саян Мамедов, e-mail: mamedovs@mail.ru

DOI статьи (<https://doi.org/0000000000000>)

Поступило 9 апреля 2023; Пересмотрено 17 июня 2023; Принято 24 сентября 2023

ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCE OF FUNDING *(if available)*

Example:

The research was carried out within the grant funding of the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan IRN 000000001 "Name of the scientific project".

Otherwise, the authors should indicate that "the study was conducted using private sources of funding."

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

АЛҒЫС / ҚАРЖЫЛАНДЫРУ КӨЗІ *(бар болса)*

Мысалы:

Зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің IRN 000000001 «Ғылыми жобаның атауы» гранттық қаржыландыру шеңберінде жүргізілді..

Әйтпесе, авторлар «зерттеу жеке қаржыландыру көздерін пайдалана отырып жүргізілді» деп көрсетуі керек.

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

БЛАГОДАРНОСТИ/ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ *(при наличии)*

Например:

Исследование проводилось в рамках грантового финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан IRN 000000001 «Название научного проекта».

В противном случае авторы должны указать, что «исследование проводилось с использованием частных источников финансирования».

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

(This is a template for the article, please follow the instructions and guides given below. This document will be used in future correspondence with reviewers, hence delete all personal information and use the title and the abstract in the main article's language.)

THE TITLE OF THE ARTICLE SHOULD BE SHORT AND INFORMATIVE (NO MORE THAN 10 WORDS)

Abstract. *The abstract (in the language of the article) should briefly outline the main idea and content of the article and comply with the IMRAD structure. The IMRAD structure is the typical organization of a scientific article in scientific journals. Introduction: In this section, the authors present the context and motivation of their study, justify its relevance, formulate the purpose of the study, and provide a review of the literature related to the research topic. The introduction should introduce the reader to the context of the work and interest him. Methodology: This describes the methodology used in the study. This includes a description of data collection methods, equipment, materials, procedures, and statistical methods for data analysis. It is important that the methodology be described in detail and accurately so that other researchers can replicate the study. Results: The actual results of the study are presented here. This may be numerical data, graphs, tables or other forms of information presentation. Results must be presented objectively, without interpretation or discussion. Discussion: In this section, the authors analyze the results obtained, their significance and connection with the hypotheses and purpose of the study. They can also discuss the limitations of the study and possible practical applications of the results. Conclusion: The conclusion provides a brief summary of the work and summarizes the results of the study. Here the authors can highlight the importance of their findings and possible directions for future research. The recommended abstract length is within the range of 200-250 words in English. Other languages must correspond to the translation from English.*

Keywords: *acceptable number: 5-7 keywords and phrases (no more than two words).*

1 INTRODUCTION *(font style: Times New Roman, size: 12, bold, with a newline)*

[Text]

(font style: Times New Roman, size: 12, not bold, with a newline, additional formatting throughout the text is not acceptable (bold, italic, other colors, underlines, crossed etc.) The references to Figures, Tables and Formulas throughout the text are exceptions. Lines in the paragraph should have 1,0 points spacing, Each paragraph should start with a newline of 1cm indent)

The introduction is crucial for capturing the reader's interest. It should provide a concise background, identify gaps in knowledge, and present your study's purpose. Start by summarizing what's known about the topic and highlighting areas of uncertainty, citing relevant sources. This leads to the identification of the knowledge gap your study addresses. State your hypothesis, objectives, and briefly outline your strategy.

Ensure your reasons for conducting the research align with existing scientific knowledge, referencing pertinent publications. Avoid unnecessary details and tailor the background to your target audience (specialists or non-specialists). The introduction should logically lead to the value your study adds – whether it changes the practice or resolves controversies. Use this section to effectively promote your work.

2 LITERATURE REVIEW

[Text]

In this section of the article, comprehensive and concise summary of the existing research and knowledge relevant to your study's topic should be provided. Briefly discuss the historical development of the field, leading up to the current state of knowledge. Highlight the fundamental concepts and theories that underpin the topic. Highlight any ongoing debates, controversies, or differing viewpoints in the field. Discuss the various research methods and approaches used in previous studies and their strengths and weaknesses. Clearly identify the gaps in the existing literature that your study aims to address. Explain why these gaps are significant. Connect the existing literature to your research by explaining how it informs your research questions, objectives, or hypotheses. Organize the review chronologically, thematically, or in a way that makes the most sense for your research and your readers. Be succinct and to the point. Avoid unnecessary details and focus on what's directly relevant to your research.

In summary, the Introduction is a brief section that sets the stage for your study by explaining its importance, while the Literature Review is a more comprehensive and detailed examination of the existing body of knowledge related to your research topic. The two sections work together to provide context and rationale for your study, with the Introduction leading into the more detailed information presented in the Literature Review.

All references should be cited following the format bellow.

In case of 1 cited author, example:

As the **Figure 2** shows the examples of overlaying the compress and the area of salt cleared with a compressor method using the solution of Trilon B (**Adenon, 2019**), it is possible to conclude...

In case of 2 cited authors, example:

Exploring the potential for renewable energy sources, such as solar (**Schmidt & Summerson, 2018**) and wind power...

In case of 3 and more cited authors, example:

Exploring the potential for renewable energy sources, such as solar (**Schmidt et al., 2018**) and wind power...

3 MATERIALS AND METHODS

[Text]

The Methods section aims to provide a clear, replicable account of the study. Each result must have a corresponding method. Previous published procedures require brief summaries and references.

Begin by specifying the study design and justifying any unconventional methodology with references or contextual explanations. Describe the study population, detailing inclusion/exclusion criteria and methods for cases identification.

For retrospective studies, start with source data description, including criteria and the selected case records.

Math formulae. Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. Additionally you can insert formulas using Microsoft Word function “Insert - Formula”. Each formula should be numbered.

For example:

$$k = \alpha C_p D_b \quad (1)$$

$$\text{porosity (\%)} = (1 - D_b/D_{th}) \times 100 \quad (2)$$

$$(x + a)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} x^k a^{n-k} \quad (3)$$

4 RESULTS AND DISCUSSION

[Text]

The Results section should present your observations without commentary. Methods don't need repeating; readers should refer back to the methods section for details. Results should correspond with methods presented earlier.

Present results in the same order as methods with appropriate subsections. Use tables for concise data like baseline characteristics or outcomes. Figures are useful for complex or graphical data, but don't overuse them. Avoid repeating data already in tables or figures in the text.

The Discussion is where you interpret your results and their significance. Start with a brief recap of the main findings. Avoid overinterpretation and maintain a factual tone. Compare your results with existing literature, diplomatically acknowledging discrepancies, and suggesting explanations.

Discuss any surprising findings and their implications. Consider how multiple analyses or interventions collectively impact your results. When referring to other studies, be diplomatic in criticism and emphasize your work's strengths. Avoid altering the emphasis when paraphrasing.

Lastly, have co-authors, mentors, or publication department staff review your work for clarity and correctness.

4.1 [SUBSECTION HEADING] *(if one exists)*

[Text]

4.2 [SUBSECTION HEADING] (if one exists)

[Text]

Example for figures representation and caption. All figures (illustrations, schemes, graphs, Gantt charts, pie charts, etc.) should be numbered and formatted as shown in example. Note that while referencing figures through the article's body use formatting below, highlighting it with the bold text and the blue color.

For example:

As the **Figure 2** shows the examples of overlaying the compress and the area of salt cleared with a compressor method using the solution of Trilon B, it is possible to conclude...

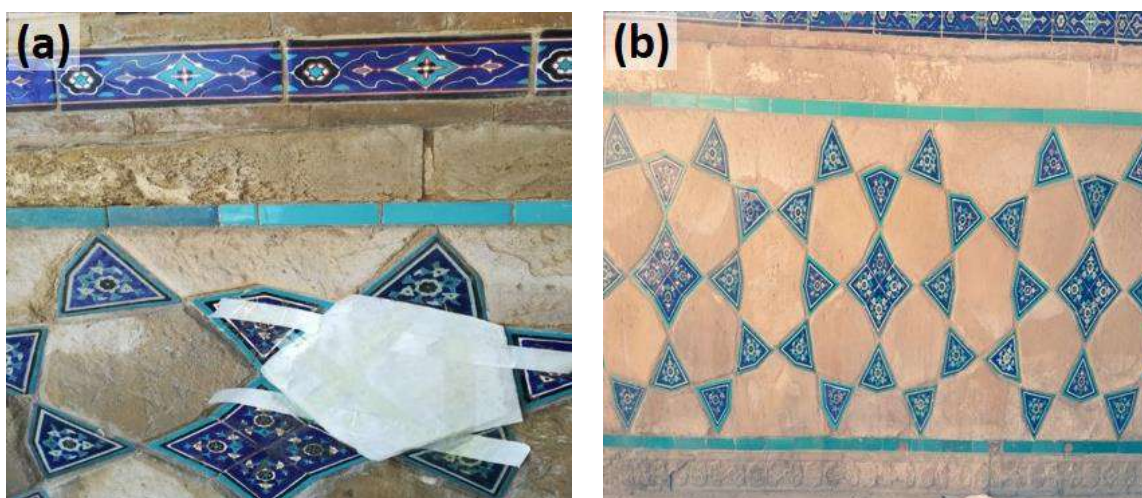


Figure 2 – Example of overlaying the compress (a) and the area of salt cleared with a compressor method using the solution of Trilon B (b) [author's material].

Table 1

Main reps used for deformation control [author's material]

№	PP 12010	RP1	RP2	RP3
X	7802.8877	7779.3818	7791.6069	7783.4682
Y	-996.2399	-1013.5767	-1004.6966	-985.3698
H	692.633	692.693	692.715	692.730

Table 2

Optimal Solar panel tilt angles by month. [18]

January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
41.4°	36.4°	31.4°	26.4°	21.4°	16.4°	21.4°	26.4°	31.4°	36.4°	41.4°	46.4°

All tables should be numbered and formatted as shown in example. Tables should be indicated by numbers in the text. Place the title centered by the left side above the table. The data should be placed in separate cells of the table to prevent the displacement of text and numbers when converting the table for publication on the Internet. Empty cells can be inserted to create an interval. Tables should not duplicate the information provided in the text. Instead, tables should be used to

provide additional information that illustrates or expands on the specific point that the author wishes to highlight. Note that while referencing tables through the article's body use the formatting below, highlighting it with the bold text and the blue color.

For example:

Exploring the potential for renewable energy sources, such as solar (**Table 2**) and wind power...

All figure and table captions should be written using 10 points font size (2 points smaller than the main text).

5 CONCLUSIONS

[Text]

A conclusion summarizes your main findings, with perhaps a short elaboration with the implications for future research.

REFERENCES

All sources, regardless of the language, must be translated into English and presented together with the transliterated title.

Example:

1. **Nalimov, V. V., & Mulchenko, Z. M.** (1969). *Naukometriya, the Study of the Development of Science as an Information* [Naukometriya, izuchenie razvitiya nauki kak informacionnogo] Process. Nauka: Moscow, Russia. <https://doi.org/10.1007/s42452-022-05262-y> (In Russ.).
2. **Aubakirov N.P., Sainova G.A., Anarbekova G.D** (2020). Cubic monitoring of groundwater of Q.A. Yassawi and Arystanbab mausoleums. *Bulletin of the State University named after Shakarim of Semipalatinsk*, 14(1), 117 [Q. a. Īassauı jäne Arystan Bab keseneleriniñ jer asty sularynyñ tekşe monitoriñı. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta imeni Shakarima goroda Semej*] <https://doi.org/10.1007/s42452-022-05262-y> (In Kaz.).

When quoting a source in Kazakh/Russian languages, after the DOI link it is necessary to indicate the original language in brackets as follows: (in Kaz.), (in Russ.). When quoting articles from scientific publications, it is necessary to indicate the DOI, otherwise the editorial board reserves the right to reject the publication of the manuscript. The required number of sources for writing an article is starting from 15 and more.

Reference to a journal publication example:

Thomas, J. C., & Carroll, J. M. (1979). The psychological study of design. *Design Studies* 1, 5-11. <https://doi.org/10.3390/su14010117>

Reference to a book example:

Cross, N. (2006). *Designerly Ways of Knowing*. London: Springer.

Reference to a chapter in an edited book:

Jones, J. C. (1984). A method of systematic design. In N. Cross (Ed.), *Developments in Design Methodology* (pp. 9-31). Chichester: John Wiley & Sons.

Reference to a Website:

Author, C.C. & Author, D.D. (Date of publication). Title page [file extension when necessary]. Retrieved from <https://www.someaddress.com/full/url/>.

Eco, U. (2015). How to write a thesis [PDF file]. Retrieved from: [https://www.researchgate.net/How-to-write-a-thesis/.../Umberto +Eco-How+to+Write/](https://www.researchgate.net/How-to-write-a-thesis/.../Umberto+Eco-How+to+Write/)

Example:

1. **Lopez-Medina, T., Mendoza-Ávila, I., Contreras-Barraza, N., Salazar-Sepúlveda, G., & Vega-Muñoz, A.** (2021). Bibliometric mapping of research trends on financial behavior for sustainability. *Sustainability*, 14(1), 117. <https://doi.org/10.3390/su14010117>
2. **Nalimov, V. V., & Mulchenko, Z. M.** (1969). *Naukometriya, the Study of the Development of Science as an Information Process*. Nauka: Moscow, Russia. (In Russ.).
3. **Bureau of National Statistics.** (2021). [cited November 30, 2021]. *URL: <http://www.stat.gov.kz>*
4. **Ejidike, C. C., & Mewomo, M. C.** (2023). Benefits of adopting smart building technologies in building construction of developing countries: Review of literature. *SN Applied Sciences*, 5(2), 52. <https://doi.org/10.1007/s42452-022-05262-y>

(Бұл мақаланың үлгісі. Төмендегі нұсқауларды орындаңыз. Бұл құжат болашақ рецензенттермен хат алмасуда қолданылады, сондықтан барлық жеке ақпаратты жойып, негізгі мақаланың тілінде тақырып пен аннотацияны қолданыңыз.)

МАҚАЛАНЫҢ АТАУЫ ҚЫСҚА ЖӘНЕ МАЗМҰНДЫ БОЛУЫ КЕРЕК (10 СӨЗДЕН АСПАУЫ КЕРЕК).

Аңдатпа. *Аңдатпа (мақала тілінде) мақаланың негізгі идеясы мен мазмұнын қысқаша сипаттап, IMRAD құрылымына сәйкес келуі керек. IMRAD құрылымы медициналық және ғылыми журналдардағы ғылыми мақаланың типтік ұйымы болып табылады. Кіріспе: Бұл бөлімде авторлар өз зерттеуінің мәнмәтінін және мотивациясын ұсынады, оның өзектілігін негіздейді, зерттеу мақсатын тұжырымдайды және зерттеу тақырыбына қатысты әдебиеттерге шолу жасайды. Кіріспе оқырманды шығарманың мәнмәтінімен таныстырып, оны қызықтыруы керек. Әдістеме: Бұл зерттеуде қолданылатын әдістемені сипаттайды. Бұл деректерді жинау әдістерінің, жабдықтың, материалдардың, процедуралардың және деректерді талдаудың статистикалық әдістерінің сипаттамасын қамтиды. Басқа зерттеушілер зерттеуді қайталай алатындай әдістемені егжей-тегжейлі және дәл сипаттау маңызды. Нәтижелер: Зерттеудің нақты нәтижелері осында берілуі керек. Бұл сандық деректер, графиктер, кестелер немесе ақпаратты ұсынудың басқа нысандары болуы мүмкін. Нәтижелер түсіндірусіз немесе талқылаусыз объективті түрде ұсынылуы керек. Талқылау: Бұл бөлімде авторлар алынған нәтижелерді, олардың маңыздылығын және гипотезамен және зерттеу мақсатымен байланысын талдайды. Олар сондай-ақ зерттеудің шектеулерін және нәтижелердің мүмкін практикалық қолданылуын талқылай алады. Қорытынды: Қорытынды жұмыстың қысқаша мазмұнын береді және зерттеу нәтижелерін қорытындылайды. Мұнда авторлар өз тұжырымдарының маңыздылығын және болашақ зерттеулер үшін ықтимал бағыттарды көрсете алады. Ұсынылатын аңдатпа ағылшын тіліндегі 200-250 сөз ауқымында. Басқа тілдер ағылшын тілінен аудармаға сәй-кес болуы керек.*

Түйін сөздер: *Рұқсат етілген саны: 5-7 түйін сөздер мен сөз тіркестері (екі сөзден артық емес).*

1 КІРІСПЕ *(қаріп стилі: Times New Roman, өлшемі: 12, қою, жаңа жол)*

[Мәтін]

(қаріп стилі: Times New Roman, өлшемі: 12, қою емес, азат жол, бүкіл мәтін бойынша қосымша пішімдеуге жол берілмейді (қалың, курсив, басқа түстер, астын сызу, сызылған және т.б.) Мәтін бойынша сызбаларға, кестелерге және формулаларға сілтемелер ерекше жағдайлар болып табылады. Азат жолдар арасындағы Интервал 1,0 тармақты құрауы керек, әр азат жол 1 см шегініспен жаңа жолдан басталуы керек)

Кіріспе оқырманды қызықтыру үшін өте маңызды бөлім болып табылады. Кіріспеде қысқаша ақпарат болуы керек, білімдегі олқылықтарды анықтап, зерттеу мақсатын көрсетуі керек. Тақырып бойынша белгілі нәрсені жалпылаудан және тиісті дереккөздерге сілтеме жасай отырып, белгісіздік аймақтарын бөлектеуден бастаңыз. Бұл сіздің зерттеуіңізде шешілетін білім алшақтығын анықтауға әкеледі. Гипотезаңызды, мақсаттарыңызды белгілеңіз және стратегияңызды қысқаша сипаттаңыз.

Тиісті жарияланымдарға сілтеме жасай отырып, зерттеу жүргізу үшін сіздің дәлелдеріңіз бар ғылыми білімге сәйкес келетініне көз жеткізіңіз. Қажет емес бөлшектерден аулақ болыңыз және фонды мақсатты аудиторияға (мамандарға немесе қарапайым адамдарға) бейімдеңіз. Кіріспе сіздің зерттеуіңіздің қандай құндылық қосатынына қисынды түрде әкелуі керек-ол тәжірибені өзгертеді ме, әлде қайшылықтарды шешеді ме. Жұмысыңызды тиімді жылжыту үшін осы бөлімді пайдаланыңыз.

2 ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ

[Мәтін]

Мақаланың осы бөлімінде сіздің зерттеу тақырыбыңызға қатысы бар зерттеулер мен білімдердің толық және қысқаша мазмұны ұсынылуы керек. Қазіргі білім жағдайына әкелген осы саланың тарихи дамуын қысқаша талқылаңыз. Берілген тақырыптың негізінде жатқан іргелі ұғымдар мен теорияларды бөліп көрсетіңіз. Осы саладағы кез келген жалғасып жатқан пікірталастарды, қайшылықтарды немесе әртүрлі көзқарастарды бөлектеңіз. Алдыңғы зерттеулерде қолданылған әртүрлі зерттеу әдістері мен тәсілдерін, сондай-ақ олардың күшті және әлсіз жақтарын талқылаңыз. Сіздің зерттеуіңіз шешуге бағытталған қолданыстағы әдебиеттердегі олқылықтарды нақты анықтаңыз. Бұл олқылықтардың неліктен маңызды екенін түсіндіріңіз. Бар әдебиеттерді зерттеу сұрақтарыңызға, мақсаттарыңызға немесе гипотезаларыңызға қалай жауап беретінін түсіндіру арқылы зерттеуіңізбен байланыстырыңыз. Шолуды хронологиялық, тақырыптық немесе сіздің зерттеуіңіз бен оқырмандарыңыз үшін ең мағыналы етіп ұйымдастырыңыз. Қысқа және нақты болыңыз. Қажет емес бөлшектерден аулақ болыңыз және сіздің зерттеуіңізге тікелей қатысы бар нәрсеге назар аударыңыз.

Сонымен, Кіріспе – бұл сіздің зерттеуіңіздің маңыздылығын түсіндіре отырып, оның негізін қалайтын қысқаша бөлім, ал әдебиеттерге шолу сіздің зерттеу тақырыбыңызға қатысты бар білім жиынтығын жан-жақты және егжей-тегжейлі талдау болып табылады. Бұл екі бөлім сіздің зерттеуіңіздің контексті мен негіздемесін қамтамасыз ету үшін бірге жұмыс істейді және кіріспе әдебиеттерді шолуда берілген егжей-тегжейлі ақпаратқа әкеледі.

Барлық сілтемелер төмендегі форматқа сәйкес берілуі керек.

1 келтірілген автор жағдайында мысал:

2-суретте Трилон ерітіндісін (**Adenon, 2019**) қолдана отырып, қысу әдісімен тазартылған компресс пен тұз аймағын қолдану мысалдары көрсетілгендіктен, қорытынды жасауға болады...

Келтірілген 2 автор жағдайында мысал:

Күн энергиясы (**Schmidt & Summerson, 2018, 2018**) және жел энергиясы сияқты жаңартылатын энергия көздерінің әлеуетін зерттеу...

3 немесе одан да көп дәйексөз келтірілген авторлар жағдайында мысал:

Күн сияқты жаңартылатын энергия көздерінің әлеуетін зерттеу (Schmidt et al., 2018) және жел энергетикасы...

3 МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

[Мәтін]

"Материалдар мен әдістер" бөлімі зерттеу туралы нақты, қайталанатын есеп беруге бағытталған. Әрбір нәтижеде тиісті әдіс болуы керек. Бұрын жарияланған процедуралар қысқаша мазмұндама мен сілтемелерді қажет етеді.

Зерттеу дизайнын анықтаудан және кез-келген дәстүрлі емес әдістемені сілтемелермен немесе контекстік түсіндірулермен негіздеуден бастаңыз. Зерттеу популяциясын қосып/алып тастау критерийлері мен жағдайларды анықтау әдістерін егжей-тегжейлі сипаттаңыз.

Ретроспективті зерттеулер үшін критерийлер мен таңдалған материалдарды қоса, бастапқы деректерді сипаттаудан бастаңыз.

Математикалық формулалар. Математикалық теңдеулерді кескін ретінде емес, өңделетін мәтін ретінде жіберіңіз. Мүмкіндігінше қарапайым мәтінге сәйкес қарапайым формулаларды ұсыныңыз және X / Y сияқты шағын бөлшек мүшелер үшін көлденең сызықтың орнына солидусты (/) қолданыңыз. Әрбір формула нөмірленуі керек.

Мысалы:

$$k = \alpha C_p D_b \quad (1)$$

or

$$\text{porosity (\%)} = (1 - D_b/D_{th}) \times 100 \quad (2)$$

$$(x + a)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} x^k a^{n-k} \quad (3)$$

4 НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

[Мәтін]

Нәтижелер бөлімінде сіздің бақылауларыңыз түсініктемелерсіз ұсынылуы керек. Әдістерді қайталаудың қажеті жоқ; оқырмандар толық ақпарат алу үшін "әдістер" бөліміне қайта оралуы керек. Нәтижелер бұрын ұсынылған әдістерге сәйкес келуі керек.

Нәтижелерді тиісті бөлімдері бар әдістермен бірдей ретпен ұсыныңыз. Бастапқы сипаттамалар немесе нәтижелер сияқты қысқаша мәліметтер алу үшін кестелерді пайдаланыңыз. Сызбалар күрделі немесе графикалық деректер үшін пайдалы, бірақ оларды теріс пайдаланбаңыз. Мәтіндегі кестелерде немесе суреттерде бұрыннан бар деректерді қайталамаңыз.

Талқылау - бұл сіздің нәтижелеріңізді және олардың маңыздылығын түсіндіретін жер. Негізгі тұжырымдардың қысқаша мазмұнынан бастаңыз. Шамадан тыс түсіндіруден аулақ болыңыз және нақты тонды ұстаныңыз. Нәтижелеріңізді қолданыстағы әдебиеттермен салыстырыңыз, сәйкессіздіктерді дипломатиялық түрде мойындаңыз және түсініктеме беріңіз.

Кез келген күтпеген олжалар мен олардың салдарын талқылаңыз. Бірнеше сынақтар немесе араласулар сіздің нәтижелеріңізге қалай әсер ететіні туралы ойланыңыз. Басқа зерттеулерге сілтеме жасағанда, сынға дипломатиялық болыңыз және жұмысыңыздың күшті жақтарын атап өтіңіз. Парафраз жасау кезінде екпінді өзгертуден аулақ болыңыз.

Соңында, бірлескен авторлардан, тәлімгерлерден немесе басылым қызметкерлерінен сіздің жұмысыңыздың анықтығы мен дұрыстығын тексеруді сұраңыз.

4.1 [КІШІ БӨЛІМНІҢ ТАҚЫРЫБЫ] (егер бар болса)

[Мәтін]

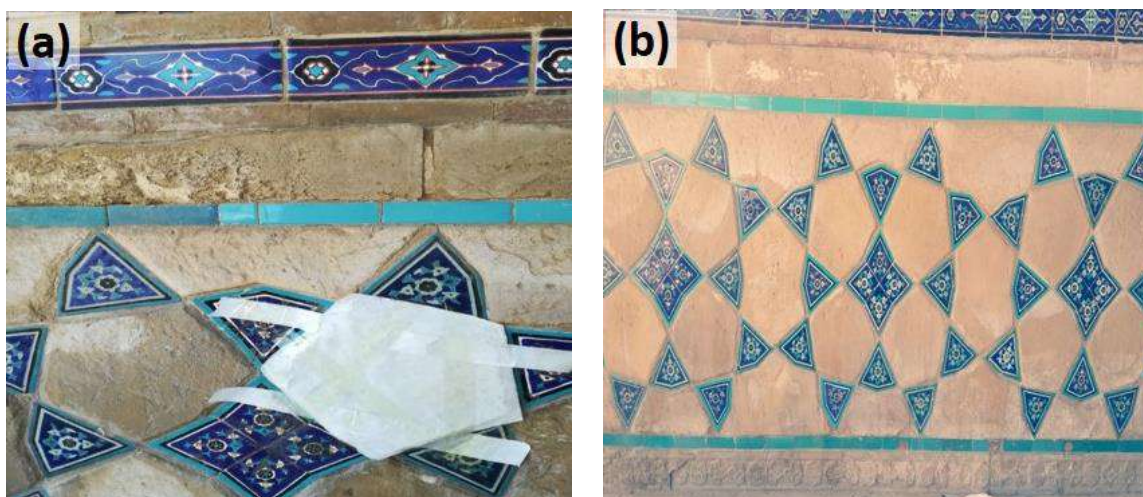
4.2 [КІШІ БӨЛІМНІҢ ТАҚЫРЫБЫ] (егер бар болса)

[Мәтін]

Суреттерді ұсыну және оларға атау беру мысалы. Барлық суреттер (иллюстрациялар, диаграммалар, графиктер, Гант диаграммалары, дөңгелек диаграммалар және т. б.) мысалда көрсетілгендей нөмірленіп, пішімделуі керек. Мақала мәтіндегі сызбаларға сілтеме жасағанда, оны қою және көк түспен бөлектеу арқылы төмендегі пішімдеуді қолданыңыз.

Мысалы:

2-суретте Trilon В ерітіндісін пайдаланып компрессиялық әдіспен тазартылған компресс пен тұз аймағын қолдану мысалдары көрсетілгендіктен, қорытынды жасауға болады...



Сурет 2 – Компресссті (а) және Трилон В (б) ерітіндісін қолдана отырып, қысу әдісімен тазартылған тұзды қолдану мысалы [авторлық материал].

Кесте 1

Деформацияны бақылау үшін қолданылатын негізгі қайталаулар [авторлық материал]

№	PP 12010	RP1	RP2	RP3
X	7802.8877	7779.3818	7791.6069	7783.4682
Y	-996.2399	-1013.5767	-1004.6966	-985.3698
H	692.633	692.693	692.715	692.730

Кесте 2

Ай бойынша күн панельдерінің оңтайлы бұрыштары. [18]

January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
41.4°	36.4°	31.4°	26.4°	21.4°	16.4°	21.4°	26.4°	31.4°	36.4°	41.4°	46.4°

Барлық кестелер мысалда көрсетілгендей нөмірленіп, пішімделуі керек. Кестелер мәтінде сандармен көрсетілуі керек. Тақырыпты кестенің сол жағына туралаңыз. Интернетте жариялау үшін кестені түрлендіру кезінде мәтін мен сандардың ауысуын болдырмау үшін деректерді жеке кесте ұяшықтарына орналастыру керек. Бос ұяшықтарды интервал жасау үшін енгізуге болады. Кестелер мәтінде берілген ақпаратты қайталамауы керек. Оның орнына, кестелер автордың баса назар аударғысы келетін нақты нүктені бейнелейтін немесе кеңейтетін қосымша ақпарат беру үшін қолданылуы керек. Мақала мәтіндегі кестелерге сілтеме жасағанда, оны қою және көк түспен бөлектеу арқылы төмендегі пішімдеуді пайдаланыңыз.

Мысалы:

Күн энергиясы (**2-кесте**) және жел энергиясы сияқты жаңартылатын энергия көздерінің әлеуетін зерттеу...

Суреттер мен кестелерге барлық қолтаңбалар 10-шы қаріппен жазылуы керек (негізгі мәтіннен 2 пунктке аз).

5 ҚОРЫТЫНДЫЛАР

[Мәтін]

Қорытындыда сіздің негізгі тұжырымдарыңыз қысқаша баяндалады, мүмкін болашақ зерттеулердің салдары туралы қысқаша мәлімет беріледі.

ӘДЕБИЕТТЕР

Тілге қарамастан барлық дереккөздер ағылшын тіліне аударылып, транслитерацияланған атаумен бірге ұсынылуы керек.

Мысал:

1. **Nalimov, V. V., & Mulchenko, Z. M.** (1969). *Naukometriya, the Study of the Development of Science as an Information* [Naukometriya, izuchenie razvitiya nauki kak informacionnogo] Process. Nauka: Moscow, Russia. <https://doi.org/10.1007/s42452-022-05262-y> (In Russ.).
2. **Aubakirov N.P., Sainova G.A., Anarbekova G.D** (2020). Cubic monitoring of groundwater of Q.A. Yassawi and Arystanbab mausoleums. *Bulletin of the State University named after Shakarim of Semipalatinsk*, 14(1), 117 [Q. A. İassauı jäne Arystan Bab kesenelerimñ jer asty sularynyñ tekşe monitoriñi. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta imeni Shakarima goroda Semej*] <https://doi.org/10.1007/s42452-022-05262-y> (In Kaz.).

Қазақ/орыс тілдеріндегі дереккөзге сілтеме жасау кезінде doi сілтемесінен кейін түпнұсқаның тілін жақшада былайша көрсету қажет: (қазақ тілінде.), (орыс тілінде.). Ғылыми басылымдардағы мақалаларға сілтеме жасау кезінде дереккөзді көрсету керек, әйтпесе редакция қолжазбаны жариялаудан бас тарту құқығын өзіне қалдырады. Мақала жазу үшін қажетті дереккөздер саны 15 немесе одан да көп.

Журналда жарияланған әдебиетке сілтеме мысалы:

Thomas, J. C., & Carroll, J. M. (1979). The psychological study of design. *Design Studies* 1, 5-11. <https://doi.org/10.3390/su14010117>

Кітапта жарияланған әдебиетке сілтеме мысалы:

Cross, N. (2006). *Designerly Ways of Knowing*. London: Springer.

Өңделген кітаптағы тарауға сілтеме мысалы:

Jones, J. C. (1984). A method of systematic design. In N. Cross (Ed.), *Developments in Design Methodology* (pp. 9-31). Chichester: John Wiley & Sons.

Веб-сайтқа сілтеме:

Author, C.C. & Author, D.D. (Date of publication). Title page [file extension when necessary]. Retrieved from <https://www.someaddress.com/full/url/>.

Eco, U. (2015). How to write a thesis [PDF file]. Retrieved from: [https://www.researchgate.net/How-to-write-a-thesis/.../Umberto +Eco-How+to+Write/](https://www.researchgate.net/How-to-write-a-thesis/.../Umberto+Eco-How+to+Write/)

Мысал:

1. **Lopez-Medina, T., Mendoza-Ávila, I., Contreras-Barraza, N., Salazar-Sepúlveda, G., & Vega-Muñoz, A.** (2021). Bibliometric mapping of research trends on financial behavior for sustainability. *Sustainability*, 14(1), 117. <https://doi.org/10.3390/su14010117>
2. **Nalimov, V. V., & Mulchenko, Z. M.** (1969). *Naukometriya, the Study of the Development of Science as an Information Process*. Nauka: Moscow, Russia. (In Russ.).
3. **Bureau of National Statistics.** (2021). [cited November 30, 2021]. *URL*: <http://www.stat.gov.kz>
4. **Ejidike, C. C., & Mewomo, M. C.** (2023). Benefits of adopting smart building technologies in building construction of developing countries: Review of literature. *SN Applied Sciences*, 5(2), 52. <https://doi.org/10.1007/s42452-022-05262-y>

(Это шаблон для статьи. Следуйте инструкциям и руководствам, приведенным ниже. Этот документ будет использоваться в будущей переписке с рецензентами, поэтому удалите всю личную информацию и используйте заголовок и аннотацию на языке основной статьи.)

НАЗВАНИЕ СТАТЬИ ДОЛЖНО БЫТЬ КРАТКИМ И ИНФОРМАТИВНЫМ (НЕ БОЛЕЕ 10 СЛОВ)

Аннотация. *Абстракт (на языке статьи) должен кратко изложить основной замысел и содержание статьи и соответствовать структуре IMRAD. Структура IMRAD – это типичная организация научной статьи в медицинских и научных журналах. Введение: В этом разделе авторы представляют контекст и мотивацию своего исследования, обосновывают его актуальность, формулируют цель исследования, а также предоставляют обзор литературы, связанной с темой исследования. Введение должно ввести читателя в контекст работы и заинтересовать его. Методология: здесь описывается методология, используемая в исследовании. Это включает в себя описание методов сбора данных, оборудование, материалы, процедуры и статистические методы анализа данных. Важно, чтобы методология была описана подробно и точно, чтобы другие исследователи могли воспроизвести исследование. Результаты: Здесь представляются фактические результаты исследования. Это могут быть числовые данные, графики, таблицы или другие формы представления информации. Результаты должны быть представлены объективно, без интерпретации или обсуждения. Обсуждение: В этом разделе авторы анализируют полученные результаты, их значимость и связь с гипотезами и целью исследования. Они также могут обсудить ограничения исследования и возможные практические применения результатов. Заключение: Заключение содержит краткое резюме работы и подводит итоги исследования. Здесь авторы могут подчеркнуть важность своих результатов и возможные направления будущих исследований. Рекомендуемый объем аннотации укладывается в диапазон из 200-250 слов на английском языке. Остальные языки должны соответствовать переводу с английского языка.*

Ключевые слова: *Допустимое количество 5-7 ключевых слов и словосочетаний (не более двух слов).*

*

1 ВВЕДЕНИЕ *(стиль шрифта: Times New Roman, размер: 12, полужирный, с новой строкой)*

[Текст]

(стиль шрифта: Times New Roman, размер: 12, не полужирный, с новой строкой, дополнительное форматирование по всему тексту недопустимо (жирный шрифт, курсив, другие цвета, подчеркивания, зачеркнутые и т.д.) Ссылки на рисунки, таблицы и формулы по тексту являются исключениями. Интервал между строками в абзаце должен составлять 1,0 пункта, каждый абзац должен начинаться с новой строки с отступом 1 см)

Введение имеет решающее значение для того, чтобы заинтересовать читателя. В нем должна содержаться краткая справочная информация, выявляться пробелы в знаниях и излагаться цель вашего исследования. Начните с обобщения того, что известно по теме, и выделения областей неопределенности со ссылкой на соответствующие источники. Это приводит к выявлению пробела в знаниях, который устраняется в вашем исследовании. Изложите свою гипотезу, цели и кратко обрисуйте свою стратегию.

Убедитесь, что ваши доводы в пользу проведения исследования соответствуют существующим научным знаниям, сославшись на соответствующие публикации. Избегайте ненужных деталей и адаптируйте предысторию к вашей целевой аудитории (специалистам или неспециалистам). Введение должно логически подводить к тому, какую ценность добавляет ваше исследование – независимо от того, изменяет ли оно практику или разрешает противоречия. Используйте этот раздел для эффективного продвижения своей работы.

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

[Текст]

В этом разделе статьи должно быть представлено исчерпывающее и краткое изложение существующих исследований и знаний, имеющих отношение к теме вашего исследования. Кратко обсудите историческое развитие этой области, приведшее к современному состоянию знаний. Выделите фундаментальные концепции и теории, лежащие в основе данной темы. Выделите любые продолжающиеся дебаты, противоречия или различные точки зрения в данной области. Обсудите различные методы исследования и подходы, использованные в предыдущих исследованиях, а также их сильные и слабые стороны. Четко определите пробелы в существующей литературе, на устранение которых направлено ваше исследование. Объясните, почему эти пробелы значительны. Свяжите существующую литературу с вашим исследованием, объяснив, как она отвечает на ваши исследовательские вопросы, цели или гипотезы. Организуйте обзор в хронологическом порядке, тематически или таким образом, чтобы это имело наибольший смысл для вашего исследования и ваших читателей. Будьте кратки и по существу. Избегайте ненужных деталей и сосредоточьтесь на том, что имеет непосредственное отношение к вашему исследованию.

Таким образом, Введение - это краткий раздел, который подготавливает почву для вашего исследования, объясняя его важность, в то время как обзор литературы представляет собой более всесторонний и детальный анализ существующей совокупности знаний, относящихся к теме вашего исследования. Эти два раздела работают вместе, чтобы обеспечить контекст и обоснование вашего исследования, а введение ведет к более подробной информации, представленной в обзоре литературы.

Все ссылки должны быть приведены в соответствии с приведенным ниже форматом.

В случае 1 цитируемого автора, пример:

Поскольку на **Рисунке 2** показаны примеры наложения компресса и области соли, очищенной компрессионным методом с использованием раствора Трилона В (**Adenon, 2019**), можно сделать вывод...

В случае 2 цитируемых авторов, пример:

Поскольку на **Рисунке 2** показаны примеры наложения компресса и области соли, очищенной компрессионным методом с использованием раствора Трилона В (**Schmidt & Summerson, 2018**), можно сделать вывод...

In case of 3 and more cited authors, example:

Поскольку на **Рисунке 2** показаны примеры наложения компресса и области соли, очищенной компрессионным методом с использованием раствора Трилона В (**Schmidt et al., 2018**), можно сделать вывод...

3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

[Текст]

Раздел "Методы" направлен на предоставление четкого, воспроизводимого отчета об исследовании. Каждый результат должен иметь соответствующий метод. Ранее опубликованные процедуры требуют краткого изложения и ссылок.

Начните с определения дизайна исследования и обоснования любой нетрадиционной методологии ссылками или контекстуальными объяснениями. Опишите исследуемую популяцию с подробным описанием критериев включения/исключения и методов выявления случаев.

Для ретроспективных исследований начните с описания исходных данных, включая критерии и выбранные материалы.

Математические формулы. Пожалуйста, используйте математические уравнения в виде редактируемого текста, а не в виде изображений. Представляйте простые формулы в соответствии с обычным текстом, где это возможно, и используйте знак дроби (/) вместо горизонтальной линии для небольших дробных членов, например, X/Y. Дополнительно вы можете вставлять формулы, используя функцию Microsoft Word "Вставить формулу". Каждая формула должна быть пронумерована.

Например:

$$k = \alpha C_p D_b \quad (1)$$

or

$$\text{porosity (\%)} = (1 - D_b/D_{th}) \times 100 \quad (2)$$

$$(x + a)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} x^k a^{n-k} \quad (3)$$

4 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

[Текст]

В разделе "Результаты" должны быть представлены ваши наблюдения без комментариев. Методы не нуждаются в повторении; читателям следует вернуться к разделу "Методы" для получения подробной информации. Результаты должны соответствовать методам, представленным ранее.

Представьте результаты в том же порядке, что и методы с соответствующими подразделами. Используйте таблицы для представления кратких данных, таких как исходные характеристики или результаты. Рисунки полезны для сложных или графических данных, но не злоупотребляйте ими. Избегайте повторения данных, уже содержащихся в таблицах или рисунках в тексте.

Обсуждения — это то, где вы интерпретируете свои результаты и их значимость. Начните с краткого изложения основных выводов. Избегайте чрезмерного толкования и придерживайтесь фактологического тона. Сравните свои результаты с существующей литературой, дипломатично признавая расхождения и предлагая объяснения.

Обсудите любые неожиданные находки и их последствия. Подумайте о том, как несколько анализов или вмешательств в совокупности влияют на ваши результаты. Когда вы ссылаетесь на другие исследования, будьте дипломатичны в критике и подчеркивайте сильные стороны вашей работы. Избегайте изменения акцента при перефразировании.

Наконец, попросите соавторов, наставников или сотрудников отдела проверить вашу работу на предмет ясности и корректности.

4.1 [ЗАГОЛОВОК ПОДРАЗДЕЛА] *(при наличии)*

[Текст]

4.2 [ЗАГОЛОВОК ПОДРАЗДЕЛА] *(при наличии)*

[Текст]

Пример представления рисунков и подписи к ним. Все рисунки (иллюстрации, схемы, графики, диаграммы Ганта, круговые диаграммы и т.д.) должны быть пронумерованы и отформатированы, как показано в примере. Обратите внимание, что при ссылках на рисунки в тексте статьи используйте приведенное ниже форматирование, выделяя его жирным шрифтом и синим цветом.

Например:

Поскольку на **Рисунке 2** показаны примеры наложения компресса и области соли, очищенной компрессионным методом с использованием раствора Трилона В, можно заключить...

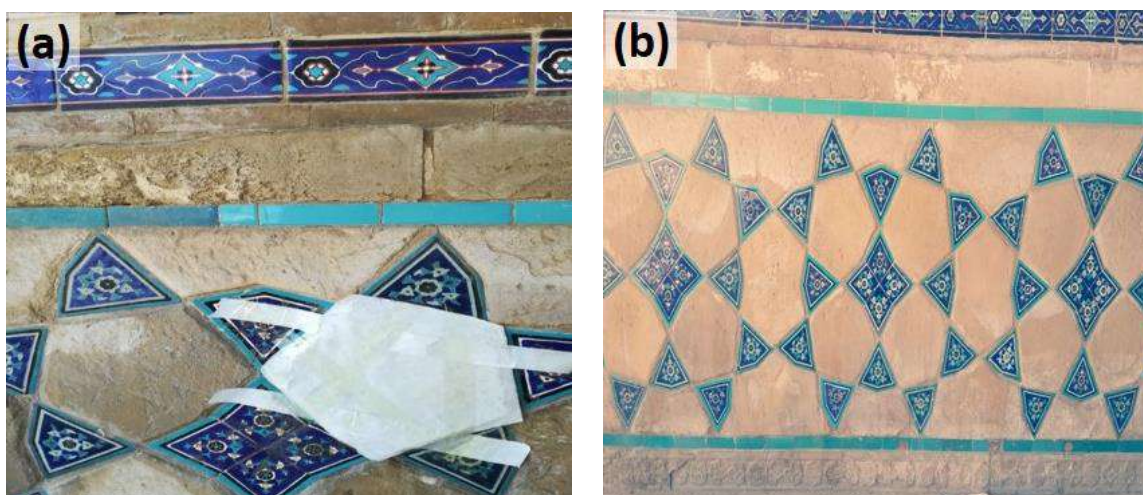


Рисунок 2 – Пример наложения компресса (а) и области соли, очищенной компрессионным методом с использованием раствора Трилона В (б) [материалы автора].

Таблица 1

Основные повторения, используемые для контроля деформации [материалы автора]

№	PP 12010	RP1	RP2	RP3
X	7802.8877	7779.3818	7791.6069	7783.4682
Y	-996.2399	-1013.5767	-1004.6966	-985.3698
H	692.633	692.693	692.715	692.730

Таблица 2

Оптимальные углы наклона солнечных панелей по месяцам. [18]

Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
41.4°	36.4°	31.4°	26.4°	21.4°	16.4°	21.4°	26.4°	31.4°	36.4°	41.4°	46.4°

Все таблицы должны быть пронумерованы и отформатированы, как показано в примере. Таблицы должны быть обозначены цифрами в тексте. Разместите заголовок по центру с левой стороны над таблицей. Данные должны быть помещены в отдельные ячейки таблицы, чтобы предотвратить смещение текста и цифр при преобразовании таблицы для публикации в Интернете. Пустые ячейки могут быть вставлены для создания интервала. Таблицы не должны дублировать информацию, представленную в тексте. Вместо этого следует использовать таблицы для предоставления дополнительной информации, иллюстрирующей или расширяющей конкретный момент, который автор желает подчеркнуть. Обратите внимание, что при ссылках на таблицы в тексте статьи используйте приведенное ниже форматирование, выделяя его жирным шрифтом и синим цветом.

Например:

Использование потенциала возобновляемых источников энергии, таких как солнечная энергия (**Таблица 2**) и энергия ветра...

Все подписи к рисункам и таблицам должны быть написаны шрифтом размером 10 пунктов (на 2 пункта меньше чем основной текст статьи).

5 ВЫВОДЫ

[Текст]

В заключении кратко излагаются ваши основные выводы, возможно, с кратким изложением последствий для будущих исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Все источники, независимо от языка, должны быть переведены на английский и представлены вместе с транслитерированным названием.

Например:

1. **Nalimov, V. V., & Mulchenko, Z. M.** (1969). *Naukometriya, the Study of the Development of Science as an Information* [Naukometriya, izuchenie razvitiya nauki kak informacionnogo] Process. Nauka: Moscow, Russia. <https://doi.org/10.1007/s42452-022-05262-y> (In Russ.).

2. **Aubakirov N.P., Sainova G.A., Anarbekova G.D** (2020). Cubic monitoring of groundwater of Q.A. Yassawi and Arystanbab mausoleums. Bulletin of the State University named after Shakarim of Semipalatinsk, 14(1), 117 [Q. a. Īassauı jäne Arystan Bab keseneleriniñ jer asty sularynyñ tekşe monitoriñi. Vestnik Gosudarstvennogo universiteta imeni Shakarima goroda Semej] <https://doi.org/10.1007/s42452-022-05262-y> (In Kaz.).

При цитировании источника на казахском/русском языках после ссылки DOI необходимо указать язык оригинала в скобках следующим образом: (на каз.), (на рус.). При цитировании статей из научных изданий необходимо указывать DOI, в противном случае редакция оставляет за собой право отклонить публикацию рукописи. Необходимое количество источников для написания статьи - от 15 и более.

Ссылка на публикации в журнале:

Thomas, J. C., & Carroll, J. M. (1979). The psychological study of design. Design Studies 1, 5-11. <https://doi.org/10.3390/su14010117>

Ссылка на книги:

Cross, N. (2006). Designerly Ways of Knowing. London: Springer

Ссылка на главу в отредактированной книге:

Jones, J. C. (1984). A method of systematic design. In N. Cross (Ed.), Developments in Design Methodology (pp. 9-31). Chichester: John Wiley & Sons.

Ссылка на онлайн источник (website):

Author, C.C. & Author, D.D. (Date of publication). Title page [file extension when necessary]. Retrieved from <https://www.someaddress.com/full/url/>.

Eco, U. (2015). How to write a thesis [PDF file]. Retrieved from: <https://www.researchgate.net/How-to-write-a-thesis/.../Umberto+Eco-How+to+Write/>

Например:

1. **Lopez-Medina, T., Mendoza-Ávila, I., Contreras-Barraza, N., Salazar-Sepúlveda, G., & Vega-Muñoz, A.** (2021). Bibliometric mapping of research trends on financial behavior for sustainability. Sustainability, 14(1), 117. <https://doi.org/10.3390/su14010117>
2. **Nalimov, V. V., & Mulchenko, Z. M.** (1969). Naukometriya, the Study of the Development of Science as an Information Process. Nauka: Moscow, Russia. (In Russ.).
3. **Bureau of National Statistics.** (2021). [cited November 30, 2021]. URL: <http://www.stat.gov.kz>
4. **Ejidike, C. C., & Mewomo, M. C.** (2023). Benefits of adopting smart building technologies in building construction of developing countries: Review of literature. SN Applied Sciences, 5(2), 52. <https://doi.org/10.1007/s42452-022-05262-y>

ҚазБСҚА ХАБАРШЫСЫ 4(90) 2023

Ғылыми журнал
2001 жылдан шыға бастады.
Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық
келісім министрлігінде тіркеліп,
2000 жылдың 14 тамызында №1438-Ж куәлігі берілген.
2021 жылдан бастап ашық қол жетімді электронды интернет-басылым ретінде
шығарылады (<https://vestnik.kazgasa.kz>)

ВЕСТНИК КазГАСА 4(90) 2023

Научный журнал
Издается с 2001 г.
Зарегистрирован Министерством информации и общественного согласия
Республики Казахстан. Свидетельство №1438-Ж от 14 августа 2000 г.
С 2021 года журнал выходит как электронное онлайн-издание с открытым
доступом (<https://vestnik.kazgasa.kz>).

Материалды компьютерде беттеген/
верстка оригинал-макета – *Ибрашева М.А.*
Редактор – *Есимханова А.Е.*

Басуға 29.12.2023 ж. қол қойылды.
Форматы 70x100/16. Офсет қағазы.
Есептік баспа табағы 19,87. Шартты баспа табағы 20,25.
Таралымы 250 дана.
Бағасы келісім бойынша.

Подписано 29.12.2023 г. в печать.
Формат 70x100/16. Бумага офсетная.
Уч.-изд. л. 19,87. Усл. печ. л. 20,25.
Тираж 250 экз.
Цена договорная.

Халықаралық білім беру корпорациясы, 2023
050043, Алматы қ-сы, Қ. Рысқұлбеков к-сі, 28
«Құрылыс және сәулет» баспасында басылып шықты
050043, Алматы қ-сы, Қ. Рысқұлбеков к-сі, 28

Международная образовательная корпорация, 2023
050043, г. Алматы, ул. К. Рыскулбекова, 28
Отпечатано в Издательстве «Строительство и архитектура»
050043, г. Алматы, ул. К. Рыскулбекова, 28
Тел. 8 (727) 220 81 03
kazgasa@mail.ru, nauka_kazgasa@mail.ru