**İSSN 2518.1513**

# ECOLOGY AND WATER ECONOMY

# EKOLOGİYA VƏ SU TƏSƏRRÜFATI

**5(100)** **2025 Dekabr** **ildə beş sayda çap olunur**
**2005-ci ildən nəşr olunur (qeydiyyat sayı 1E-26-1232)**

**ELMİ – TEXNİKİ VƏ İSTEHSALAT JURNALI**

**НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ**

**SCIENTIFIC - TECHNICAL AND PRODUCTION JOURNAL**

**Jurnal AzMİU, "Meliorasiaya ETİ" MMC, Su-Kanal Elmi - Tədqiqat və Layihə İnstitutunun iştirakı ilə nəşr olunur**

**Журнал издается при участии АзАСУ, ООО «НИИ Мелиорации», Научно-Исследовательского и Проектного Института Водоканал**

**The journal is published with the participation of AzUAC, "Amelioration SRI" LLC, Research and Design Institute "Water-channel"**

**Təsisçi Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin "Melorasiya və su təsərrüfatı tikintisi" kafedrasının müdiri, professor Musayev Zakir Səməd oğlu**

**Учредитель, заведующий кафедры «Мелиорации и водного хозяйственного строительства», Азербайджанского Архитектурного и Строительного Университета, профессор Мусаев Закир Самед.**

**The founder, department of "Amelioration and water management construction" of the Azerbaijan University of Architecture and Construction, professor Musayev Zakir Samad**

**JURNALIN BAŞ DİREKTORU**

**Məmmədova Gülçöhrə Hüseyn** – AzMİU-nun rektoru, 2000-2005 və 2010-2015-ci illərdə Azərbaycan Milli Məclisinin deputatı. Memarlıq doktoru, əməkdar memar, "Şöhrət ordeni", AR Prezidentinin "Fəxri diplomu", Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının akademiki, Şərq Ölkələri Beynəlxalq Memarlıq Akademiyasının müxbir üzvü, professor.

**BAŞ REDAKTOR**

**Məmmədov Nurməmməd Yaşar** – Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin "Mühəndis sistemləri və qurğularının tikintisi" kafedrasının müdiri, professor, 2020-2025-ci ildən "Ekologiya və Su təsərrüfatı" Elmi-texniki və İstehsalat jurnalının baş redaktoru, Beynəlxalq Ekoenergetika Akademiyasının professoru, Ekologiya və Həyat Fəaliyyətinin Təhlükəsizliyi Beynəlxalq Elmlər Akademiyasının akademiki.

**BAŞ REDAKTORUN MÜAVİNLƏRİ**

**Mahir Dursun** – Ankara AVESİS Qazi Universitetinin professoru, Batman Universitetinin Texnologiya fakültəsinin dekanı, AzMİU-da süni intellektin təhsilə və elmi araşdırmalara inteqrasiyası

**Mediyeva Gülbazar Akılovna** – "Kürmət" dövlət ordeni il təltif olmuş, i.e.d. Qazaxıstan Respublikası MİA-nın akademiki, akademiyanın vitse prezidenti Yaşıl Texnologiyalar və İnvestisiya Layihələri üzrə Beynəlxalq Mərkəzin (İGTİP) Elmi-Texnoloji İnkişaf İdarəsinin rəhbəri, Qazaxıstan Respublikası ETA-nın RMİnin Ekologiya İdarəsinin sədri.

**Müslüm Cengiz Taplamacıoğlu** – Türkiyə, Ankara Qazi Universiteti. Mühəndislik fakültəsi, Elektrik-elektronika mühəndislik bölümünün professoru.

**REDAKTORLAR**

**Kulagina Tatyana Anatolievna** – t.e.d., professor, "Texnoloji və ekoloji təhlükəsizlik (TES)" kafedrasının müdiri, Texniki İnstitutu, Ali Təhsil Sibir Federal Universitetinin Federal Dövlət Muxtar Təhsil Təşkilatı.

**Givi Gavardaşvili –** Gürcüstan Texniki Universitetinin Tsotne Mirtskhulava Su Təsərrüfati İnstitutunun direktoru, professor.

**REDAKSİYA HEYƏTİ**

**Mustafayev İslam İsrafil oğlu –** Az.MİU-nun "Fövqəladə hallar və həyat fəaliyyətinin təhlükəsizliyi" kafedrasının müdiri, kimya elmləri doktoru, professor, Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının müxbir üzvü, AMEA-nın Radiasiya Problemləri İnstitutunun baş direktoru, Ekologiya və Həyat Fəaliyyətinin Təhlükəsizliyi Beynəlxalq Elmlər Akademiyasının akademiki.

**Haqverdiyeva Tahirə Axi** – AzMİU-nun "Materialşünaslıq" kafedrasının professoru, texnika elmləri doktoru, AzMİU-nun Elmi Şurasının elmi katibi.

**Qasımzadə Azər Ərəstun oğlu** – texniki elmlər doktoru AzMİU-nun və Türkiyənin Ondoqquz May Universitetinin Mühəndislik Fakültəsinin professoru

**Semko Aleksandr Vladimroviç** – Yuri Kondratyuk adına Poltava Milli Texniki Universitetinin "Memarlıq və şəhərsalma" kafedrasının müdiri, texnika elmləri doktoru, Ukrayna Dövlət mükafatı laureatı, Tikinti Akademiyasının akademiki

**İskəndərov Ramiz Əziz** – AzMİU-nun "Mexanika" kafedrasının professoru, riyaziyyat üzrə elmlər doktoru, Beynəyxalq Scopus bazasına daxil olan "Mühəndislikdə fiziki- texniki problemlər" jurnalının elmi kordinatoru.
**Şirinzadə İradə Nüsrət** – AzMİU-nun "Materialçünaslıq" kafedrasının müdiri, texnika elmləri doktoru, professor
**Xlapuk Nikolay Nikolayeviç** – Rovno Təbiətdən İstifadə və Su təsərrüfatı Milli Universitetinin professoru, texnika elmləri doktoru; Su Təsərrüfatı və Ətraf Mühit Mühəndisliyi Elmi-Tədris İnstitutunun direktoru.
**Hafiz Alisoy** – (Türkiyə) Namik Kamal Universiteti, Çorlu Mühəndislik fakültəsi, "Elektronika və kommunikasiya mühendisliyi bölməsi", Elektronika elmləri fakültəsi.
**İmanov Fərda Əli** – Bakı Dövlət Universitetinin Tədrisin Təşkili və Təlimi Texnologiyaları üzrə prorektoru, YUNESKO-nun Beynəlxalq Hidroloji Proqramı üzrə Azərbaycan Milli komitəsini sədri, coğrafiya elmləri doktoru, professor.
**Qəhrəmanlı Yaşar Vəli** – AzMU-nun "Melio rasiya və su təsərrüfatı tikintisi" kafedrasının professoru, Azərbaycan Respublikasının əməkdar müəllimi.
**Hacıyev Müxlis Əhməd** - AzMİU-nun "İnşaat konstruksiyaları" kafedrasının müdiri, texnika elmləri doktoru, professor.
**Musayev Zakir Səməd** – AzMİU-nun "Meliorasiya və su təsərrüfatı tikintisi" kafedrasının müdiri, professor, Az. Respublikasının əməkdar müəllimi, Ekologiya və Həyat Fəaliyyətinin Təhlükəsizliyi Beynəlxalq Elmlər Akademiyasının akademiki və təhsildə xidmətlərinə görə "Orden" təltifçisi.
**Həsənov Elgiz Eldar –** AzMİU-nun "Meliorasiya və su təsərrüfatı tikintisi" kafedrasının dosenti, texnika elmləri namizədi.
**Əliyev Fəqan Qəmbər** – AzMU-n "Ekologiya" kafedrasının müdiri, Beynəlxalq Ekoenergetika Akademiyasının Prezidenti, Professor, Texnika elmləri doktoru, Oksford Universitetinin fəxri professoru, Rusiya Memarlıq və İnşaat Elmləri Akademiyasının üzvü.
**Əliyev Bəhram Hüseyn** – AzMİU-nun "Meliorasiya və su təsərrüfatı tikintisi" kafedrasının professoru, texnika elmləri doktoru, MAKAnın "Ekologiya" İnstitutunun direktoru.
**Zərbəliyev Mansur Sabir** – AzMİU-nun "Meliorasiya və su təsərrüfatı tikintisi" kafedrasının dosenti, texnika elmləri namizədi.

## ГЛАВНЫЙ ДИРЕКТОР

**Мамедова Гюлчохре Гусейн** – ректор Аз.АСУ, доктор архитектуры, заслуженный архитектор, «Орден Славы», почетная грамота Президента АР, академик Азербайджанской Инженерной Академии, член корр. Международной Архитектурной Академии Восточных Стран, профессор.

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

**Мамедов Нурмамед Яшар оглы** – заведующий кафедрой «Строительство инженерных систем и сооружений» Азербайджанского Архитектурно - Строительного Университета, профессор, Главный редактор научно-технического и производственного журнала "Экология и водное хозяйство", профессор Международной Экоэнергетической Академии, академик Международной Академии наук Экологии и безопасности жизнедеятельности.

## ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

**Махир Дурсун –** профессор Университета Гази Анкары (AVESIS), декан факультета Технологии Батманского Университета, Интеграция искусственного интеллекта в обра-

зование и научные исследования в Аз.АСУ
**Мадиева Гульбазар Акиловна** – д.э.н., академик НИА РК, Руководитель Офиса Научно-технологического развития при Международном центре зеленых технологий и инвестиционных проектов (МЦЗТИП), Председатель Отделения Экологии НИА РК. Обладатель государственного ордена "Құрмет".
**Муслюм Дженгиз Тапламаджиоглы –** Турция, Университет Анкары Кази, профессор инженерного факультета кафедры «Электрика и электроника».

**РЕДАКТОРЫ**

**Кулагина Татьяна Анатольевна** – д-р тех. наук, профессор заведующая кафедрой «Техносферной и экологической безопасности (ТиЭБ)», Техический Институт, ФГАОУ ВО Сибирский Федеральный Университет.

**Гиви Гавардашвили –** директор Института Водного Хозяйства Цотне Мирцхулава Технического Университета Грузии, Тбилиси, Грузия

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

**Мустафаев Ислам Исрафил** – зав. кафедрой "ЧС и БЖД" Аз АСУ, доктор химических наук, профессор, член корр. АНАН, гл. директор института «Радиационных проблем», АНАН, академик Муждународной Научной Академии Экологии и безопасности жизнедеятельности."
**Хагвердиева Тахира Ахи** – профессор кафедры «Материаловедение» Аз.АСУ, доктор технических наук, профессор, научный секретарь Научного Совета АзАСУ.
**Гасымзаде Азер Арастун оглу – гл. помощник ректора Аз.АСУ,** профессор кафедры «Механика», прошедший опытом в Университета Германии, Турции, России и Японии, доктор НИУ «Сейсмическое Инженерия».
**Семко Александр Владимирович** – доктор технических наук, профессор, Полтавский Национальный Технический Университет им. Юрия Кондратюка, лауреат Государственной премии Украины, академик Академии строительства, заведующий кафедрой "Архитектуры и городского строительства".
**Искендеров Рамиз Азиз –** профессор кафедры "Механика" Аз.АСУ, доктор математических наук, научный координатор журнала "Проблемы физики-техники в инжинерии" входящий в международную базу "SCOPUS".
**Ширинзаде Ираде Нусрет** – заведующий кафедрой «Материаловедения» Аз.АСУ, доктор технических наук, профессор.
**Хлапук Николай Николаевич** - профессор, доктор технических наук - директор учебно-научного института водного хозяйства и природообустройства Ровненский Национальный Университет Природопользования и Водного хозяйства.
**Хафиз Алисой** – (Турция) Университет Намик Кемаля, Инженерный факультет Чорлу, «Кафедра электроники и коммуникационной техники», Факультет электронных наук. Инженерный факультет Чорлу, «Кафедра электронной и коммуникационной техники», Факультет электронных наук.
**Иманов Фарда Али** – проректор по технологии обучения и организации учебы БГУ, доктор географических наук, профессор, председатель нац. комитета ЮНЕСКО в Азербайджане по Международной программе гидрологии.
**Гахраманлы Яшар Вели** – профессор кафедры "Мелиорации и водохозяйственного строительства" Аз.АСУ, "Заслуженный педагог Азербайджана".
**Гаджиев Мухлис Ахмед** – заведующий кафедрой "Строительные конструкции" Аз. АСУ, доктор технических наук, профессор.

**Мусаев Закир Самед** – заведующий кафедрой "Мелиорации и водохозяйственного строительства" Аз.АСУ, профессор, академик Международной Академии наук в области Экологии и безопасность жизнедеятельности", награждённый орденом за заслуги в образовательной сфере "Заслуженный педагог Азербайджана", учредитель журнала "Экологии и водное хозяйство".
**Гасанов Елгиз Елдар** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Мелиорации и водохозяйственного строительства» Аз.АСУ.
**Алиев Фаган Гамбар оглы –** заведующий кафедрой "Экологии" Аз.АСУ, Президент Международной Академии Эко-Энергетики, профессор, доктор технических наук, почетный профессор Оксфордского Университета, член Российской Академии Архитектуры и Строительных наук.
**Алиев Бахрам Гусейн** – профессор кафедры "Мелиорации и воднохозяйственного строительства" Аз.АСУ, доктор технических наук, директор Иститута Экологии НАКА.
**Зарбалиев Мансур Сабир** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Мелиорации и водохозяйственного строительства» Аз.АСУ.

**EDITORIAL**

**Mammadova Gulchohra Huseyn** - Rector of AzUAC, Doctor of Architecture, Honored Architect, "Order of Glory", Honorary degree of the Republic of Azerbaijani President, Academician of the Azerbaijan Engineering Academy, Correspondent member International Architectural Academy of Eastern Countries, professor.

**DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF**

**Mammadov Nurmammad Yashar oglu** – Head of the Department of "Construction of Engineering Systems and Structures" of the Azerbaijan University of Architecture and Construction, Chief editor of the scientific, technical and production journal "Ecology and Water Economy", Associate professor, Professor of the International Ecoenergy Academy, academician of the İnternational Academy of Sciences and Life Activity Safety.
**Mahir Dursun –** Professor at Ankara AVESIS Gazi University, Dean of the Faculty of Tech-nology at Batman University, Integration of ar tificial intelligence into education and scientific research at AzMIU.
**Мадиева Гульбазар Акиловна** – д.э.н., академик НИА РК, Руководитель Офиса Научно-технологического развития при Международном центре зеленых технологий и инвестиционных проектов (МЦЗТИП), Председатель Отделения Экологии НИА РК. Обладатель государственного ордена «Құрмет".
**Муслюм Дженгиз Тапламаджиоглы –** Турция, Университет Анкары Кази, профессор инженерного факультета кафедры «Электрика и электроника».

**EDITORS**

**Kulagina Tatyana –** д-р тех. наук, профес сор заведующая кафедрой «Техносферной и экологической безопасности (ТиЭБ)», Техический Институт, ФГАОУ ВО Сибирский Федеральный Университет.
**Givi Gavardashvili –** Director, Professor, Tsotne Mirtskhulava Institute of Water Management, Georgian Technical University

## EDITORIAL TEAM

**Mustafayev Islam Israfil** – Head of the Department of "Emergency Situations and Safety of Life Activity" of AzUAC, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Azerbaijan National Academy of Sciences, General Director of the Institute of Radiation Problems of ANAS, academician of the International Academy of Sciences of Ecology and Life Activity Safety.

**Hagverdiyeva Tahira Akhi** – Professor of the "Materials Science" department of AzUAC, doctor of technical sciences, scientific secretary of the Scientific Council of AzUAC.

**Gasimzade Azer Arastun oglu –** Doctor of Technical Sciences, Professor of the Faculty of Engineering of AzMIU,Azerbaijan and Ondogguz May University, Turkey

**Semko Alexander Vladimirovich** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk, laureate of the State Premia of Ukraine, academician of the Academy of Civil Engineering, head of the department of "Architecture and urban construction".

**Iskenderov Ramiz Aziz** – Professor of the "Mechanics" department of AzUAC, doctor of sciences in mathematics, General Chair International Organization on "Technical and Physical Problems of Engineering" journal.

**Shirinzade Irade Nusret** – Head of the Department of Materials Science, AzMIU, Doctor of Technical Sciences, Professor.

**Niykola Khlapuk** - professor, Doctor of technical sciences, Director of the Educational and Scientific Institute of Water Management and Environmental Engineering Rovno Natinal University of Water Resources and Environmental Management.

**Hafiz Alisoy–** (Turkey) Namik Kemal University, Çorlu Faculty of Engineering, "Department of Electronic and Communication Engineering", Faculty of Electronic Science.

**Imanov Ferda Ali** – Baku State University – vice-rector on teaching organization and training technologies, doctor of geography, professor, chairman of the Azerbaijan National Committee for UNESCO's International Hydrological Program

**Gahramanli Yashar Veli –** Professor of the department of "Amelioration and water management construction" of AzUAC, honored teacher of the Republic of Azerbaijan.

**Hajiyev Mukhlis Ahmed** - Head of the department of "Construction Structures" of AzUAC, doctor of technical sciences, professor.

**Musayev Zakir Samad** – Head of the department of "Amelioration and water management construction" of AzUAC, professor, academician of the International Academy of Science of Ecology and Life Activity Safety, honored teacher of the Republic of Azerbaijan, founder of the Ecology and Water Management journal

**Hasanov Elgiz Eldar** – ass. professor of the department of "Amelioration and water management construction" of AzUAC, candidate of technical sciences.

**Aliyev Fagan Gambar oglu** – Head of the department of "Ecology" of the Azerbaijan University of Architecture and Construction, President of the International Academy of Ecoenergy, Professor, Doctor of Technical Sciences, Honorary Professor of Oxford University, Member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences.

**Aliev Bahram Huseyn** - Professor of department of the "Amelioration and water management construction" AzUAC, Doctor of technical Sciences, Direktor of the İnstitute "Ecologiy NACA".

**Zarbaliyev Mansur Sabir** - ass. professor of the department of "Amelioration and water management construction" of AzUAC, candidate of technical sciences.

# ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION
# EKOLOGİYA VƏ ƏTRAF MÜHİTİN MÜHAFİZƏSİ

**UOT 697.94**

**MƏMMƏDOV N.Y., RZAYEV M.F.**

*AzMİU*

## QARABAĞ VƏ ŞƏRQİ ZƏNGƏZURDA GÜNƏŞ ENERJİSİNDƏN İSTİFADƏ İMKANLARININ ELMİ-TEXNİKİ TƏHLİLİ

**Introduction.** In the modern era, the reliability of energy supply and the protection of the ecological environment are among the issues of strategic importance worldwide. The acceleration of climate change, the increase in greenhouse gas emissions, the depletion of natural resources, and the unequal distribution of energy carriers demand new approaches in current energy policy. Therefore, reducing dependence on traditional energy resources and expanding the use of renewable energy sources has become a global priority. Among these sources, solar energy holds a special place due to its long-term sustainability, environmental advantages, and technological efficiency.

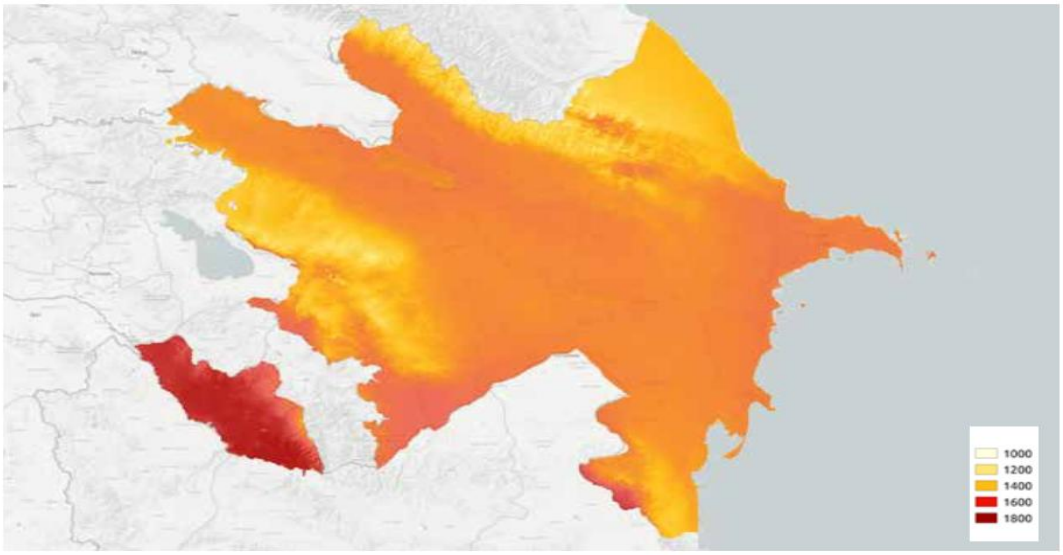
One of the main directions of the energy strategy implemented in the Republic of Azerbaijan is the expansion of opportunities for utilizing alternative energy potential. In this regard, the declaration of the Karabakh and Eastern Zangezur regions as a "Green Energy Zone" is considered a significant step. The level of solar radiation, topographical features, and climatic indicators of these areas create favorable conditions for the widespread use of solar energy. At the same time, the application of solar energy technologies in the region's restoration and development stage can contribute to strengthening energy sustainability, preserving ecological balance, and promoting the implementation of modern technological solutions.

The main purpose of this article is to conduct a scientific and technical assessment of the solar energy potential in the Karabakh and Eastern Zangezur regions, to identify the economic and environmental advantages in this field, and to evaluate future prospects. In this direction, both international experience and Azerbaijan's national energy policy will be taken into account, and the renewable energy opportunities of the region will be analyzed on a scientific basis.

**Main Part.** The Karabakh and Eastern Zangezur economic regions of Azerbaijan are distinguished by their abundance of renewable energy resources and, in particular, are considered among the most promising areas of the country in terms of solar energy potential. Meteorological observations and reports from international organizations demonstrate that these regions have high levels of solar radiation and long sunshine duration. Specifically, the annual sunshine hours range between 2,200 and 2,500, while the average annual solar radiation is estimated at 1,600–1,700 kWh/m². These indicators provide a strong basis for the utilization of solar energy for both electricity generation and thermal applications [World Bank, 2022; IRENA, 2022].

Satellite observations and Geographic Information System (GIS)-based analyses indicate that the districts of Fuzuli, Jabrayil, Zangilan, and Khojavend are among the most suitable zones for the implementation of solar energy projects. In these areas, the average annual radiation level is estimated to exceed 1,700 kWh/m². Notably, the Zangilan district has drawn attention through the application of solar panels within the framework of the "Smart Village" project, and this experience lays the groundwork for the region's future development as a "green energy cluster" [Ministry of Energy of the Republic of Azerbaijan, 2023].

**Diaqram** : İllik qlobal üfüqi günəş şüalanması (kVt/m²-də Qlobal Üfüqi Şüalanma)




Mənbə: IRENA (n.d.-b)

The climatic and topographical features of Karabakh and Eastern Zangezur create favorable conditions for the deployment of solar energy. Lowland areas provide appropriate land plots for the construction of large-scale solar power plants, while in mountainous and foothill zones, the higher intensity of solar radiation enhances the efficiency of technologies. At the same time, low cloud cover and high atmospheric transparency are essential natural factors that further increase the productivity of solar panels.

The direct utilization of solar energy is based primarily on three principles: conversion into thermal energy, photovoltaic conversion, and thermoelectric conversion. To implement these processes, specific technical devices - helioreceivers and solar collectors - are used. These systems perform the function of energy collection and transfer, thereby not only increasing efficiency but also optimizing energy consumption.

Solar thermal systems are classified into two groups - passive and active systems - based on their functional and technological characteristics. Passive systems have a simpler and stationary structure and are usually integrated into south-facing walls and roof structures. The surfaces of such systems are equipped with special coatings and glazing to maximize the absorption of solar radiation. Their operating principle is based on solar rays passing through the glazing, being absorbed by dark-colored surfaces, and transferring the accumulated heat to the interior space or a heat carrier through conduction and natural convection. Passive systems are mainly applied for space heating, ventilation support, and water heating.

Active solar thermal systems, on the other hand, have a more complex structure and are capable of providing heat at both low and high temperatures. In these systems, energy is collected through collectors euipped with flat panels or vacuum tubes. Collectors are generally manufactured in three types: flat-plate collectors, flow-type vacuum tube collectors, and vacuum tube collectors operating on the “heat pipe” principle. These devices heat a heat transfer fluid, usually water or antifreeze, and direct it toward various purposes - such as domestic hot water supply or other heating systems. For instance, a 1.5 m² collector can heat 100 liters of water to 55–60°C within 5–6 hours during the summer season.

The application areas of active systems are broader compared to passive ones. They are used for heating and ventilating residential and industrial buildings, drying agricultural products and wood, purifying and desalinating drinking water, as well as generating

electricity and mechanical energy. However, in practice, most systems simultaneously perform only one or two functions and are traditionally installed in a stationary manner.

Solar collectors are widely applied as an alternative energy source for water heating, which helps reduce electricity and gas costs and enhances the economic efficiency of thermal energy. In thermosiphon systems, solar radiation is transferred from the collector to the storage tank, where water is heated through natural circulation. The front glazing of the collectors is made of tempered glass with low reflectivity, while the absorber surface inside consists of copper pipes and copper plates. When solar rays enter the collector, the wavelength changes, and the heat is trapped inside the collector, creating a greenhouse effect that heats the water.

The movement of water occurs due to the temperature difference between the collector and the storage tank. Heated water loses density, expands in volume, and increases in pressure, while colder water becomes denser and re-enters the circulation loop. Driven by gravity, the hot water flows into the storage tank, and once the temperatures equalize, circulation stops. When heat is consumed and the temperature decreases again, the movement of water resumes. For this reason, thermosiphon systems mainly operate on the principle of natural circulation.

The main factors affecting water circulation are the temperature difference between the collector outlet and the bottom of the storage tank, as well as the height difference between the devices. The greater these values are, the more favorable the circulation becomes. Pump-assisted systems also exist; although they improve heat transfer capacity, they reduce overall energy efficiency and cannot operate in locations without an external power supply.

Flat-plate collectors convert both direct and diffuse radiation into heat and are suitable for low-temperature heat production (below 70 °C). They are primarily applied for space heating and domestic hot water supply. Their efficiency depends on weather conditions and decreases as the temperature of the heat transfer fluid increases. During the summer season, they can ensure high efficiency in heating swimming pools and water supply systems.

Simple flat-plate collectors are usually composed of black plastic pipes, while more advanced designs are equipped with thermal insulation. Water can be heated either directly through the collector or indirectly via an intermediate heat transfer fluid. Copper and aluminum are commonly used in collector manufacturing; copper provides higher thermal conductivity, whereas aluminum is cheaper but more prone to corrosion. The panel surfaces can be anodized or painted; however, paint tends to degrade over time under ultraviolet radiation. The front cover is made of glass or plastic, while the back wall is insulated with materials such as fiberglass, polyurethane foam, or other insulating substances.

Vacuum tube collectors consist of two concentric cylinders: an outer glass tube and an inner fluid-carrying tube. The space between the two cylinders is vacuum-sealed to minimize heat loss. These collectors are capable of heating the fluid up to 80°C or higher. Typically, the collector is composed of several tubes, with a reflective surface placed beneath them to enhance solar radiation absorption and increase heat gain.

In air-type solar collectors, air is used as the heat transfer medium. These systems can be constructed in the form of flat, corrugated, perforated panels, or as a network of metal tubes. The simplest design is a flat-plate absorber panel, which is installed within an insulated casing along with inlet and outlet ducts. Panels are usually made of copper or aluminum, painted black, and covered with a transparent protective layer (glass, plastic, or polycarbonate).

As air comes into contact with the absorber surface, it gains heat and warms up, while fins within the panel enhance heat transfer. For maximum efficiency, the collector must be oriented southward and protected with high-quality insulation. The system can operate ba-

sed on natural or forced circulation; however, forced circulation requires a fan. Natural circulation is rarely used, as the slow movement of air masses causes significant heat loss.

Unlike water-based systems, air collectors operate at lower temperatures (around 25°C) and are suitable only for space heating through air circulation. They are not capable of heating water. Although these devices have a relatively low efficiency and require larger dimensions, they are advantageous due to their simple design, ease of installation, and low cost. To ensure effective operation, all joints and connections must be carefully insulated. Air collectors can heat air when the temperature difference with the external environment is about 15–17 °C.

Solar collectors are generally installed on rooftops, which provides sufficient surface area and enables maximum utilization of solar radiation. The collected heat is transferred to a heat carrier (water, antifreeze, or another fluid). In most cases, a mixture of 40% glycol and 60% distilled water is used as the heat transfer fluid. The heated fluid is then directed through pipes to radiators or other heating systems. The movement of the fluid can be regulated by a pump, while natural circulation occurs through the expansion of the heated liquid.

For the system to operate efficiently, thermal insulation should be at least 25–30 cm thick. The storage tank must be rectangular in shape and can be equipped with additional heating elements to ensure that when solar energy is insufficient, the liquid is heated to the required temperature. During the summer months, solar collectors can fully meet the household demand for hot water. In transitional seasons, they reduce the load on electric or gas boilers, thereby optimizing both energy consumption and financial costs.

The main drawback of the system is the high initial investment cost. The price of a single collector ranges between USD 500–1000, while the full installation of a system consisting of two collectors costs approximately USD 2300–3000. Since solar radiation intensity varies throughout the year, collectors cannot serve as the sole source of heating.

Several technical and practical aspects should be considered when selecting a solar collector. Flat-plate collectors are generally more durable than other models; however, minor malfunctions may cause the entire system to stop functioning, leading to additional expenses. To reduce costs, a simple flat solar water heater can also be constructed domestically, capable of raising the temperature of the heat carrier by 30-40°C above the ambient level.

Vacuum tube collectors, on the other hand, are more sensitive to external impacts and less resistant to mechanical shocks. Nevertheless, if one tube fails, it can be easily replaced. These types of collectors are more efficient in winter compared to flat-plate models, operate over a wider temperature range, and retain heat for longer periods. The length of the tubes has a direct impact on performance; the optimal configuration typically consists of several tubes measuring 2 m in length and 6 cm in diameter. To enhance heat transfer, straight or U-shaped elements are installed inside the tubes.

Air-type collectors have a simpler design, require minimal maintenance, and can operate at lower temperatures. Their service life is longer compared to other systems; however, their heating capacity is relatively weak. The installation site of the collector also plays a significant role: it should be oriented southwards or at an angle of up to 30° from the south. For easier snow removal in winter, the collector may be installed vertically, though this may reduce its efficiency factor.

The efficiency of a solar collector depends on several factors: the method of heat generation, the season of the year, weather conditions, and the circulation system. For instance, the average hourly heating capacity of a system with a surface area of 1 m² is as follows: 100 liters of water – 7°C, 50 liters – 14°C, 25 liters – 28°C, 15 liters – 46°C, and 10 liters – 70°C. On cloudy days, the water heating process is slower, whereas on sunny

days the rate significantly increases. In summer, a collector with a surface area of 1.5 m² can provide approximately 200 liters of hot water at 40°C per day. In winter, however, an additional storage tank is required to ensure sufficient hot water supply. Under cold weather conditions, water is heated only through an indirect heating system, making a fully independent system infeasible.

The economic efficiency of a solar collector is determined by several factors: the cost of the collector and installation, heat transfer capacity, payback period, and operational lifespan. Collectors made from cheap or low-quality materials carry the risk of low productivity and premature failure; therefore, selecting reliable equipment is crucial. If the collector is used year-round and for commercial purposes, it typically pays for itself within a few years. However, if it is used only during the summer season, the payback period is approximately 7–8 years.

**Conclusion:** The study demonstrates that the Karabakh and Eastern Zangezur regions are among the strategically significant areas in terms of solar energy potential. The favorable climatic conditions, high levels of solar insolation, and long sunshine duration create advantageous opportunities for the implementation of renewable energy projects. These factors serve as a solid foundation both for the construction of large-scale solar power plants and for the deployment of local heating and hot water supply systems.

The expansion of solar energy utilization not only enhances the reliability of energy supply in the region but also reduces environmental burdens, mitigates greenhouse gas emissions, and generates economic benefits in line with the principles of sustainable development. From a technical perspective, the application of solar collectors and photovoltaic systems improves energy efficiency, while from an economic standpoint, it reduces energy costs and strengthens the investment attractiveness of the region.

Within the energy policy of the Republic of Azerbaijan, the declaration of Karabakh and Eastern Zangezur as a "Green Energy Zone" and the integration of renewable energy technologies into the regional development model can be considered a strategic step aligned with global trends. This approach ensures environmental safety while laying the foundation for a new stage in the socio-economic development of the region.

Thus, the scientific assessment and practical application of solar energy will play a decisive role in strengthening the energy security of Karabakh and Eastern Zangezur, maintaining ecological balance, and achieving the sustainable development goals of the national energy strategy.

## ƏDƏBİYYAT

1. Ministry of Energy of the Republic of Azerbaijan. (2023). “Green Energy Zone” concept and renewable energy projects in Karabakh. Baku.
2. International Renewable Energy Agency (IRENA). (2022). Renewable Energy Prospects for Central and Eastern Europe. Abu Dhabi.
3. World Bank. (2022). Solar Resource Atlas of the South Caucasus. Washington, D.C.
4. Велижанин, А.А., Мингалеева, Р.Д., Бессель, В.В., & Серовайский, А.Ю. (2023). Изучение устройства и принципа действия солнечного коллектора. Москва
5. International Energy Agency (IEA). (2023). World Energy Outlook 2023. Paris.

## Qarabağ və Şərqi Zəngəzurda Günəş Enerjisindən İstifadə İmkanlarının Elmi-Texniki Təhlili

## XÜLASƏ

Bu məqalədə Qarabağ və Şərqi Zəngəzur iqtisadi rayonlarının günəş enerjisi potensialı kompleks şəkildə öyrənilmişdir. Tədqiqatda regionun iqlim göstəriciləri, günəş radiasiya-

sının səviyyəsi, relyefin təsirləri və texnoloji tətbiq imkanları təhlil olunmuşdur. Nəticələr göstərir ki, bu ərazilər günəş enerjisindən həm elektrik istehsalı, həm də istilik və isti su təchizatında istifadə üçün əlverişli şəraitə malikdir. Araşdırmada günəş kollektorlarının və fotovoltaik panellərin səmərəliliyi, enerji saxlama sistemlərinin əhəmiyyəti, ekoloji və iqtisadi üstünlükləri də vurğulanmışdır. Beləliklə, Qarabağ və Şərqi Zəngəzur Azərbaycanın bərpa olunan enerji siyasətində strateji əhəmiyyətli zonalar kimi qiymətləndirilə bilər.

***Açar sözlər:*** *Qarabağ, Şərqi Zəngəzur, günəş enerjisi potensialı, alternativ enerji texnologiyaları, günəş kollektorları, fotovoltaik panellər, enerji effektivliyi*

## Scientific and Technical Analysis of Solar Energy Utilization Opportunities in Karabakh and Eastern Zangezur

### ABSTRACT

This article provides a comprehensive assessment of the solar energy potential of the Karabakh and Eastern Zangezur economic regions. The study analyzes climatic indicators, solar radiation levels, the influence of relief conditions, and technological application possibilities. The findings indicate that these areas possess favorable conditions for the utilization of solar energy in both electricity generation and thermal applications, including hot water supply. The research also highlights the efficiency of solar collectors and photovoltaic panels, the importance of energy storage systems, and the ecological and economic advantages of renewable energy integration. Consequently, Karabakh and Eastern Zangezur can be considered strategic zones in Azerbaijan's renewable energy policy.

***Keywords:*** *Karabakh, Eastern Zangezur, solar energy potential, alternative energy technologies, solar collectors, photovoltaic panels, energy efficiency.*

## Научно-технический анализ возможностей использования солнечной энергии в Карабахе и Восточном Зангезуре

### АННОТАЦИЯ

В данной статье представлена всесторонняя оценка потенциала солнечной энергии Карабахского и Восточно-Зангезурского экономических районов. В исследовании проанализированы климатические показатели, уровень солнечной радиации, влияние рельефа и возможности технологического применения. Результаты показывают, что данные территории обладают благоприятными условиями для использования солнечной энергии как в производстве электроэнергии, так и в теплоснабжении и обеспечении горячей водой. В работе также отмечены эффективность солнечных коллекторов и фотоэлектрических панелей, значение систем накопления энергии, а также экологические и экономические преимущества внедрения возобновляемых источников энергии. Таким образом, Карабах и Восточный Зангезур могут рассматриваться как стратегические зоны в энергетической политике Азербайджана.

***Ключевые слова:*** *Карабах, Восточный Зангезур, потенциал солнечной энергии, альтернативные энергетические технологии, солнечные коллекторы, фотоэлектрические панели, энергоэффективность.*

*Məqaləyə AzMİUnun "Mühəndis sistemləri və qurğularının tikintisi" kafedrasının dosenti G.A. Ələsgərov rəy vermişdir.*

**UOT 666.184.23**

**MƏCİDOV E.İ.**

*Təbii Ehtiyatların Kosmik Tədqiqi İnstitutu*

# PLASTİK TULLANTILARININ İNNOVATİV TƏKRAR EMAL TEXNOLOGİYASININ TƏTBİQİ İLƏ ALINAN KOMPOZİT BETON-PLASTİK MATERİALLARIN XASSƏLƏRİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

İşin aktuallığı. Dünya iqdisadiyyatının sürətli inkişafı ister istehsal, istərsədə istehlak tullantılarının armasına səbəb olur. Tullantıların artması həm ətraf mühitin çirklənməsinə, həm də ekaloji problemlərin yaranmasına gətib çıxarır. Ona görə də tullantıların ətraf mühitin mühafizəsi və ekoloji vəziyyətin yaxşılaşdırılması məsədi ilə saxlanılmasına və məhv edilməsi nəzarət edilir, utilizasiyası hər zaman diqqət mərkəzində saxlanılır. Tullantıların məhv edilməsi xüsusi avadanlıqlarda yandırmaqla, kimyəvi madələrlə neytrallaşdırmaqla və maye halında alınan tullantıları isə gillə qarışdırmala yerinə yetirilir. Bu zaman ətraf mühitin çirlənməsi, zəhərli qazların havaya qarışması və s. mənfi hallar da baş verə bilir. Tullantılarının utilizasiya - tərkiblərində ola bilən qiymətli qarışıqların - metallar, şüşə və başqa komponentlərin ayırdıqdan sonra qalan maddə hissəsinin yandırılması və ya məişət tullantılarını qıcqırtma üsulu ilə bioqazın və ya gübrənin alması üçün tətbiqi, eyni zamanda istehsalat tullantıları ikinci dərəcəli məhsul, xammal kimi müxtəlif inşaat materialları istehsalında istifadə edilir.

Hazırda dünyanın hər yerində daha çox istehsal və tətbiq edilən materiallardan biri də plastik materiallardır ki, bu səbəbdən də zibilxanalara atılan, toplanan, dəniz və okeanları çirkləndirən tullantı da məhz plastik tllantılardır. Ona görə də plastik tullantılar qlobal, ekoloji problemlər yaradır. Plastik tullantılar müasir dövrdə ətraf mühit üçün ən ciddi təhlükələrdən biri hesab olunur [1].

Azərbaycanda sənaye və tikinti sektorunun inkişafı plastik materialların istehsal və istifadəsinin artması nəticədə belə tullantların həcmi də əhəmiyyətli dərəcədə çoxalmışdır [6]. Plastik materialların ənənəvi məhv edilmə üsulları həm enerji tələbatına görə, həm də ekoloji çirklənmə baxımından bir sıra məhdudiyyətlərə malikdir. Bu baxımdan, plastik tullantıların təkrar emal prinsipi əsasında işləyən innovativ texnologiyaların işlənməsi ətraf mühitin mühafizəsi və iqtisadi səmərəliliyin artırılması baxımından aktual istiqamət hesab olunur. Qlobal ətraf mühitin çirklənməsi fonunda plastik tullantıların təkrar emalı məsələsi getdikcə daha da aktuallaşır.

Ümumiyyətlə, plastik materiallar yüngüllüyü, davamlılığı, emal rahatlığı və aşağı qiyməti nəticəsində həm gündəlik həyatın, həm də tikinti və istehsal sektorlarının ayrılmaz hissəsinə çevrilmişdir. Lakin bu üstünlüklərlə yanaşı, plastiklərin yüksək kimyəvi dayanıqlığı və bioloji parçalanmaya qarşı müqaviməti onların utilizasiyasını və təkrar emalını çətinləşdirir [7]. XX əsrin ortalarından etibarən plastik istehsalı sürətlə artmış, 2020-ci illərdə illik istehsal 400 milyon ton səviyyəsini keçmişdir və 2050-ci ilə qədər bu göstəricinin iki dəfə artacağı proqnozlaşdırılır [7].

Plastiklərin kimyəvi dayanıqlığı səbəbindən onların torpaq, su və atmosferdə yığılması qlobal ekoloji böhran yaradır. Mikroplastiklər su hövzələrində və canlı orqanizmlərdə toplanır, toksik əlavələr isə torpağa və qida zəncirinə daxil olur [6, 7]. Yandırılma zamanı dioksin və furan kimi kanserogen qazların əmələ gəlməsi ətraf mühit üçün əlavə təhlükə yaradır [8].

Plastiklərin yüksək fiziki-kimyəvi dayanıqlığı sənaye üçün mühüm üstünlük olsa da, ekoloji cəhətdən ciddi problemdir. PVC və PP kimi materialların təbiətdə 100–1000 il ərzində parçalanması onların təbiətdə toplanmasına və mikroplastik çirklənməsinə gətirib çıxarır [9]. Bu səbəbdən plastiklərin yenidən istifadə, kimyəvi təkrar emal və innovativ kompozitlərdə tətbiqi istiqamətində elmi təd-

qiqatlar vacibdir [10].

Plastik tullaantılar ənənəvi üsulla təkrar emalı zamanı adətən dörd əsas əməliyyat yerinə yetirilir.

1. Tullantıların toplanması və çeşidlənməsi– tullantı toplusunda müxtəlif polimer tiplərinin (PE, PP, PVC və s.) ayrılması;
2. Yuyulma və qurutma – mexaniki çirklərin, etiket və yağ qalıqlarının təmizlənməsi;
3. Əridilmə və ekstruziya prosesi – plastik materialların yüksək temperaturda (150–280°C) əridilməsi və formaya salınması;
4. Dənəvərləşdirmə və yenidən emal – alınan ərimiş materialın qranul şəklinə gətirilərək yeni məhsulların istehsalında istifadəsi [6].

Bu proseslər texniki baxımdan sadə görünsə də, enerji sərfi, emissiyalar, keyfiyyət itkisi və iqtisadi səmərəsizlik kimi problemlər yaradır [10].

Plastik tullantıların təkrar emalı ilə və tətbiqi dünya alimləri tərəfindən öyrənilməkdədir.

Gəmi təmiri və gəmiqayırma meydançalarında və limanlarda gəmilərin və sahil su gəmilərinin istismarı zamanı yaranan plastik tullantıların təkrar istifadəsi potensialı təhlil edilmiş və müəyyən olunmuşdur ki, bu növ tullantıların dənizə axıdılması qadağandır. Bu da onların zibilxanalarda (poliqonlarda) böyük miqdarda toplanmasına və sonradan emal ehtiyacına səbəb yaradır. Bu tip tullantıların emalı üçün əsas üsul kimi təkrar emal üsulu təklif olunur. Göstərilir ki, plastik materialların bu növ maddənin fiziki-kimyəvi xassələri ilə müəyyən edilən müxtəlif təkrar emal perspektivləri vardır. Təkrar emal potensialı baxımından faktiki olaraq bütün plastikləri iki qrupa bölmək olar: termoplastik və termoset. Termoplastik plastiklərin təkrar emalı texnoloji cəhətdən daha sadə prosesdir, maddələrin və materialların təkrar istifadəsini artırmağa imkan verir və bununla da təbii ehtiyatlardan rasional istifadəni təmin edir. Xammal kimi təkrar emal edilmiş plastikdən istifadə etməklə, məsələn, gəmi təmiri və ya gəmiqayırmada istifadə olunan müəyyən məhsulların öz daxili istehsalını təşkil etmək imkanlarını yaradır [1].

Plastik materialların təkrar emalının mövcud üsullarının ətraflı təhlili aparılmış, həmçinin ekoloji vəziyyətin yaxşılaşdırılması üçün effektiv həll yolu kimi biokatalizatorlardan istifadə perspektivləri araşdırılıçdır. Aparılmış elmi analız xülasəsinə əsaslanaraq plastik tullantıların tətbiqi yolları müəyyənləşdirilmiş və yeni məhsulların istehsalı - plastik qablaşdırma, tikinti materialları, tekstil və hətta yeni plastik məhsullar kimi müxtəlif məhsullar hazırlamaq üçün istifadə edilə bilinməsi qənaitinə gəlinmişdir [2].

Son illərdə polietilenqlikol tereftalatın biodeqradasiyası plastik tullantıların çirklənməsi probleminin həllində mühüm vasitəyə çevrilmişdir. Bu sahədə çoxlu tədqiqatlar aparılır və müəyyən edilmişdir ki, qənaətcil və yüksək texnoloji biodeqradasiya proseslərinin inkişaf etdir. Bu sahədə gələcək irəliləyişlər sintetik biologiya və metabolik mühəndislik strategiyalarına əsaslanacaq, süni mikrob konsorsiumlarının yaradılması və polietilen qlikol tereftalat və digər mürəkkəb polimerlərin daha tam biodeqradasiyası və biokonversiyasına nail olmaq üçün mikrobial polietilenqlikoltereftalat hidrolazalarının modifikasiya edilməsi nəzərdə tutulur [3].

Polietilentereftalat tərkibli plastik tullantılardan liflin hazırlanması və fibrobeton qarışıqlarının hazırlanmasının mümkünlüyü öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, polietilentereftalat tərkibli plastik tullantı liflərindən istifadə etməklə suya davamlı, çatlaradavamlı, aşınmaya davamlı fibrobetonlar əldə etmək mümkündür [4].

[12]-də fibrobeton istehsalında armaturlayıcı liflər kimi əhali tərəfindən böyük miqdarda istehlak edilən qazlı və qazsız içkilərin saxlanması üçün istifadə olunan plastik qabların (tullantıların) potensial imkanlarından istifadəsisinin mümkünlüyü araşdırılır. Müəyyən edilmişdir ki, bu tip tullantılar müxtəlif ölçülü liflərə şəklində doğranmaqla hazırlana bilər və adi betonı arlaturlayıcı lif kimi istifadə edilə bilər. Təcrübələr göstərmişdir ki, bu tullantılar əsasında hazırlanan lifləri sement betonun sıxılmada möhkəmlik həddini 1,76% artırır, orta sıxlığını isə 1,11% artırır.

Tədqiqatlarda metal və ənənəvi plastik liflərlə yanaşı plastik işki qablarında hazırlan-

mış liflər əsasında fibrbetonun alınması və bəzi istismar göstəriciləri öyrənilmişdi. Müəyyən olunmuşdur ki, metal lifli fibrobeton nümunələrinin zərbəyə davamlılığı adi beton nümunələri ilə müqayisədə 14,6 % yüksəkdir; polipropilen lifli beton nümunələrindən 11,5% yüksəkdir; və polietilentereftalat əsaslı tullantılardan hazırlanmış lifliər in tətbiqi ilə alınan fibrobetonlarda bu göstərici 10,6% yüksəkdir. Hər iki nümunədə metal və polipropilen lifli dəmir-betonun zərbəyə davamlılığı 14,75%, polietilentereftalat əsaslı lifli dəmir-beton tullantılarının zərbəyə davamlılığı isə 14,3% yüksəkdir [5].

**İşin məqsədi.** Cari tədqiqat işində plastik tullantıları əritmədən təkrar istifadəsinə əsaslanan "EMİ" Kompozit Beton-Plastik Material (KBPM) texnologiyasının tətbiqi təklif olunur. Bu məqsələ plastik tullantıları əritmədən təkrar emal prinsipli innovativ texnologiyaanın tətbiqi ilə plastik doldurucunun hazırlanmasını nəzərdə tutulmuşdur.

**İstifadə olunan materialar.** Təcrübələrdə PVC və PP kimi sintetik plastik tullantılardan istifadə edilmişdir. Polipropilen (PP) termoplastlar elastik və yumşaqdır, lakin PVC plastiklər daha sərtdir [6]. Plastiklər bir çox kimyəvi reagentlərə qarşı dayanıqlı olur. Belə ki, PVC (polivinil xlorid) turşulara, duzlara və orqanik həlledicilərə qarşı yüksək dayanıqlıdır [8], PP (polipropilen) isə yüksək temperaturda belə kimyəvi sabitliyini qoruyur və oksidləşməyə qarşı müqavimət göstərir [6]. Bu dayanıqlıq təbiətdə parçalanmanı çətinləşdirir və uzunmüddətli ekoloji yük yaradır [10]. Plastiklər istiliyə qarşı müxtəlif dərəcədə davamlıdırlar. Termoplastlar (PVC, PP) qızdırıldıqda yumşalır və formalaşır, soyuduqda isə bərkiyir [6]. PVC 75–105°C aralığında yumşalır, 140°C-dən yuxarıda isə deqradasiyaya uğrayır və HCl qazı ayrılır ki, bu da ətraf mühit üçün təhlükəli emissiyadır [11]. PVC 140–160°C temperaturda HCl emissiyası ilə parçalanır [9]. Davamlı mexaniki təsirlər (əymə, sıxılma, sürtünmə) polimer zəncirlərini qısaldır, nəticədə plastik kövrəkləşir [10]. Bioloji parçalanma çox yavaş gedir. Yalnız bəzi mikroorqanizmlər polietilen və polilaktid kimi bioplastikləri parçalaya bilir, lakin PVC və PP kimi sintetik plasplastiklər yüz illərlə sabit qalır [7].

PVC və PP kimi sintetik plastik tullantılar beton qarışığının hazırlanmasında doldurucu kimi istifadə edilmişdir. Təcrübələrdə sement, qum, çınqıl kim komponentlər də istifadə edilmişdir.

**İşin gedişi**. Tədqiq olunan EMİ–Kompozit Beton-Plastik Material (KBPM) hazırlanması yeni texnologiyanın tətbiqi ilə həyata keçirilmişdir. Bu texnologiyada plastik tullantıları əritmədən xırdalanmış, beton komponentləri 1 $m^3$ beton qarışığı hesabı ilə dozalanmış, mexaniki qarışdırmış və presləmə üsulu ilə sıxlaşdırılmışdır. Bu metod həm enerji sərfini, həm də qaz emissiyalarını əhəmiyyətli dərəcədə azaldı. Presləmə əməliyyatı ənənəvi vasitəsi ilə aparılmışdır. Tətbiq olunan ekstruder prosesi plastik materiallar istehsalında tətbiq olunan əsas emalı texnologiyasıdır.

Belə texnologiyalar həm plastik tullantıların azaldılmasına, həm də sirkulyar iqtisadiyyatın güclənməsinə mühüm töhfə verə bilər.

Tədqiqat çərçivəsində təklif olunan EMİ Kompozit Beton-Plastik Material (KBPM) texnologiyası plastik tullantıların əridilmədən təkrar istifadəsinə əsaslanır. Bu texnologiyanın əsas üstünlükləri:

- Enerji sərfiyyatının minimuma endirilməsi;
- Kiçik istehsal sahəsində tətbiq imkanı;
- Mövcud beton istehsal xətlərinə inteqrasiya oluna bilməsi;
- Hidroizolyasiya və istilik izolyasiyasının yaxşılaşdırılması;
- Xammal sərfiyyatının və məhsul çəkisinin azalması.

Təcrübələrin PVC və PP kimi sintetik plastik tullantılardan 5-30 % hesabı ilə ayrılıqda tətbiq edilməklə nümunələr hazırlanmış, bərkidilmiş, sınanılmışdır. Alınmış sınaq nəticələrinə əsaslanaraq tərkibdəki komponentlər sərfi və alınan kompozit betonun fiziki-mexaniki göstəricilərinin təyin edilmişdir. Nəticələr cədvəl 1, 2 və 3-də verimişdir.

Cədvəl 1 və 2-dən göründüyü kimi alınan "EMI" Kompozit beton blastik materialının aşağıdır. Alınan materialın mıhkəmliyini sement-qum məhlulu ilə plastik qırıntılarının

səthi ilişkənliyininin artırılması ilə əldə etmək olar. Bütün digər xüsusiyyətlərə görə "EMI" Kompozit beton plastik material adi betondan üstündür. PVC və PP istifadəsi ilə alınan betonların sınaq nəticələrinin müqayisəsi göstərir ki, PP tullantı əsaslı doldurucular beton qarışığında istifadəsi və onların PVC ilə müqayisədə daha elastik olması səbəbindən son məhsulun möhkəmliyin daha az olmuşdur. Lakin PP tərkibli dolduruculu betonların bütün digər fiziki xüsusiyyətləri PVC dolduruculu betonla müqaisədə qismən yüksəkdir (cədvəl 3).

**Cədvəl 1.**

**PVC tərkibli tullantılar əsasında hazırlanmış iri doldurucunun tətbiqi ilə alınan KBPM fiziki-mexaniki göstəriciləri**

| Fiziki xüsusiyyət | PVC-nin fiziki xassəiəri | Ümumi tərkibdə PVC-nin faizi | Çınqılın fiziki xassələri | Ümumi tərkibdə çınqıl faizi | Çınqıl-PVC qarışığının fiziki xassələri | Çınqıl və Çınqıl-PVC qarışığının fiziki xassələrindəki fərq |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sıxılma möhkəmliyi** | 75 MPa | 5 % | 190 MPa | 95 % | 184 MPa | -3,03 % |
| | 75 MPa | 10 % | 190 MPa | 90 % | 179 MPa | -6,05 % |
| | 75 MPa | 15 % | 190 MPa | 85 % | 173 MPa | -S,08 % |
| | 75 MPa | 20 % | 190 MPa | 80 % | 167 MPa | -12,11 % |
| | 75 MPa | 30 % | 190 MPa | 70 % | 156 MPa | -18,16 % |
| **İstilikkeçirmə əmsalı** | 0,20 W/(m-K) | 5 % | 1,55 W/(m-K) | 95 % | 1,48 W/(rrvK) | -4,35 % |
| | 0,20 W/(m-K) | 10 % | 1,55 W/(m-K) | 90 % | 1,42 W/(m-K) | -8,71 % |
| | 0,20 W/(m-K) | 15 % | 1,55 W/(m-K) | 85 % | 1,35 W/(m-K) | -13,06 % |
| | 0,20 W/(m-K) | 20% | 1,55 W/(m-K) | 80 % | 1,28 W/(m-K) | -17,42 % |
| | 0,20 W/(m-K) | 30 % | 1,55 W/(m-K) | 70% | 1,15 W/(m-K) | -26,13 % |
| **Xüsusi çəkisi** | 1,4 qr/sm3 | 1 5 % | 2,6 qr/sm3; | 95% | 2,54 qr/sm3 | -2,31 % |
| | 1,4 qr/sm3 | 10 % İ | 2,6 qr/sm4 | 90% | 2,48 qr/sm3 | -4,62 % |
| | 1,4 qr/sm3 | 15 % | 2,6 qr/sm5 | 85 % | 2,42 qr/sm3 | -6,92 % |
| | 1,4 qr/sm3 | 20% | 2,6 qr/sm6 | 80% | 2,36 qr/sm3 | -9,23 % |
| | 1,4 qr/sıtı3 | 30 % | 2,6 qr/sm7 | 70% | 2,24 qr/sm3 | -13,85 % |
| **Su çəkmə əmsalı** | 0,0 % | 5 % | 0,8 % | 95 % | 0,29 % | -63,31 % |
| | 0,0 % | 10 % | 0,8 % | 90 % | 0,72 % | -10,00 % |
| | 0,0 % | 15 % | 0,8 % | 85 % | 0,68% | -15,00% |
| | 0,0 % | 20 % | 0,8 % | 80 % | 0,64 % | -20,00 % |
| | 0,0 % | 30 % | 0,8 % | 70 % | 0,56 % | -30,00 % |
| **Səs udma əmsalı** | 0,17 a | 5 % | 0,30 a | 95 % | 0,29 a | -2,17 % |
| | 0,17 a | 10 % | 0,30 a | 90 % | 0,29 a | -4,33 % |
| | 0,17 a | 15 % | 0,30 a | 85 % | 0,28 a | -6,50 % |
| | 0,17 a | 20 % | 0,30 a | 80 % | 0,27 a | -8,67 % |
| | 0,17 a | 30 % | 0,30 a | 70 % | 0,26 a | -13,00 % |

**Cədvəl 2.**

**PP tərkibli tullantılar əsasında hazırlanmış iri doldurucunun tətbiqi ilə alınan "EMİ" KBPM fiziki-mexaniki göstəriciləri**

| Gözlənilən nəticələr PP üzrə | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fıziki xüsusaiyət** | **PP-ninfiziki xassələri** | **Umumi tərkibdə PP-nin faizi** | **Çınqılın fiziki xassələri** | **Ümumi tərkibdə çınqılfaizi** | **Çınqıl-PP qarışığınınfiziki xassələri** | **Çınqıl və cınqıl-PP qarışığınrn fiziki xassələrindəki fərq** |
| **Sıxılma möhkəmliyi** | 25 MPa | 5% | 190 MPa | 95 % | 182 MPa | -4,34 % |
| | 25 MPa | 10 % | 190 MPa | 90% | 174 MPa | -8,68 % |
| | 25 MPa | 15% | 190 MPa | 85 % | 165 MPa | -13,03 % |
| | 25 MPa | 20 % | 190 MPa | 80% | 157 MPa | -17,37 % |
| | 25 MPa | 30% | 190 MPa | 70 % | 141 MPa | -26,05 % |
| **Istilikkeçirmə əmsalı** | 0,16 W/(m K) | 5% | 1,55 W/(m-K) | 95 % | 1,48 W/(m-K) | -4,48 % |
| | 0,16 W/(m-K) | 10% | 1,55 W/(m-K) | 90 % | 1,41 W/(mK) | -8,97 % |
| | 0,16 W/(m-K) | 15% | 1,55 W/(m-K) | 85% | 1,34 W/(m-K) | -13,45 % |
| | 0,16 W/(m-K) | 20% | 1,55 W/(m-K) | 80% | 1,27 W/(m-K) | -17,94 % |
| | 0,16 W/(m-K) | 30% | 1,55 W/(m-K) | 701 | 1,13 W/(m-K) | -26,90 % |
| **Xüsusi çəkisi** | 0,9 qr/sm3 | 5 % : | 2,6 qr/sm3 | 95% | 2,52 qr/sm3 | -3,27 % |
| | 0,9 qr/sm3 | 10% | 2,6 qr/sm4 | 90% | 2,43 qr/sm3 | -6,54 % |
| | 0,9 qr/sm3 | 15% | 2,6 qr/sm5 | 85% | 2,35 qr/sm3 | -9,81 % |
| | 0,9 qr/sm3 | 20% | 2,6 qr/sm6 | 80 % | 2,26 qr/sm3 | -13,08 % |
| | 0,9 qr/snr.3 | 30 % | 2,6 qr/sm7 | 70% | 2,09 qr/sm3 | -19,62 % |
| **Suçəkmə əmsalı** | 0,0 % | 5% | 0,8 % | 95% | 0,76 % | -5,00 % |
| | 0,0 % | 10% | 0,8 % | 90% | 0,72 % | -10,00 % |
| | 0,0 % | 15% | 0,8 % | 85% | 0,68 % | -15,00 % |
| | 0,0 % | 20% | 0,8 % | 80 % | 0,64 % | -20,00 % |
| | 0,0 % | 30% | 0,8 % | 70% | 0,56 % | -30,00 % |
| **Səsudma əmsalı** | 0,40 a | 5% | 0,30 a | 95% | 0,31 a | -1,67 % |
| | 0,40 a | 10% | 0,30 a | 90% | 0,31 a | -3,33 % |
| | 0,40 a | 15% | 0,30 a | 85 % | 0,32 a | -5,00 % |
| | 0,40 a | 20% | 0,30 a | 80% | 0,32 a | -6,67 % |
| | 0,40 a | 30% | 0,30 a | 70 % | 0,33 a | -10,00 % |

**Cədvəl 3.**

**PVC və PP tərkibli tullantılar əsasında hazırlanmış iri doldurucların tətbiqi ilə alınan "EMİ" KBPM-lərin fiziki-mexaniki göstəricilərinin fərqi**

| Fiziki xüsusaiyət | PP və ya PVC-nin ümumi tərkibdə faizi | Çınqıl və Çınqıl- PVC qarışığının fiziki xassələrindəki | Çınqıl və Çınqıl-PP qarışığının fiziki xassələrindəki fərq | PVC və PP arasındakıfərq |
|---|---|---|---|---|
| **Sıxılma möhkəmliyi** | 5 % | -3,03 % | -4,37 % | -1,34 % |
| | 10 % | -6,05 % | -8,68 % | -2,63 % |
| | 15 % | -9,08 % | -13,03 % | -3,95 % |
| | 20 % | -12,1 % | -17,37 % | -5,26 % |
| | 30 % | -18,2 % | -26,05 % | -7,89 % |
| **İstilikkeçirmə əmsalı** | 5 % | -4,35 % | -4,48 % | -0,13 % |
| | 10 % | -8,71 % | -8,97 % | -0,26 % |
| | 15 % | -13,1 % | -13,45 % | -0,39 % |
| | 20 % | -17,4 % | -17,94 % | -0,52 % |
| | 30 % | -26,1 % | -26,90 % | -0,77 % |
| **Xüsusi çəkisi** | 5 % | -2,31 % | -3,27 % | -0,96 % |
| | 10 % | -4,62 % | -6,54 % | -1,92 % |
| | 15 % | -6,92 % | -9,81 % | -2,89 % |
| | 20 % | -9,23 % | -13,08 % | -3,85 % |
| | 30 % | -13,9 % | -19,62 % | -5,77 % |
| Su çəkmə əmsalı | 5 % | -5,00 % | -5,00 % | 0,00 % |
| | 10 % | -10,00 % | -10,00 % | 0,00 % |
| | 15 % | -15,00 % | -15,00 % | 0,00 % |
| | 20 % | -20,00 % | -20,00 % | 0,00 % |
| | 30 % | -30,00 % | -30,00 % | 0,00 % |
| **Səs udma əmsalı** | 5 % | 2,17 a | 1,67 a | 0,50 % |
| | 10 % | 4,33 a | 3,33 a | 1,00 % |
| | 15 % | 6,50 a | 5,00 a | 1,50 % |
| | 20 % | 8,67 a | 6,67 a | 2,00 % |
| | 30 % | 13,00 a | 10,00 a | 3,00 % |

**Nəticələr.** Aparılmış tədqiqatlara əsasən aşağıdakı texnoloji və ekoloji nəticələr müəyyən edilmişdir:

- Beton məmulatlarının çəkisi 8–12% azalır;
- Hidroizolyasiya qabiliyyəti 25–30% artır;
- İstilikkeçirmə əmsalı 0,7 W/mK-dən 0,4 W/mK-ə qədər azalır;
- Plastik tullantıların emalı zamanı ətraf mühitə zərər minimuma endirilir;
- Enerji sərfiyyatı ənənəvi üsullarla müqayisədə 35–40% azaldılır;
- M50-M75 markalı betonlar əsasında çoxmərtəbəli binaların arakəsmə divarlarında hazırlanmasında tətbiq oluna bilər;
- Təklif olunan əritmədən PVC və PP plastik tullantılarının təkrar emal prinsipi əsasında EMİ–KBPM texnologiyası ekoloji cəhətdən təmiz və iqtisadi səmərəli texnologiyadır.

Bu səbəbdən, gələcəkdə ekoloji cəhətdən təmiz, enerjiyə qənaətli və əritmədən təkrar emal texnologiyalarının inkişaf etdirilməsi vacib istiqamət kimi qiymətləndirilməlidir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Решняк В.И., Витязева О.В. Исследование возможности утилизации пластиковых отходов, образующихся на объектах водного транспорта/ Журнал Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала

С.О. Макарова// № 3 (37) 2016, с. 45-52
2. М.П. Башкиров. Современная переработка пластика. журнал «Научный лидер» выпуск №29 (230), июль 2025
3. Denis Belov, Sergey N. Belyaev. Prospects for recycling plastic waste based on polyethylene glycol terephthalate using living systems (a review). June 2022 Proceedings of universities Applied chemistry and biotechnology 12(2):238-253 DOI:10.21285/2227-2925-2022-12-2-238-253
4. Kh.Jamalova, T.A.Hagverdiyeva. Fiber concrete based on plastic waste. Engineering Mechanics Scientific and Technical Journal №2l, 2023, Baku, pp. 56-59, ISSN 2706-7726ttps://engineeringmechanics.az/
5. Т.А. Ахвердиева, Х.Б. Джамалова. Определение динамической устойчивости фибробетона из отходов полиэтилентерефталата. Журнал Строительные материалы оборудование технологии XXI века, №4(285) 2024, с. 47-49, Москва, (РИНЦ), https://www.elibrary.ru/item. as
6. Andrady, A.L. (2015). Plastics and Environmental Sustainability. Wiley.
7. UNEP. (2021). Single-Use Plastics and Sustainable Alternatives. United Nations Environment Programme.
8. European Commission. (2022). Circular Economy Action Plan.
9. Azərbaycan Respublikası Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyi. (2024). Plastik tullantıların idarə edilməsi üzrə milli hesabat.
10. Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. (2009). Plastics Recycling: Challenges and Opportunities. Philosophical Transactions of the Royal Society B.
11. Dövlət Statistika Komitəsi (2023). Sənaye və tikinti sahəsində plastik məhsulların istehsalı və tullantı həcmi.
12. Джамалова Х.Б. В производстве из бытовых отходов возможность применения. Современные технологии: Актуальные вопросы теории и практики. Международной научно-практической конференция, Пенза, 2023, с. 29-31, https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2023/05/MK-1728.pdf

**Məcidov E.İ.**

## Plastik tullantılarının innovativ təkrar emal texnologiyasının tətbiqi ilə alınan kompozit beton-plastik materialların xassələrinin öyrənilməsi

### XÜLASƏ

Məqalədə plastik tullantıları əyritmədən təkrar emalına əsaslanan, ekoloji cəhətdən təmiz və enerji baxımından səmərəli innovativ texnologiyanın işlənməsi və onun əsasında kompazit beton materialının alınması öyrənilmişdir. Təcrübələrdə PVC (polivinil xlorid) və PP (polipropilen) kimi geniş tətbiq sahəsi tapmış plastik tullantılar əsasında kompoit beton-plastik materiallar (KBPM) istehsalında istifadəsi əsasındırılmışdır. Yeni texnologiyanın tətbiqi bu növ tullantıların həcminin azaldılmasına, enerji sərf etməsini minimuma endirməsinə imkan yaradır. Əldə edilən son məhsulun suya dayanıqlıq, səsizolyasiya və istilik-izolyasiya göstəriciləri ilə adi betonla müqaisədə daha yüksək olması müəyyən edilmişdir. İşlənmiş texnologiyanın tətbiqi ilə M50-M75 markalı betonlar alınmış və bu betonlar əsasında çoxmərtəbəli binaların arakəsmə divarlarında hazırlanmasında tətbiqi oluna bilər. Təklif olunan əritmədən PVC və PP plastik tullantılarının təkrar emal prinsipi əsasında EMİ–KBPM texnologiyası ekoloji cəhətdən təmiz və iqtisadi səmərəli texnologiya olduğu əsaslandırılmışdır.

***Açar sözlər:*** *tullantılar, plastklər, beton, təkrar emal, ekoloji, ətraf mühit.*

**Majidov E.I.**

## Study of the properties of composite concrete-plastic materials obtained through the application of innovative plastic waste recycling technology

### ABSTRACT

The article examines the development of an environmentally friendly and energy-efficient innovative technology based on the recycling of plastic waste without melting,

and the production of composite concrete materials using this method. The experiments substantiated the use of widely applied plastic wastes such as PVC (polyvinyl chloride) and PP (polypropylene) in the production of composite concrete-plastic materials (CCPM).

The application of this new technology enables the reduction of plastic waste volume and minimizes energy consumption. It has been determined that the obtained final product exhibits higher water resistance, sound insulation, and thermal insulation compared to ordinary concrete.

Through the implementation of the developed technology, M50–M75 grade concretes were produced, which can be used in the construction of partition walls in multi-storey buildings.

The proposed EMI–CCPM technology, based on the non-melting recycling principle of PVC and PP plastic wastes, has been proven to be environmentally friendly and economically efficient.

***Keywords:*** *waste, plastics, concrete, recycling, ecological, environment.*

**Э.И. Меджидов**

**Исследование свойств композитных бетонно-пластиковых материалов, полученных с применением инновационной технологии переработки пластиковых отходов**

**РЕЗЮМЕ**

В статье представлена разработка экологически чистой и энергоэффективной инновационной технологии переработки пластиковых отходов без их плавления и получение на её основе композитного бетонного материала. В экспериментах обосновано использование пластиковых отходов, таких как ПВХ (поливинилхлорид) и ПП (полипропилен), широко применяемых в различных отраслях, для производства композитных бетонно-пластиковых материалов (КБПМ). Применение новой технологии позволяет сократить объём подобных отходов и свести к минимуму энергозатраты.

Установлено, что полученный конечный продукт обладает более высокими показателями водостойкости, звукоизоляции и теплоизоляции по сравнению с обычным бетоном. С использованием разработанной технологии были получены бетоны марок М50–М75, которые могут применяться при изготовлении межкомнатных перегородок в многоэтажных зданиях.

Предложенный принцип переработки пластиковых отходов ПВХ и ПП без их плавления, реализованный в технологии ЭМИ–КБПМ, обоснован как экологически чистый и экономически эффективный метод.

***Ключевые слова:*** *отходы, пластмассы, бетон, переработка, экологичность, окружающая среда.*

*Məqaləyə AzMİU-nun*
*“Materialşünaslıq” kafedrasının*
*professoru T.A. Haqverdiyeva*
*rəy vermişdir.*

**УДК 656.6:620.193; 656.6:620.197**

**ФАТЬЯНОВА Н.В.**

*Азербайджанская Государственная Морская Академия*
*E-mail: nice.natali92@mail.ru*

# ЭКОЛОГИЧЕСКИ - БЕЗОПАСНЫЕ ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ В СУДОСТРОЕНИИ И МАШИНОСТРОЕНИИ

**Введение.** Коррозия металлических конструкций является одной из наиболее серьёзных проблем в судостроении и машиностроении. По данным международных исследований, ежегодные экономические потери от коррозии составляют до 3–4% ВВП развитых стран. Особенно остро проблема проявляется в морской среде, где конструкции подвергаются воздействию хлоридов, влаги, перепадов температуры и биологических факторов.

Традиционно для защиты металлов применяются лакокрасочные материалы на основе органических связующих. Одним из наиболее распространённых является пентафталевая эмаль ПФ-115, обладающая доступностью и удовлетворительными эксплуатационными характеристиками. Однако срок её службы в морских условиях не превышает 2–3 лет.

Современные тенденции в области разработки ЛКМ направлены на:

– увеличение срока службы покрытий,
– снижение экологической нагрузки,
– использование наномодификаторов (оксидов металлов, нанокарбонатов, биоцидов),
– соответствие международным стандартам (ISO 12944, ASTM D1654 и др.).

В данной работе проводится сравнительный анализ традиционной эмали ПФ-115 и её наномодифицированных вариантов для применения в судостроении и машиностроении.

Коррозия металлических конструкций является одной из наиболее серьёзных проблем в судостроении и машиностроении. По данным международных исследований, ежегодные экономические потери от коррозии составляют до 3–4% ВВП развитых стран. Особенно остро проблема проявляется в морской среде, где конструкции подвергаются воздействию хлоридов, влаги, перепадов температуры и биологических факторов [1-4].

Традиционно для защиты металлов применяются лакокрасочные материалы на основе органических связующих. Одним из наиболее распространённых является пентафталевая эмаль ПФ-115, обладающая доступностью и удовлетворительными эксплуатационными характеристиками. Однако срок её службы в морских условиях не превышает 2–3 лет.

Современные тенденции в области разработки ЛКМ направлены на:

– увеличение срока службы покрытий,
– снижение экологической нагрузки,
– использование наномодификаторов (оксидов металлов, нанокарбонатов, биоцидов),
– соответствие международным стандартам (ISO 12944, ASTM D1654 и др.).

В данной работе проводится сравнительный анализ традиционной эмали ПФ-115 и её наномодифицированных вариантов для применения в судостроении и машиностроении.

**Основная часть.** Исследования последних лет показывают высокую эффективность наночастиц в составе ЛКМ. Нанодобавки позволяют значительно изменить микроструктуру покрытия, улучшить барьерные свойства и подавить электрохимические процессы на границе металл–среда.

– **Наномел ($CaCO_3$)** уменьшает пористость плёнки и повышает её плотность.

- **Оксид цинка (ZnO)** выполняет двойную функцию: ингибитор коррозии и фотокатализатор, обеспечивая пассивацию поверхности.
- **Оксид меди ($Cu_2O$)** широко применяется в судовых покрытиях как эффективный противообрастающий компонент.
- **Титановый диоксид ($TiO_2$)** способствует увеличению фотостабильности и устойчивости к ультрафиолету.

Работы зарубежных исследователей подтверждают, что введение 2–5% нанонаполнителей в рецептуру эмалей может увеличить срок службы в агрессивной среде более чем в 2 раза.

Для исследований были приготовлены следующие составы, представленные в таблице 1:

**Таблица 1**

**Состав исследуемых покрытий**

| Покрытие | Состав | Особенности |
|---|---|---|
| PF-115 | Базовая эмаль | Контрольный образец |
| PF-115 + наномел | 3% наномела | Повышенная плотность покрытия |
| PF-115 + наномел + ZnO | 3% наномела + 2% ZnO | Ингибиторный эффект ZnO |
| PF-115+наномел+ZnO+$Cu_2O$ | 3%наномела+2%ZnO+3%$Cu_2O$ | Комплексное противокоррозионное и противообрастающее покрытие |

***Методики.***

- **Микроструктурный анализ** – SEM (JEOL JSM-6610LV).
- **Электрохимические испытания** – измерение коррозионного потенциала и плотности тока (метод Тафеля).
- **Климатические испытания** – камера соляного тумана (720 ч).
- **Механические свойства** – адгезия (ГОСТ 15140), твёрдость по карандашу (ASTM D3363).

Формула коэффициента защитного действия покрытия:

$$\eta = \frac{i_{corr,0} - i_{corr}}{i_{corr,0}} \cdot 100\%$$

где $i_{corr,0}$ – плотность коррозионного тока для необработанного металла, $i_{corr}$ – для покрытия.

***Результаты и обсуждение.*** **1. Микроструктурный анализ (SEM).** Исследования поверхности покрытий на сканирующем электронном микроскопе **JEOL JSM - 6610LV** показали:

- базовая эмаль ПФ-115 характеризуется выраженной пористостью и неравномерным распределением пигмента;
- введение наномела приводит к уплотнению структуры и уменьшению числа пор на 20–25%;
- добавка ZnO способствует формированию более однородной матрицы, пористость уменьшается на 30–35%;
- система «наномел + ZnO + $Cu_2O$» показала наиболее плотную и равномерную структуру без видимых дефектов.

Таким образом, микроструктурный анализ подтвердил улучшение барьерных свойств покрытий за счёт нанодобавок [5, 6].

**2. Электрохимические испытания.** Измерение коррозионных характеристик проводилось методом потенциодинамической поляризации. В таблице 2 представлены результаты электрохимических испытаний.

**Таблица 2**

**Электрохимические параметры покрытий**

| Покрытие | Потенциал коррозии $E_{corr}$, мВ | Плотность коррозионного тока $i_{corr}$, мкА/см² | Коэф. защиты η, % |
|---|---|---|---|
| PF-115 | –460 | 8.2 | – |
| PF-115 + наномел | –430 | 4.5 | 45 |
| PF-115 + наномел + ZnO | –410 | 2.8 | 66 |
| PF-115 + наномел + ZnO + $Cu_2O$ | –395 | 2.1 | 74 |

На графике (Рис. 1) показано снижение плотности коррозионного тока при введении нанокомпонентов.

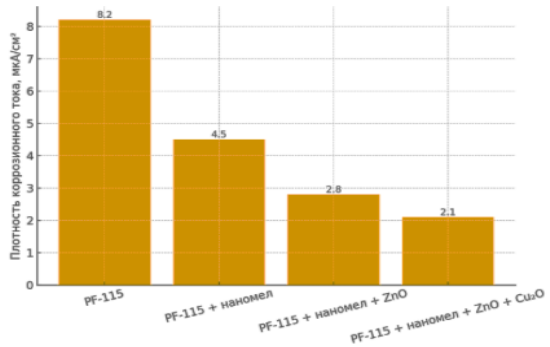



*Рис.1. Сравнение коррозионной стойкости покрытий по плотности коррозионного тока.*

3. Климатические испытания. Образцы выдерживались в камере соляного тумана (NaCl 5%, 35 °C) в течение 720 часов.

– Базовая ПФ-115 – появление пузырей, трещин и ржавчины на 40% площади.
– ПФ-115 + наномел – поражение не превышало 15% площади.
– ПФ-115 + наномел + ZnO – дефекты зафиксированы на 6–7%.
– ПФ-115 + наномел + ZnO + $Cu_2O$ – повреждения ограничивались 2–3% площади, без сквозной коррозии.

Это подтверждает высокий барьерный эффект многокомпонентных покрытий.

**4. Механические свойства.** Адгезия и твёрдость оценивались в соответствии с ГОСТ и ASTM. В таблице 3 представлены результаты механический испытаний на адгезию, твердость и эластичность лакокрасочных материалов.

Результаты показывают улучшение адгезии на 20% и твёрдости на 15–20% при введении нанодобавок [7-9].

**Таблица 3**

**Механические свойства покрытий**

| Покрытие | Адгезия, балл | Твёрдость по карандашу | Эластичность (мм) |
|---|---|---|---|
| PF-115 | 3 | HB | 3.0 |
| PF-115 + наномел | 2 | F | 2.5 |
| PF-115 + наномел + ZnO | 1–2 | H | 2.0 |
| PF-115 + наномел + ZnO + $Cu_2O$ | 1 | H–2H | 1.5 |

**5. Прогноз срока службы.** На основе ускоренных испытаний построен прогнозный график (Рис. 2).

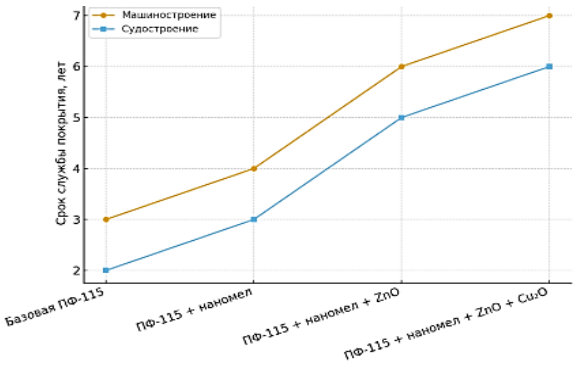



*Рис.2 Прогнозный график срока службы покрытий*

На основании данных ускоренных испытаний (соляной туман, климатические камеры, электрохимические методы) и моделирования срок службы различных лакокрасочных материалов можно представить следующим образом:

– **ПФ-115 (базовое покрытие)**. Срок службы составляет **2–3 года**. В условиях морской атмосферы и периодического погружения наблюдается быстрое образование коррозионных очагов (пузырение, ржавчина поцарапанных участков). Основная причина ограниченной долговечности – высокая пористость и недостаточная химическая стойкость связующего [10].
– **ПФ-115+наномел.** Модификация эмали наномеловыми частицами обеспечивает **3–4 года службы**. Наномел действует как барьерный наполнитель, уменьшающий пористость покрытия и увеличивающий плотность плёнки. Это сни-

жает проникновение влаги и электролитов, однако полностью проблему коррозии не решает, особенно при длительном воздействии морской воды.

- **ПФ-115 + наномел + ZnO.** Добавление оксида цинка в сочетании с наномелом значительно улучшает характеристики: срок службы увеличивается до **5–6 лет**. ZnO обладает полифункциональным действием - выступает как пассиватор, снижает катодные процессы, препятствует развитию микроорганизмов. В результате достигается существенное увеличение коррозионной стойкости и биостойкости покрытия.
- **ПФ-115 + наномел + ZnO + $Cu_2O$.** Наиболее эффективный вариант рецептуры, срок службы **6–7 лет**. Дополнение системы $Cu_2O$ придаёт выраженные **противообрастающие свойства** (ингибирование роста водорослей и микроорганизмов на поверхности), одновременно сохраняя высокую антикоррозионную защиту. В совокупности такая композиция демонстрирует универсальность для применения в судостроении, где требуется защита не только от коррозии, но и от биологического обрастания [11,12].

Таким образом, применение наномодифицированных покрытий позволяет увеличить долговечность конструкций более чем в два раза по сравнению с традиционной эмалью.

**Выводы.** Проведённые исследования показали, что традиционная пентафталевая эмаль ПФ-115 имеет ограниченные защитные свойства в условиях морской и промышленной эксплуатации. Введение нанодобавок (наномел, ZnO, $Cu_2O$) позволяет значительно повысить коррозионную стойкость и долговечность покрытий:

- микроструктурный анализ выявил уменьшение пористости покрытия и равномерное распределение пигментов;
- электрохимические испытания показали снижение плотности коррозионного тока более чем в 3 раза и рост коэффициента защитного действия до 74%;
- климатические тесты (соляной туман, 720 ч) подтвердили снижение площади поражений с 40% (базовая ПФ-115) до 2–3% (система «наномел +ZnO+$Cu_2O$»);
- механические свойства улучшились: адгезия выросла на 15–20%, твёрдость увеличилась с НВ до Н–2Н;
- прогнозный срок службы увеличился с 2–3 лет (базовая ПФ-115) до 6–7 лет (наномодифицированные системы).

Таким образом, разработанные покрытия могут быть рекомендованы для применения в судостроении и машиностроении, где требуется сочетание противокоррозионных и противообрастающих свойств. Научная новизна работы заключается в оптимизации рецептуры ПФ-115 с наномодификаторами, обеспечивающей повышение срока службы металлических конструкций более чем в 2 раза.

Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка экологически безопасных покрытий с биоцидными компонентами нового поколения, а также создание «умных» самовосстанавливающихся систем для эксплуатации в условиях повышенной агрессивности морской среды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ISO 12944-5:2019. Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems.
2. ASTM D1654-08. Standard Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments.
3. ГОСТ 15140-78. Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии.
4. ГОСТ 9.401-91. Покрытия лакокрасочные. Методы ускоренных испытаний на устойчивость к воздействию климатических факторов.
5. Zhang Y., Li X., Wang Q. Corrosion resistance of nanostructured coatings for marine applications //Progress in Organic Coatings. –2021. –Vol. 151. –P. 106048.
6. Kim J., Lee H., Park S. Multifunctional

marine coatings with nanofillers // Journal of Coatings Technology. – 2022. – Vol. 94. – P. 557–569.
7. Singh A., Kumar R. Effect of ZnO nanoparticles on anticorrosion performance of alkyd coatings //Surface & Coatings Technology. –2020. –Vol. 402. –P. 126469.
8. Гуревич С.М., Левина Л.В. Наноструктурированные антикоррозионные покрытия. – М.: Наука, 2020.
9. Ахвердиев С.Р., Мамедова Г.А. Современные методы защиты металлов в морской воде //Химическая технология. – 2021. – №7. – С. 45–52.
10. Li J., Wu G., Zhao Y. Antifouling coatings with copper oxide nanoparticles for ship hulls //Materials Chemistry and Physics. – 2020. – Vol. 250. – P. 123150.
11. ISO 20340:2009. Paints and varnishes – Performance requirements for protective paint systems for offshore and related structures.
12. ГОСТ 9.032-74. Единая система защиты от коррозии и старения. Методы лабораторных испытаний.

## Экологически - безопасные лакокрасочные материалы нового поколения для защиты металлических конструкций в судостроении и машиностроении

## АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрены современные лакокрасочные материалы (ЛКМ), применяемые для защиты металлических конструкций в судостроении и машиностроении. Проведено сравнение традиционной эмали ПФ-115 и её модифицированных вариантов с нанонаполнителями (наномел, оксид цинка ZnO, оксид меди $Cu_2O$). Использованы методы микроструктурного анализа (SEM), электрохимических испытаний, климатических и механических тестов. Показано, что введение нанокомпонентов обеспечивает снижение плотности коррозионного тока более чем в 3 раза, увеличение адгезии и твёрдости покрытия на 15–20%, а также повышение прогнозного срока службы конструкций в морских условиях с 2–3 до 6–7 лет. Отмечены перспективы развития экологически безопасных и «умных» покрытий.

***Ключевые слова:*** *лакокрасочные материалы, ПФ-115, наномел, оксид цинка, оксид меди, судостроение, машиностроение, коррозия.*

## Eco-friendly next-generation coating materials for the protection of metal structures in shipbuilding and mechanical engineering

## ABSTRACT

This paper discusses modern paint and coating materials (PCM) used for protecting metal structures in shipbuilding and mechanical engineering. A comparison was made between traditional PF-115 enamel and its modified versions with nanofillers (nano-calcium carbonate, zinc oxide ZnO, copper oxide $Cu_2O$). Scanning electron microscopy (SEM), electrochemical tests, climatic and mechanical evaluations were applied. It was shown that the introduction of nanocomponents reduces the corrosion current density by more than three times, increases coating adhesion and hardness by 15–20%, and extends the predicted service life of structures in marine conditions from 2–3 up to 6–7 years. The prospects of eco-friendly and "smart" coatings are also outlined.

***Key words:*** *paint and varnish materials, PF-115, nano-calcium carbonate, zinc oxide, copper oxide, shipbuilding, mechanical engineering, corrosion.*

## Gəmiqayırma və maşınqayırmada metal konstruksiyaların mühafizəsi üçün ekoloji cəhətdən təhlükəsiz müasir lak-boya materialları

## XÜLASƏ

Məqalədə gəmiqayırma və maşınqayırmada istifadə olunan müasir lak-boya materi-

alları (LBM) araşdırılmışdır. Ənənəvi PF-115 emalı ilə yanaşı, nanodoldurucularla (nanotəbəqəli təbaşir, sink oksidi ZnO, mis oksidi $Cu_2O$) modifikasiya olunmuş variantlar müqayisə edilmişdir. Tədqiqatda skanedici elektron mikroskopiyası (SEM), elektro-kimyəvi sınaqlar, iqlim və mexaniki testlər tətbiq olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, nanokomponentlərin əlavə edilməsi korroziya cərəyan sıxlığını 3 dəfədən çox azaldır, örtüyün yapışmasını və sərtliyini 15–20% artırır, həmçinin dəniz şəraitində konstruksiyaların xidmət müddətini 2–3 ildən 6–7 ilə qədər uzadır. Ekoloji cəhətdən təhlükəsiz və "ağıllı" örtüklərin inkişaf perspektivləri göstərilmişdir.

***Açar sözlər:*** *lak-boya materialları, PF-115, nanotəbaşir, sink oksidi, mis oksidi, gəmiqayırma, maşınqayırma, korroziya.*

*Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası*
*PHŞ-in rektorun muşaviri, t.ü.f d.,*
*dosent V. B. Sadıqov rəy vermişdir.*

**UOT 631.**

**QAFARBƏYLİ K.Ə., MƏHƏRRƏMLİ Q.P.**

*Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti*
*qafarbeyli_konul@mail.ru*

## MUĞAN DÜZÜ TORPAQLARININ AQROEKOLOJİ QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

**Giriş**: Kür-Araz ovalığı ərazisində kənd təsərrüfatı bitkilərinin suvarılması və suvarma suyunun sahədə paylanması ilə bitki məhsuldarlığının əldə edilməsi təcrübəsi hələ qədim dövrlərdə mövcud olmuşdur. Bunu Muğan və Salyan düzlərində aparılmış arxeoloji qazıntılar zamanı suvarma kanallarının tapılmış qalıqları sübut edir. Alban və İran tarixçiləri Muğan və Mil düzlərinin kənd təsərrüfatı üçün əlverişli torpaq şəraitinə malik olmasını və bu səbəbdən əhali tərəfindən sıx məskunlaşdığını qeyd etmişlər. XIX əsrin başlanğıcına qədər kənd təsərrüfatı bitkilərinin suvarılması üçün istifadə edilən əkin sahələri əsas etibarı ilə çayların yaz daşqınlarının baş verdiyi çaylara yaxın ərazilərdə yerləşmişdir [1, 3, 4, 5]. Muğan düzündə hələ XVII əsrdə daşqın sularından istifadə etmək üçün yerli əhalinin "quruarx" adlandırdığı xüsusi kanallar çəkilmişdir. Xanlıqlar dövründə suvarma işlərində və kanalların təmizlənməsi xüsusi əmrlərə əsasən yerli əhali tərəfindən vaxtaşırı kollektiv şəklildə aparılırdı. Beləliklə, qədim dövrdə, orta əsrlərdə və Azərbayanın şimal hissəsi Çar Rusiyasına birləşdirilən dövrə qədər suvarma sistemlərinin tikintisi relyefin əlverişli yerlərindən, çay və kanallardan uzaq olmayan ərazilərdə aparılırdı. Əkin sahələrində şorlaşma və ya bataqlaşma baş verdikdə kəndlilər həmin sahələri tərk edərək kənd təsərrüfatı məqsədi ilə başqa sahələrdən istifadə edirdilər. Kürətrafı zonada suyun mənbədən əkin sahələrinə qaldırılması üçün qoşqu heyvanlarının köməyi ilə hərəkətə gətirilən qaldırıcı çarxlardan istifadə olunmuşdur və bu üsulla 4 ha-dək sahənin suvarılması mümkün olmuşdur. XIX əsrin ikinci yarısında Muğan zonasında təqribən 4000 belə çarxdan istifadə edilmişdir. XIX əsrin ikinci yarısından etibarən Rusiyanın çar hökuməti ərazidə pambığın əkin sahələrinin genişləndirilməsi və xammal kimi onun istehsalının artırılması məqsədi ilə Muğan- Salyan zonasında bir sıra meliorativ tədbirlər görülməsinə başlamışdır. Belə ki, 1912-ci ildə ilk kimya laboratoriyası yaradılmış, 1913-cü ildən isə hidroloji tədqiqatlara başlanmışdır. Ümumən 1900-1916-cı illərdə Muğanda ümumi uzunluğu 297,2 km olan Yuxarı Qolitsin (Sabir), Aşağı Muğanlı ( Mürsəlli), Yuxarı Muğan (Əzizbəyov) və Orta Muğan (Nərimanov) magistral kanallarının tikilməsi planlaşdırılmış və 1917-ci ilədək 4 kanal tikilmişdir. Beləliklə, əsrin əvvəllərindən başlayaraq 1917-ci illərə qədər xidmət sahəsi 169 min hektar olmaqla, magistral kanallara suvarma suyunun təmin edilməsi üçün nəzərdə tutulmaqla və ümumi sərfləri 130 $m^3$/san və cəmi uzunluqları 209 km layihələndirilən 4 suvarma sistemi tikilə

rək istismara verilmişdir [5, 6].

**Tədqiqatın məqsədi və metodu:** Müasir aqroekoloji tədqiqatlar göstərir ki, torpaqların aqrotexniki və ekoloji qiymətləndirilməsi yalnız məhsuldarlığın artırılması üçün deyil, həm də ətraf mühitin qorunması və torpaq resurslarının davamlı idarə olunması üçün vacibdir. Məqalədə əsas məqsəd Muğan düzündə suvarılan torpaqların fiziki, kimyəvi və ekoloji xüsusiyyətlərini araşdırmaq, onların aqrotexniki vəziyyətini qiymətləndirmək və davamlı istifadə üçün tövsiyələr təqdim etmək, həmçinin Muğan düzündə suvarılan torpaqların əsas fiziki və kimyəvi göstəricilərini müəyyənləşdirmək, torpaqların aqrotexniki vəziyyətini və məhsuldarlıq potensialını qiymətləndirmək, suvarma əməliyyatlarının torpaqların ekoloji vəziyyətinə təsirini təhlil etməkdən ibarətdir.

Muğan düzündə torpaqlar əsasən qara torpaq və boz torpaq tipindədir. Suvarma əməliyyatları torpaqların kimyəvi və fiziki xüsusiyyətlərini dəyişdirir.

**Torpaq göstəricilərinin təhlili** [4, 5, 12, 14]. Muğan düzündə əsas torpaq tipləri bunlardır:

- *Boz torpaqlar (ağ və açıq-boz)*
- *Boz-qonur torpaqlar*
- *Qleyli və şoranlaşmış torpaqlar*
- *Duzlu (şor) və şorakətləşmiş torpaqlar*

**1. Əsas fiziki göstəriciləri**: [1, 6, 14]. Qara torpaqların teksturası məhsuldarlığı artırır, suyun və havanın hərəkətini yaxşı təmin edir.

Boz torpaqlarda su keçiricilik yüksəkdir, amma struktur zəifdir.

**2. Kimyəvi göstəricilər:** Qara torpaqlar humus miqdarı ilə seçilir.

Boz torpaqlarda N və K göstəriciləri azdır, buna görə gübrələmə məsləhət görülür.

| **Göstərici** | **Qiymətləndirmə** | **Qısa izah** |
|---|---|---|
| Mexaniki tərkib | Ağır gilliceli və gilliceli | Su keçiriciliyi zəif, su tutumu yüksəkdir |
| Həcm çəkisi | 1,25–1,40 q/sm³ | Sıxlığı yüksək, hava rejimi zəifdir |
| Su tutumu | 25–35% | Suvarmaya asılıdır |
| Filtrasiya əmsalı | 0,1–0,5 mm/san | Zəif filtrasiya səbəbindən drenaj vacibdir |

| **Göstərici** | **Qiymətləndirmə** | **Qeyd** |
|---|---|---|
| Humus miqdarı | 1,2–2,5% | orta səviyyə |
| Azot (N) | 0,10–0,18% | Bitkilər üçün vacib amil |
| Fosfor ($P_2O_5$) | 0,12–0,18% | Aşağı təminatlı |
| Kalium ($K_2O$) | 2–2,5% | Yetərli |
| pH | 7,5–8,2 | Neytral və zəif qələvi |
| Şoranlıq dərəcəsi | 0,2–0,6% | Bəzi sahələrdə yüksək (xüsusilə drenajsız ərazilərdə) |

**3. Duzluluq və pH:** Boz torpaqlarda suvarma nəticəsində duzluluq artımı müşahidə olunur (1.2 dS/m), bu bitki məhsuldarlığına mənfi təsir göstərir.

pH səviyyəsi 7.2–7.5 arasında, bitki böyüməsi üçün optimaldır.

**4. Aqrotexniki qiymətləndirmə** [1, 2, 13, 15]. Muğan düzündə torpaqlar uzunmüddətli intensiv əkinçilik nəticəsində struktur baxımından zəifləmiş, fiziki bərkimiş qat əmələ gəlmişdir. Torpaqların aqrotexniki vəziyyəti aşağıdakı problemlərlə xarakterizə olunur:

1. **Strukturun dağılması** – təkrar-təkrar şumlama və suvarma torpaq aqreqatlarını dağıdır.
2. **Drenaj sistemlərinin köhnəlməsi** –şoranlaşma baş verir.
3. **Orqanik maddə çatışmazlığı** – torpağa üzvi gübrələrin az verilməsi nəticəsində humus səviyyəsi aşağı düşür.
4. **Mexaniki sıxlaşma** – ağır texnikanın istifadəsi nəticəsində hava rejimi pozulur.

Aqrotexniki vəziyyətin yaxşılaşdırılması üçün:

- Şum dərinliyinin optimallaşdırılması (25–30 sm);
- Yaş şumlama və payız şumlarının aparılması;

- Yaşıl gübrələmə və peyin tətbiqi;
- Suvarma rejiminin normallaşdırılması;
- Drenaj sistemlərinin bərpası vacib hesab olunur.

**Torpaqların məhsuldarlıq potensialının qiymətləndirilməsi** [1, 13, 15]. Əgər torpaqlar aqrotexniki cəhətdən düzgün becərilərsə, həmin torpaqlarda:

- **Taxıl məhsuldarlığı** – 45–55 sent/ha,
- **Pambıq** – 25–30 sent/ha,
- **Yonca** – 80–100 sent/ha səviyyəsində ola bilər.

| Torpaq tipi | Humus % | Şorlaşma dərəcəsi | Məhsuldarlıq potensialı (bal) |
|---|---|---|---|
| Açıq-boz torpaqlar | 1,8 | 0,3 | 55–60 |
| Qonur-boz torpaqlar | 2,2 | 0,2 | 65–70 |
| Şorakətləşmiş torpaqlar | 1,5 | 0,6 | 40–45 |
| Qleyli torpaqlar | 1,3 | 0,5 | 35–40 |

Bu, torpaqların orta-yüksək məhsuldarlıq potensialına malik olduğunu göstərir.

**5. Ekoloji qiymətləndirmə** [1, 2]. Suvarma əməliyyatları Muğan düzündə həm müsbət**,** həm də mənfi ekoloji təsirlər yaradır:

*Müsbət təsirlər:*

- Bitkilərin su təminatı və fotosintez prosesi güclənir;
- Torpaqda mikrobioloji fəallıq artır;
- Humusun mineralizasiyası tənzimlənir.

*Mənfi təsirlər:*

**İkinci dərəcəli şoranlaşma** – suvarma norması düzgün seçilmədikdə, yeraltı sular qalxır və duzlar səthə çıxır.

**Qleyləşmə** – drenajın işləməməsi nəticəsində reduksiya prosesi güclənir.

**Torpaq eroziyası** – Açıq kanal suvarması torpaqda eroziya və çöküntü proseslərini gücləndirir.

**Torpağın bioloji balansının pozulması**– pestisid və gübrə yüklənməsi nəticəsində torpaqda faydalı mikroorqanizmlər azalır.

Muğan düzündə suvarılan torpaqların aqrotexniki və ekoloji qiymətləndirilməsi göstərir ki:

- Qara torpaqlar yüksək məhsuldarlığa malikdir, boz torpaqlar orta səviyyədədir.
- Suvarma sistemi torpağın fiziki-kimyəvi göstəricilərinə birbaşa təsir göstərir, düzgün idarə olunmazsa ekoloji risklər yaradır.
- Əldə olunan nəticələr torpaqların davamlı istifadəsi, məhsuldarlığın artırılması və ətraf mühitin qorunması üçün əsas təməl təşkil edir.

Beləliklə, zona üzrə suvarma və meliorasiya kompleksinin yaranması, onların istismarı və texniki qulluğunun təşkil edilməsi, həmçinin digər məsələlərlə bağlı tədqiqat işləri aşağıdakı kimi ümumiləşdirilə bilər:

1) suvarılan torpaqların su ilə təminatının yaxşılaşdırılması üzrə müvafiq hidrotexniki komplekslərin və qurğuların layihələndirilməsi işləri;
2) kənd təsərrüfatı bitkilərinin suvarma norma və rejimlərinin işlənməsi;
3) suvarma şəbəkələri üzrə ümumi su tələbatının təyini;
4) suvarma üsul və metodlarının təkmilləşdirilməsi, suvarmaların mexanikləşdirilməsi;
5) suvarma suyunun sahədə bərabər paylanması üsulları, su itkilərinin minimuma salınması;
6) kənd təsərrüfatı altında istifadə edilən əkin torpaqlarının meliorativ-ekoloji vəziyyətinin monitorinqi və müxtəlif aqrotexniki və meliorativ-mühəndisi üsullarla yaxşılaşdırılması üzrə tədbirlər sistemi;
7) əkin sahələrində qrunt sularının yatım dərinliyinin nizamlanması üçün mövcud kollektor-drenaj sistemlərinin texniki qulluğu və istismarı üzrə tədbirlər;
8) suvarma və meliorasiya tədbirlərin ətraf mühitə təsirlərinin öyrənilməsi, bu təsirlərin keyfiyyət baxımından qiymətləndirilməsi və monitorinqinin aparılması üzrə tədbirlər;
9) əkin torpaqlarında məhsuldarlığın qorunması və artırılması üzrə aqrotexniki tədbirlər və s.

Muğan düzündə torpaqların fiziki və kimyəvi göstəriciləri kənd təsərrüfatı üçün əlverişli olsa da, ekoloji sabitliyin qorunması üçün

meliorasiya və aqrotexniki tədbirlərin düzgün tətbiqi həyati əhəmiyyət daşıyır. Dre-naj sistemlərinin bərpası, suvarma rejiminin elmi əsaslandırılması və torpaqların üzvi maddələrlə zənginləşdirilməsi bu regionun məhsuldarlıq potensialını yüksəldən əsas amillər hesab olunur.

## ƏDƏBİYYAT

1. Алиев, Г.А. (1983). *Мелиорация и ирригация почв Азербайджана.* Баку: Элм.
2. Гусейнов, А.А., Мамедов, Г.Ш. (2009). *Проблемы засоления и деградации орошаемых земель в Муганской равнине.* Журнал "Почвоведение", №4, с. 27–34.
3. Məmmədov, Q.Ş., Əliyeva, R.A. (2015). *Azərbaycanın suvarılan torpaqlarında meliorativ tədbirlərin səmərəliliyi.* Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, Torpaqşünaslıq və Aqrokimya İnstitutu, Bakı.
4. Huseynov, A., Mammadov, G., Aliev, F. (2017). *Irrigation efficiency and soil salinity management in the Mugan Plain. International Journal of Agricultural Research,* 12(2), 45–53.
5. Məmmədov, Q.Ş. (2018). *Torpaqşünaslıq və Aqroekologiya.* Bakı: Təhsil nəşriyyatı.
6. Aliev B.G. (2020). *Water Resources Management and Sustainable Agriculture in the Kura–Araz Basin. Caucasus Environmental Journal,* 8(1), 13–22.
7. Qasımov, N.H., Əliyeva, F.M. (2019). *Suvarma rejimlərinin torpaqların kimyəvi tərkibinə təsiri.* Azərb. Dövlət Aqrar Universitetinin Elmi Əsərləri, №3, s. 54–61.
8. FAO (2021). *Irrigation and Drainage in the South Caucasus: Status and Challenges.* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
9. United Nations (2015). *Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development.* United Nations, New York.
10. UNEP (2020). *Global Environment Outlook 6: Healthy Planet, Healthy People.* United Nations Environment Programme.
11. Məmmədov Ş.M. (2022). *Suvarılan torpaqlarda meliorativ-ekoloji problemlərin həlli istiqamətləri.* Bakı Dövlət Universiteti Elmi Xəbərləri, №2, s. 88–95.
12. Hasanov, V., Karimov, E. (2023). *Impact of irrigation regimes on agro-ecological soil parameters in semi-arid zones of Azerbaijan. Journal of Environmental and Soil Sciences,* 15(4), 101–109.
13. Əliyev B. H. (2007). Azərbaycanın su ehtiyatlarından səmərəli istifadə və onların mühafizəsi problemləri. Bakı: Elm nəşriyyatı.
14. Məmmədov Q. Ş. (2002). Azərbaycan torpaqları və onların aqroekoloji qiymətləndirilməsi. Bakı: Elm.
15. Əliyev, B. H. (2012). Kənd təsərrüfatında meliorasiya və ekoloji sabitlik problemləri. Bakı: Elm.

**Qafarbəyli K.Ə., Məhərrəmli Q.P.**

*Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti*
*qafarbeyli_konul@mail.ru*

**Muğan düzü torpaqlarının aqroekoloji qiymətləndirilməsi**

## XÜLASƏ

Muğan Düzü Azərbaycanın əsas suvarılan düzənlik torpaqlarından biridir və burada kənd təsərrüfatının inkişafı üçün əlverişli şərait mövcuddur. Məqalədə Muğan düzündə yerləşən suvarılan torpaqların aqroekoloji vəziyyəti ətraflı şəkildə qiymətləndirilmişdir. Araşdırma zamanı torpaqların fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri, suvarma rejimlərinin torpaq keyfiyyətinə təsiri və torpaq deqradasiyası ilə bağlı mövcud risklər dərindən təhlil olunmuş, müxtəlif suvarma rejimlərinin tətbiqi nəticəsində torpaqlarda baş verən dəyişikliklər – xüsusilə suvarma suyu miqdarı və vaxtının optimallaşdırılması məsələləri araşdırılmışdır.

Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, suvarma rejimləri torpaqların fiziki və kimyəvi vəziyyətinə mühüm təsir göstərir. Nizamlı və optimal suvarma torpağın rütubətini təmin etməklə yanaşı, onun məhsuldarlığını artırır,

lakin yanlış və ya həddindən artıq suvarma torpaqda şorlaşma və eroziya kimi mənfi prosesləri sürətləndirə bilər. Bu xüsusilə bəzi sahələrdə şorlaşma (duzlaşma) və suyun torpaqda dayanması ilə əlaqədar eroziya meyllərinin müşahidə olunması ilə bağlıdır.

Belə mənfi təsirlərin qarşısını almaq və torpaqların uzunmüddətli məhsuldarlığını təmin etmək üçün davamlı torpaq idarəetmə üsullarının tətbiqi zəruridir. Məqalədə qeyd olunur ki, suvarma rejimlərinin təkmilləşdirilməsi, torpaq münbitliyinin artırılması, torpağın strukturunun yaxşılaşdırılması və eroziya ilə mübarizə tədbirlərinin görülməsi əhəmiyyətlidir. Eyni zamanda, torpaqların davamlı istifadəsi üçün aqrotexniki və bioloji metodların, eləcə də müasir suvarma texnologiyalarının tətbiqi tövsiyə olunur.

Nəticə etibarilə, Muğan Düzündə suvarılan torpaqların aqroekoloji vəziyyətinin yaxşılaşdırılması və davamlı inkişafı üçün sistemli yanaşma tələb olunur. Bu da həm kənd təsərrüfatının məhsuldarlığını artırmaq, həm də ətraf mühitin qorunmasını təmin etmək baxımından vacibdir.

***Açar sözlər:*** *əkin sahələri, suvarma suyu, sudan istifadə, aqroekoloji qiymətləndirmə.*

**Gafarbayli K.A., Maharramli Q.P.**

**AUAC**

*qafarbeyli_konul@mail.ru*

**Agroecological assessment of soils in the mugan plain**

The article presents a comprehensive agroecological assessment of irrigated soils in the Mughan Plain – one of the main agricultural regions of Azerbaijan. The study investigates the physical and chemical properties of the soils, evaluates the impact of irrigation regimes on soil quality, and analyzes environmental risks related to soil salinization and degradation. Based on the research results, practical recommendations are provided for improving irrigation management, preventing soil salinity, and ensuring sustainable agricultural productivity.

***Keywords:*** *Mughan Plain, irrigated soils, irrigation water, agroecological assessment, soil salinity, sustainable land use.*

**Гафарбейли К.А. Магеррамли Г.П.**

*qafarbeyli_konul@mail.ru*

**Агроэкологическая оценка земель муганской равнины**

**АННОТАЦИЯ**

В статье представлена всесторонняя агроэкологическая оценка орошаемых почв Муганской равнины – одного из основных сельскохозяйственных регионов Азербайджана. В работе исследуются физико-химические свойства почв, влияние режимов орошения на их качество, а также экологические риски, связанные с засолением и деградацией почв. На основе полученных данных даны практические рекомендации по совершенствованию управления орошением, предотвращению засоления и обеспечению устойчивого повышения продуктивности сельского хозяйства.

***Ключевые слова:*** *Муганская равнина, орошаемые почвы, оросительная вода, агроэкологическая оценка, засоление почв, устойчивое землепользование.*

*Məqaləyə AzMİU-nun "Meliorasiya və su təsərrüfatı tikintisi" kafedrasının dosenti a.ü.f.d., V.H. Səlimova rəy vermişdir.*

**UOT 621.43.004**

**ƏHMƏDOV N.Q.**

*Azərbaycan Texniki Universiteti*

# AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ QAZ KONDENSATI MƏDƏNİNİN RESURSLARI VƏ ONLARIN SƏMƏRƏLİ İSTİFADƏSİNİN PLANLAŞDIRILMASI[1]

Məlum olduğu kimi Xəzər dənizinin Azərbaycan sektoru yataqlarının qaz kondensatlarından yanacaq kimi həm nəqliyyat mühərrikləri üçün, həm də digər qurğuların mühərrikləri üçün istifadə olunması zərurət təşkil edir. Bu kondensatlardan yanacaq kimi istifadəsinə əsas diqqəti cəlb etməklə, onun yerləşdiyi məkandan digər resurslarında istifadəsinin tədqiqi diqqət mərkəzində olmalıdır.

Bütövlükdə qaz kondensat yataqlarının sərəncamında olan material-texniki, təbii enerji, əmək və maliyyə resurslarının səmərəlin istifadə göstəriciləri araşdırılmalıdır. Bu resursların səmərəli istifadəsinin planlaşdırılması dialektikanın qanunlarına, metodolji prinsiplərinə, habelə obyektiv iqtisadi qanunların tələblərinə əsaslanır. Bütün bunlarla yanaşı qaz kondensatlarının idarə edilməsində ekoloji təhlükəsizliyin təyin edilməsinə xüsusi diqqət yetirilməlidir.

Yanacaq – enerji ehtiyatlarından istifadənin səmərəliliyininyüksəldilməsi və ölkənin enerjiyə qənaətli innovasiya inkişaf prinsiplərinin tətbiqi üçün tələb olunan şəraitinin yaradılması Azərbaycanda yanacaq - enerji strategiyasının əsasını təşkil edir. Bu nöqteyi nəzərdən ölkəmizdə "İdarəetmə sistemi" beynəlxaq standartların konseptual modeli yaradılmalıdır. Bu məqsədlə enerji resurslarının səmərəliistifadə prinsiplərinə istinad olunmuşdur. Odur ki, qaz kondensat yataqlarının idarə edilməsinin təkmilləşdirilməsinə, onların resurslarının səmərəli istifadəsinin təşkili, planlaşdırılması, uçotua alınması və müqayisəli təhlil edilməklə qiymətləndirilməsi zəruridir.

Marketinq tədqiqatları əsasında ölkəmizdə qaz kondensat sistemində resurslara olan tələbatın və mütəxəssis kadrlara olan ehtiyac müəyyən edilməlidir. Bu tələbatların planlaşdırılması, uçotu, təhlili və qiymətləndirilməsi aşağıdakı prinsiplərə əsaslandırılmalıdır:

- **Elmi yanaşma.** Qaz kondensat yataqları sistemi sahəsində elni-texniki təqrəqqinin nailiyyətləri nəzərə alınmaqla, resursların səmərəli istifadəsinin planlaşdırılması, təşkili və idarə edilməsində obyektiv iqtisadi qanunların tələbləri nəzərə alınmalıdır.
- **Sistem yanaşma.** Qaz kondensat yataqları sisteminə vahid bir kibernetik sistem kimi baxılmalıdır. Belə ki, bu tam sistemin bütün elementlərinin qarşılıqlı əlaqələri və təsiri nəzərə alınmalıdır.
- **Kompleks yanaşma.** Qaz kondensat yataqları sistemində resursların istifadəsinin iqtisadi və ekoloji səmərəliliyinin yüksəldilməsi məqsədlərinin həllində texniki-texnoloji, ətraf mühitin qorunması, təşkilatı, ideya-tərbiyəvi, psixoloji, sosial və iqtisadi amillər kompleks halında nəzərə alınmalıdır.
- **Optimalliq.** Qaz kondensat yataqları sistemində resursların istifadəsinin plan-iqtisad, təşkilatı və idarəetmə məsələlərinin çoxvariantlı olduğunu nəzərə alaraq, həmin variantlardan qəbul edilmiş meyara nəzərənən yaxşısının (optimal variantın) seçilməsi tələb olunur. Optimal variantın seçilməsi resursların səmərəli istifadəsinin iqtisadi-riyazi modelləşdirilməsini və müvafiq riyazi optimallaşdırma metodlarının tətbiqini tələb edir. Müvafiq iqtisadi-riyazi modelin reallaşdırılması informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının tətbiqi ilə əldə edilir.

[1] Elmi məsləhətçi: Azərbaycan Respublikası Prezidenti yanında Dövlət İdarəçilik Akademiyasının professoru, i.e.d. S.Q. Cümşüdov

– **Səmərəlilik.** Qaz kondensat yataqları sistemində resursların istifadəsinin iqtisadi və ekoloji səmərəliliyinin yüksəldilməsi məsələlərinin həlli ilə əlaqədar planlaşdırılacaq tədbirlərin iqtisadi səmərəliliyi qabaqcadan müəyyən edilməlidir.
– **Ekoloji tarazlıq.** Qaz kondensat yataqları sistemində proseslərin ən yeni texnologiya əsasında təşkili. Qaz kondensatın nəqliyyat vasitələrində və stasionar qurğuların mühərriklərinin maye-qaz yanacağına keçirməklə ekoloji tarazlıq təmin edilməlidir.
– **Qənaətlilik.** Qaz kondensat yataqları sisteminin sərəncamında olan bütün resurslarından tam səmərəli istifadə olunmalı, həmçinin təbii, material-texniki, müxtəlif növenerji, əmək və maliyyə resurslarının səmərəli istifadəsinin cari və strateji biznes-planı işlənib hazırlanmalıdır. Resursların səmərəli istifadəsinin cari və strateji biznes-planı əməli-təqvim tədbirlər proqramı – qrafiki üzrə reallaşdırılmalıdır.
– **Sahə və ərazi idarəetmənin məqsədəuyğun əlaqələndirilməsi.** Qaz kondensat yataqları sistemində resursların səmərəli istifadəsinin planlaşdırılması və idarə edilməsində sahə (normativlər) və əraziicra hakimiyyətləri) amillərinin (tədbirlərinin) əlaqələndirilməsi tələb olunur.
– **Maddi və mənəvi həvəsləndirmə.** Qaz kondensat yataqları sistemində resursların istifadəsinin iqtisadi və ekoloji səmərəliliyinin yüksəldilməsində kollektivin maddi və mənəvi maraqlarının stimullaşdırılması təmin edilməlidir.
– **Şəxsi, kollektiv və dövlət (ümumxalq) mənafelərinin düzgün əlaqələndirilməsi.** Qaz kondensat yataqları sistemində resursların qorunması, mənimsnilməsi və onların istifadəsinin səmərəliliyinin yüksəldilməsi ilə əlaqədar şəxsi, kollektiv və ümumxalq (dövlət) mənafeləri düzgün əlaqələndirilməli, uzlaşdırılmalıdır. Burada ümumxalq (dövlət) mənafeyi başlıca meyar kimi qəbul edilməlidir.
– **Təkbaşına rəhbərlik və əməkçilərin hər birinin resurslarının qorunması, mənimsənilməsi və idarə edilməsində iştirakçı - ların təmin edilməsi.** Qaz kondensat yataqları sistemində resursların istifadəsinin iqtisadi və ekoloji səmərəliliyinin yüksəldilməsi tədbirlərinin həyata keçirilməsinə nəzarətin təşkili və icranın yoxlanılması zəruri hesab üsilir.
– Qaz kondensat yataqları sistemində nəqliyyat və rabitə infrastrukturu bölmələrinin işinin səmərəli idarə edilməsinə nəzarətin təşkili və icranın yoxlanılmasında diqqət mərkəzində olmalıdır.

Yuxarıdakı prinsipləri nəzərə alaraq qaz kondensat yataqları sistemində cari və strateji biznes-planı işlənib hazırlanarkən həmin sistemin bütün bölmələrinin sərəncamında olan təbii, material-texniki, enerji, əmək, informasiya və maliyyə resursların biznes-plana müvafiq istifadəsinin əsas göstəriciləri aşağıdakı metodika üzrə planlaşdırılmalı, uçota alınmalı və müqayisəli təhli edilərək qiymətləndirilməlidir:

1) təbii resurslarının səmərəli istifadə göstəriciləri:

a) təbii resurslarının gəlirlilik əmsalı:

$$Ə_G^{t.r} = \frac{\sum G_{ü}}{\sum X_{t.r}}$$

burada: $\sum G_{ü}$ – qaz kondensat yataqları sisteminin illik gəlirinin ümumi məbləği; $\sum X_{t.r}$ – təbii resurslarının qorunması və istifadəsi ilə əlaqədar xərclərdir.

b) təbii resurslarının mənfəətlilik əmsalı:

$$Ə_M^{t.r} = \frac{\sum M_b}{\sum X_{t.r}}$$

burada: $\sum M_b$ – illik balans mənfəətinin ümumi məbləğidir.

2) material-texniki resursların səmərəli istifadə göstəriciləri:

a) material-texniki resursların gəlirlilik əmsalı:

$$Ə_G^{m.t} = \frac{\sum G_{ü}}{\sum X_{m.t}}$$

burada: $\sum X_{m.t}$ – material-texniki resurslara çəkilən ümumi xərclərdir.

b) material-texniki resursların mənfəətlilik əmsalı:

$$Ə_G^{en} = \frac{\sum G_{ı}}{\sum X_{m.t}}$$

3) enerji resurslarının səmərəli istifadə göstəriciləri:

a) enerji resursların gəlirlilik əmsalı:

$$Ə_G^{en} = \frac{\sum G_{ü}}{\sum X_{en}}$$

burada: $\sum X_{en}$ – enerji resurslara çəkilən xərclərdir.

b) enerji resursların mənfəətlilik əmsalı:

$$Ə_M^{en} = \frac{\sum M_b}{\sum X_{en}}$$

4) qaz kondensat yataqlaı sistemində əmək resurslarının səmərəli istifadə göstəriciləri:

a) əmək resursların gəlirlilik əmsalı:

$$Ə_G^{ə.r} = \frac{\sum G_{ü}}{\sum Ə_{hf}}$$

burada: $\sum Ə_{hf}$ – illik əmək haqqı fondudur.

b) əmək resursların mənfəətlilik əmsalı:

$$Ə_M^{ə.r} = \frac{\sum M_b}{\sum Ə_{hf}}$$

5) maliyyə resurslarının səmərəli istifadə göstəriciləri:

a) uzun müddətli kreditin gəlirlilik əmsalı:

$$Ə_G^{u.k} = \frac{\sum G_{ü}}{\sum UK}$$

burada: $\sum UK$ – uzun müddətli kreditin illik məbləğidir.

b) uzun müddətli kreditin mənfəətlilik əmsalı:

$$Ə_G^{u.k} = \frac{\sum G_{ü}}{\sum UK}$$

c) qısa müddətli kreditin gəlirlilik əmsalı:

$$Ə_G^{q.k} = \frac{\sum G_{ü}}{\sum QK}$$

burada: $\sum QK$ – qısa müddətli kreditin illik məbləğidir:

d) qısa müddətli kreditin mənfəətlilik əmsalı:

$$Ə_M^{q.k} = \frac{\sum M_b}{\sum QK}$$

## ƏDƏBİYYAT

1. Cümşüdov S.Q. Xidmət sahələrinin sosial-iqtisadi inkişafının dövlət tənzimlənməsi. Dövlət idarəçiliyi jurnalı. №1(9), Bakı, "Çaşıoğlu", 2005, səh. 96-104.
2. Əhmədov N.Q. Xəzər dənizi Azərbaycan sektoru yataqlarının qaz kondensatlarından dizel mühərrikləri üçün yanacaq kimi istifadə olunması effektivliyinin tədqiqi. Texnika elmləri namizədi alimlik dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın avtoreferatı. Bakı, AzTU, 2003, 30 s.
3. Cümşüdov S.Q. Dövlət idarəçilik sistemində qərarların işlənib hazırlanması prinsipləri. AzTU-nun elmi əsərləri, №3, 2007, səh. 62-64.
4. Cümşüdov S.Q. Azərbaycanda "Elektron hökümətin formalaşmasının metodoloji prinsipləri. Elektron hökumət Azərbaycanda." Beynəlxalq konfransın məruzə materialları. AzTU, Bakı 26-28 aprel, 2010, səh. 157-160
5. Cümşüdov S.Q., Rəhimov C.R. Neft-qaz sənayesi məhsullarının nəqliyyatda istifadəsinin ekolji və iqtisadi səmərəliliyi. Bakı, 2009, 167 s.

**Əhmədov N.Q.**

*Azərbaycan Texniki Universiteti*

**Azərbaycan Respublikasının qaz kondensatı mədəninin resursları və onların səmərəli istifadəsinin planlaşdırılması**

**XÜLASƏ**

Məqalədə Azərbaycan Respublikasının qaz kondensatı mədəninin resursları və onların səmərəli istifadəsinin planlaşdırılması məsələlərinə baxılmışdır.

Həmçinin resurslardan səmərəli istifadə üçün planlaşdırmanın əsas metodoloji prinsiplərini araşdırır.

***Açar sözlər:*** *qaz kondensatı, səmərəlilik, elmilik, iqtisadi səmərəlilik, spesifiklik, optimallıq, ekoloji tarazlıq, sənaye tədbirlərinin birləşməsi, həyata keçirilməsinə nəzarət və yoxlanış.*

**Ахмедов Н.Г.**

**Планирование эффективного использования ресурсов газоконденсатных месторождений Азербайджанской Республики**

**РЕЗЮМЕ**

В статье рассмотрены планирование эффективного использования ресурсов газоконденсатных месторождений. Кроме того рассмотрены сущность основных методологических принципов планирования эффективного использования ресурсов.

***Ключевые слова:*** *газовый конденсат, эффективность, научность, экономичность, конкретность, оптимальность, экологическая сбалансированность, сочетание отраслевых мероприятий, контроль и проверка испольнения.*

**Akhmedov N.G.**

**Planning the efficient use of gas condensate field resources in the Republic of Azerbaijan**

**ABSTRACT**

This article examines planning for the efficient use of gas condensate field resources. It also examines the fundamental methodological principles of planning for efficient resource use.

***Key words:*** *gas condensate, efficiency, scientific nature, cost-effectiveness, specificity, optimality, environmental balance, combination of industry measures, control and verification of implementation.*

*Məqaləyə AzTU-nun "Maşınqayırma texnologiyası" kafedrasının dosenti, i.ü.f.d., C.R. Rəhimov rəy vermişdir.*

# HYDROTECHNICS AND AMENITIES
# HİDROTEXNİKA VƏ MELİORASİYA

**UOT 631.67**

**[1]MUSAYEV Z. S., [1]ZƏRBƏLİYEV M.S., [1]QULİYEVA T.Q., [2]ZƏRBƏLİYEVA Ş.M.,**

*[1]Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti*
*[2]Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin nəzdində İnşaat Kolleci Hüquqi Şəxs*

zakirsamed1946@mail.ru, zarbaliyev.m@mail.ru,
teranee1965@gmail.com, shovqiyye1994@mail.ru.

## SÜNİ İNTELLEKT PRİNSİPLƏRİ ƏSASINDA AZƏRBAYCANDA SU EHTİYATLARININ İDARƏ OLUNMASI

Azərbaycan bərpa olunan enerji mənbələri üzrə yüksək potensiala malik olan dövlətlərdən biridir. Ölkəmizin həm iqtisadi, həm də texniki cəhətdən istifadəsi mümkün olan bərpa olunan enerji mənbələrinin potensialı 27000 Mvt-dır. Bura daxildir: günəş enerjisi-23000 Mvt, külək enerjisi -3000 Mvt, dağ çaylarının potensialı -520 Mvt, bioenerji potensialı -380 Mvt. Bərpa olunan enerji mənbələrinin tətbiq sahələri aşağıdakılardır: kənd təsərrüfatı, meliorasiya, su təchizatı, turizm, sənaye, enerji təchizatı və s.

Azərbaycanın ərazisi arid zonada yerləşdiyinə görə su ehtiyatları məhduddur. Ölkəmizin su ehtiyatları 32,2 milyard $km^3$ təşkil edir. Quraqlıq illərdə isə su ehtiyatları 22.6 milyard $km^3$ qədər azalır. Yeraltı su ehtiyatları 5,3 $km^3$ - dir. Orta illik su çatışmamazlılığı isə 4,6-5,1 milyard $km^3$ arasında dəyişir. Su ehtiyatlarının 70%-ə qədəri ölkəmizdən kənarda formalaşır[13]. Respublikamızın su ehtiyatlarından istifadə olunmasında su obyektlərinin rolu böyükdür. Bura daxildir: su anbarları, su qovşaqları, baş su qəbuledici qurğular, suvarma sistemləri, kollektor-drenaj sistemləri, nasos stansiyaları. Su ehtiyatlarının başqa təbii ehtiyatlara görə özünə məxsus xüsusiyyətləri vardır. Bu xüsusiyyətlərdən biri su ehtiyatı fasiləsiz olaraq bərpa olunur. Günəş enerjisi okean, dəniz və torpaq səthindən suyu buxarlandırır, buxarlanmış su atmosferə qalxır, soyuq qatlarda kondensasiyaya uğrayaraq yağıntı şəklində yer kürəsi səthinə enir. Bu yağıntıların bir hissəsi yerüstü və yeraltı axınları yaradır və yenidən okeanlara, dənizlərə tökülür, bir hissəsi isə təkrar buxarlanırlar. Beləliklə, təbiətdə su dövranı daima təkrar olunur.

Ümumiyyətlə, təbii sərvətləri ilə zəngin olan Azərbaycanda su ehtiyatları məhduddur. Ona görə də, respublikamız su ilə az təminatlı regionlardan sayılır. Qonşu Zaqafqaziya respublikaları ilə müqayisədə Azərbaycan öz yerli su ehtiyatlarına görə axırıncı yerdədir. Əgər Gürgüstanda daxili su ehtiyatları 85%-ə, Ermənistanda 82%-ə bərabərdirsə, respublikamızın ərazisində cəmi 28%-dir. Beləliklə, Azərbaycanın illik su balansının 40%-i Gürcüstanın və 32%-i isə digər respublikanın payına düşür[13].

Mövcud su ehtiyatlarına dair məlumatların analizi nəticəsində demək olar ki, respublikanın su ehtiyatlarının əsas hissəsini Kür, Araz və Samur çayları, hövzələri təşkil edir. Su ehtiyatlarının qalan hissəsi xırda çayların hövzələri, süni və təbii göllər, bulaqlar və yeraltı suların payına düşür. Respublika ərazisində təqribən 47 ədəd suvarma kanalı var. Bunlar içərisində ən böyük kanal uzunluğu 172.4 km, suburaxma qabiliyyəti saniyədə 113 $m^3$ olan və Mingəçevir su anbarından qidalanan Yuxarı Qarabağ suvarma kanalıdır. İkinci yerdə 123.5 km uzunluğu olan Yuxarı Şirvan, üçüncü yerdə isə uzunluğu 110 km olan Samur-Abşeron suvarma kanalı durur. Suvarma kanallarının cəmi uzunluğu 90 min

km.-dən artıq olub 1,3 mln hektar torpaq sahəsinin suvarılmasına imkan verir.

Hazırda ölkə ərazisində 153 su anbarı mövcuddur. Su anbarlarının ümumi su həcmi 21,9 mlrd. m³ təşkil edir. Su anbarlarından yalnız 61 - nin həcmi 1 mln. $m^3$-dən çoxdur. Bunların ən böyükləri Kür çayı üzərindəki Mingəçevir (həcmi 16 milyard kubmetr), Şəmkir (həcmi 2,6 milyard kubmetr), Araz çayı üzərindəki Araz (həcmi 1,3 milyard kubmetr), Tərtər çayı üzərindəki Sərsəng (həcmi 0,5 milyard kubmetr) su anbarlarıdır. Su anbarlarının ümumi sahəsi 87 min hektar, suyunun həcmi isə 22 kubkilometrə yaxındır.

Hələ bu yaxınlara qədər minerallığı *1,0 q/l-ə* qədər olan sular suvarma üçün yararlı hesab olunurdu, lakin antropogen təsirlər nəticəsində su mənbələrində suvarma suyunun keyfiyyəti pisləşməkdə davam edir. Həm də su ehtiyatlarının məhdudluğu üzündən yeni su mənbələrindən (kollektor – drenaj, dəniz, tullantı suları və s.) istifadə olunması variantlarına ehtiyac artmaqdadır. Bununla əlaqədar olaraq son 30-40 ildə başqa ölkələrdə olduğu kimi, bizdə də suvarma suyunun keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması üzərində ardıcıl olaraq elmi-tədqiqat işləri aparılır. Alınmış nəticələr göstərir ki, suvarma suyunda duzların buraxıla bilən miqdarı torpağın mexaniki tərkibindən, onun su-fiziki, fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərindən, bitkilərin duza davamlılığından, ərazinin drenləmə dərəcəsindən və s. şərtlərdən asılıdır.

Suvarma suyunun keyfiyyətinin pisləşməsi ətraf mühitə və ekoloji sistemə öz mənfi təsirini göstərir. Məişət – kommunal, istehsalat, kənd təsərrüfatının tullantı suları vasitəsi ilə su hövzələrinə müxtəlif toksik maddələr atılır və bunun nəticəsində də ekoloji sistemdə struktur dəyişiklikləri yaranır. Suyun keyfiyyəti aqroekoloji sistemin stabilliyin ən vacib göstəricisidir. O, torpağın münbitliyinə, kənd təsərrüfatı bitkilərinin su tələbatına, məhsuldarlığa və onun keyfiyyətinə təsir göstərir. Eyni zamanda suvarma suyunun keyfiyyəti hidromeliorativ sistemlərdə qurğuların materiallarının saxlanılmasına və onların uzun ömürlülüyünə də təsir göstərir. Bu deyilənlərə əsasən, suvarma suyunun keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi üçün ekoloji meyarlardan istifadə olunur.

Ekoloji meyarlar ətraf mühitin öbyektlərinin mühafizəsi nöqteyi-nəzərdən onların çirklənməsinin qarşısının alınması və sanitar-gigiyena təhlükəsizliyinin təmin edilməsi, kənd təsərrüfatı istehsalı sahəsində isə onların yerüstü və yeraltı su mənbələrinə təsirinin qiymətləndirilməsinə xidmət edir.

Müasir dövrdə Azərbaycanın su təsərrüfatında su ehtiyatlarından səmərəli istifadə edilməsi, suvarma sistemlərinin modelləşdirilməsi, avtomatlaşdırılması, su təchizatı sistemlərinin yaxşılaşdırılması istiqamətlərində böyük işlər davamlı surətdə aparılır. Yeni avtomatlaşdırılmış texnologiyaların su təsərrüfatı sistemlərinə tətbiqi, suyun idarə olunması, həm də enerjinin alınması və səmərəli, qənaətlə istifadə edilməsi baxımından yeni mərhələyə keçmişdir. Belə ki, bu texnologiyalardan istifadə etməklə ağıllı idarəetmə, süni intellekt prinsiplərini əldə etmiş oluruq. Bu sahədə görülən işlər aşağıdakı istiqamətlərdən ibarətdir:

**1. Su təchizatında ağıllı idarə etmə sistemləri.** Suyun mənbədən istehlakçıya çatdırılmasında və bu prosesin hər bir sahəsində və mərhələsində işlənməsi, idarə olunmanın yerinə yetirilməsindən ibarətdir. Bura daxildir: SKADA sistemləri, yəni su anbarlarına, suqəbuledici qurğulara və digər qurğulara, paylayıcı şəbəkə və kanallara uzaq məsafədən nəzarət edilməsi, suyun səviyyəsinin təzyiqi və axına görə avtomatik açılması, bağlanması və buna nəzarətin həyata keçirilməsi proseslərinin idarə olunmasıdır. Bu isə müəyyən vaxt ərzində baş verir. Həmin vaxt ərzində məlumatların toplanması, su itkisinin, təzyiq düşməsinin və sızmaların sensorlar vasitəsilə həyata keçirilir. Sensor şəbəkələri su təsərrüfatının hər bir sahəsində, hissəsində məlumatların toplanmasını və mərkəzi serverə ötürülməsini əhatə edir.

**2. Rütübət torpaq sensorları isə kənd təsərrüfatında suvarma cədv**əllərini optimallaşdırmağa imkan verir. Ağıllı sayğaclar (smart maters) istifadəçilərin sudan istifadəsini, su sərfiyyatını real vaxt ərzində ölçür və

eyni zamanda baş verən itkiləri dəqiqləşdirir. Sızma detektorları isə şəbəkədəki nasazlıkları tez bir zamanda aşkar edir və təmiri vaxtında həyata keçirməklə təmir və digər xərcləri azaldır.

Ağıllı günəş suvarma idarəetmə sistemi, torpağın nəmlik səviyyəsinə əsasən abadlıq üçün suyun çatdırılmasını planlaşdırır və avtomatlaşdırır. Buraya suvarma zamanı nasosu işə salan su anbarında avtomatlaşdırılmış su səviyyəsinə nəzarət sistemi daxildir. Günəş suvarma panelləri yüksək səmərəli su təchizatı həllidir. Tədqiqatın məqsədi suvarma sistemlərini avtomatlaşdırmaqdır - bitkilərə suyun çatdırılmasını idarə edən və tənzimləyən sensorlar və proqram təminatı ilə təchiz olunmuş inteqrasiya olunmuş sistemlər. Sensorlar optimal suvarma həcmini müəyyən etmək üçün torpağın nəmliyini, hava şəraitini, yağıntıları və digər amilləri izləyir. Sistemin proqram təminatı daha sonra suyu bitkilərin ehtiyaclarına uyğun olaraq paylayacaq və su ehtiyatlarından səmərəli istifadəni təmin edəcəkdir. Avtomatlaşdırılmış suvarma sistemləri əl ilə suvarma ilə müqayisədə sahənin daha səmərəli və peşəkar suvarılmasına imkan verəcəkdir.

Avtomatlaşdırılmış suvarma sistemləri daha dəqiq və səmərəli su istifadəsini təmin edir. Sistemlər lazım olduqda yalnız lazımi miqdarda su vermək üçün konfiqurasiya edilə bilər. Bu, həddindən artıq suvarmanın qarşısını almağa və buxarlanma və ya axıntı yolu ilə su itkisinin qarşısını almağa kömək edir. Bu,böyük torpaq sahələrinin, parkların və təbiət qoruqlarının abadlaşdırılması zamanı su istehlakını əhəmiyyətli dərəcədə azalda bilər. Avtomatik suvarma sistemləri həmçinin bütün yaşıl sahə üzrə daha vahid su paylanmasını təmin edir. Bu, xüsusilə əl ilə suvarmanın qeyri-bərabər ola biləcəyi və quru sahələrə və ya həddindən artıq suvarmaya səbəb ola biləcəyi böyük ərazilərdə vacibdir. Bərabər su paylanması bitkilərin sağlam böyüməsini təşviq edəcək və onların canlılığını qoruyacaqdır. Tədqiqat ümumi qəbul edilmiş suvarma metodlarından istifadə edilərək aparılacaqdır.

Suvarma üçün su sərfiyyatına təsir edən parametrlər:

1. Bitki su tələbatı (aşağı, orta və yüksək). Nəzərə almaq lazımdır ki, müəyyən bir bölgəyə məxsus olmayan bitkilərin su istehlakı yüksək və ya orta səviyyədə olacaq, yerli və ya uyğunlaşdırılmış bitkilərin su tələbatı isə daha proqnozlaşdırıla biləndir.

2. Əkin sıxlığı. Sahədəki bitkilərin sayı da su istehlakına təsir göstərir. Əkin sıxlığının üç səviyyəsi var:
- Aşağı sıxlıq: bitkilər seyrək əkilir;
- Orta sıxlıq: bitkilər bütün sahəni əhatə edir, lakin əsasən bir növ bitki örtüyü istifadə olunur;
- Yüksək sıxlıq: bütün sahəni tamamilə əhatə edən müxtəlif növ bitkilərin (ağaclar, çiçəklər, kollar) istifadəsini nəzərdə tutur.

**3. Mikroiqlim növü:**

Sahədə bitkilərin böyüməsi və inkişafı üçün şəraiti nəzərə alır.
- Sığınacaqlı: binanın şimal tərəfindəki sahə kimi günəş işığından kölgələnən, külək və istidən qorunan sahə;
- Açıq: sahə park və ya idman meydançası kimi açıq, düz ərazidə yerləşir;
- Yüksək təsir: ərazi güclü istiyə və ya küləyə məruz qalır, məsələn, binanın cənub tərəfində və ya yüksək dərəcədə əks etdirən səthin yaxınlığında.

**4. Suvarma Sisteminin Növü:**
- Çiləyici sistemlər: su çiləyicilər-çiləyicilərdən istifadə edərək geniş əraziyə paylanır;
- Damcı suvarma: su sərfiyyatını azaltmaq üçün su aşağı təzyiq altında birbaşa bitkinin kök sisteminə çatdırılır. Sistemin dizaynı həm qazonlar, həm də yaşıl sahələr üçün ən optimal və dəqiq suvarma həcmini təmin edir. Çünki hər bitkinin öz suvarma dərəcəsi tələb olunur. Bundan əlavə, avtomatlaşdırılmış suvarma küləyin sürətini, ətraf mühitin temperaturunu və yağıntını davamlı olaraq izləmək üçün xüsusi sensorlardan istifadə edir. Nəzarətçinin mikroprosessoru bütün bu məlumatları emal edir və suvarma dərəcəsini daha da tənzimləyir.

Suyun keyfiyyətinin monitorinq sistemlərinə çirklənmə səviyyələri, temperatur, pH və oksigen miqdarı da daxil olmaqla müxtəlif su parametrlərini ölçən sensorlar daxildir. Top-

lanan məlumatlar təhlil edilir və suyun keyfiyyətini qiymətləndirmək, çirklənmə və ya oksigen tükənməsi ilə bağlı potensial problemləri müəyyən etmək və su ekosistemlərinin qorunması və bərpası üçün tədbirlər hazırlamaq üçün istifadə olunur. Landşaft dizaynı effektiv suvarma sistemləri vasitəsilə suyun səmərəliliyinə töhfə verə bilər: damcı suvarma, torpaq nəm sensoru ilə suvarma kimi şəhər suvarma sistemləri və toplanan yağış suyu kimi alternativ mənbələrdən istifadə su istehlakını əhəmiyyətli dərəcədə azalda bilər. Bu davamlı yanaşma su ehtiyatlarının qorunmasına kömək edir.

Bu sahədə elmi-tədqiqat institutlarımız müxtəlif təbii və iqtisadi şəraitə uyğun suvarma texnikaları və texnologiyalarını tətbiq etmək, eləcə də yeni suvarma rejimləri və dərəcələri hazırlamaq sahəsində geniş elmi və praktik təcrübəyə malikdir. Tədqiqatın icra planı aşağıdakılardan ibarətdir:

- Şəhər yaşıllaşdırmasının və texniki xidmətinin monitorinqi, avtomatik suvarma sistemlərinin layihələndirilməsi və quraşdırılması və bütün növ qazonların (hidroəkin də daxil olmaqla) quraşdırılması ;
- Müxtəlif landşaftlarda əkin və abadlıq üçün bitki növlərinin seçilməsi; abadlıq üçün az su tələb edən yerli və ya adaptiv bitki növlərinin müəyyən edilməsi; eyni miqdarda su tələb edən bitkilər üçün zonaların yaradılması üçün tədbirlərin hazırlanması;
- Suvarma üçün su istehlakını idarə etmək üçün avtomatlaşdırılmış damcı suvarma sisteminin (torpaqda nəm sensorlarından istifadə etməklə) hazırlanması - Sosial-iqtisadi təsirlərə aşağıdakılar daxildir:
- Şəhərdə ətraf mühit şəraitinin yaxşılaşdırılması;
- Şəhərlərin yaşıllaşdırılması məqsədilə suvarma sistemini avtomatlaşdırmaq üçün günəş texnologiyalarından istifadə enerji xərclərini və karbon emissiyalarını azaltmağa kömək edir və enerji qiymətlərindəki dalğalanmalara qarşı dayanıqlığı artırır;
- Suvarma üçün su istehlakını gündə ən azı 4 litr kvadrat metrə endirmək (yağış suyu suvarma üçün su istehlakının hesablanmasına daxil deyil).

Görülən işlər əsasında aşağıdakı nəticələr gözlənilir:

- dəqiq və səmərəli su istifadəsini təmin edəcək;
- sistemlər yalnız tələb olunan miqdarda və yalnız lazım olduqda təmin ediləcək şəkildə konfiqurasiya ediləcək. Bu, həddindən artıq suvarmanın qarşısını almağa və buxarlanma və ya axıntı yolu ilə su itkisinin qarşısını almağa kömək edəcək. Nəticədə, park abadlaşdırması zamanı su istehlakı əhəmiyyətli dərəcədə azaldılacaq;
- suyun vahid paylanması bitkilərin sağlam böyüməsini təşviq edəcək və onların canlılığını qoruyacaq;
- günəş enerjisinin inteqrasiyası onun muxtariyyətini artıracaq və xərcləri azaldacaq;
- günəş panellərindən istifadənin üstünlükləri arasında yanacaq və ya elektrik enerjisi almağı tələb etmədiyi üçün aşağı əməliyyat xərcləri və ətraf mühitə təsirin azalması baş verəcəkdir.

Su istehlakının azaldılması resursların qorunmasına töhfə verir və yaşıl sahələr müəyyən nəticələr əldə etməklə ətraf mühit şəraitinin yaxşılaşdırılmasına kömək edir.

Su ehtiyatlarının daha dəqiq idarə etmək üşün süni intellekt əsasında qurulmuş modellərə görə toplanan böyük məlumatları analiz edərək nail olmaq olar. Məhz belə möhtəşəm sistemlərdən birisi də Azərbaycanın ərazisində yerləşən Türyançay üzərində qurulmuşdur.

Türyançayın uzunluğu 180 kilometr, suyığıcı hövzəsinin sahəsi 4850 km$^2$-dir. Çay başlanğıcını Böyük Qafqaz dağlarının cənub hissəsindən 3690 m hündürlükdən götürür və süni kanallar vasitəsilə Kür çayına tökülür. Türyançay Azərbaycanın Qəbələ, Ağaş, Ucar və Zərdab rayonlarının ərazisindən keçir. Əsasən suvarma üçün istifadə olunur. Onun başlıca qolları - soldan Tikanlı (uzunluğu-57 km), Bum (uzunluğu -52 km.), sağdan isə Nəzər (uzunluğu-35 km), Qala (uzunluğu -42 km) çaylarıdır. Daşqın dövründə illik axımın 50-60 faizi keçir. Çayda ən az sərf yanvar ayında müşahidə olmuşdur. Çayın orta illik sərfi 15.8 m$^3$/san-dir. İlik axınının həcmi isə 565 milyon kubmetrdir. Asılı gətirmələrin

illik həcminə görə Türyançay Böyük Qafqaz çayları sırasında müstəsnalıq təşkil edir. Belə ki, asılı gətirmələrin orta çoxillik sərfi 48-50 kq/san və orta hesabla Şirvan düzünün bir ildə 2 milyon tona qədər lil aparır. Türyançay respublikanın ən bulanıq çaylarından biridir. Ağdaş rayonunun əhalisini içməli su ilə təmin edir (şəkil 1).

*Şəkil 1 . Türyançay kanalı, mexaniki qapılar*

Türyançayın Ağdaş və Ucar rayonu ərazisində suvarma məqsədi üçün tikilən sağ və sol sahili kanalları 1956-cı ildən istismara verilmişdir. Türyançay kanalının sağ sahil kanalının uzunluğu 27.1 km, su buraxma qabiliyyəti 10 $m^3$/san-dir. Bu kanalların üzərində yeni idarəetmə sistemi ilə avtomatlaşdırılmış 152 ədəd şlüzlər, qapılar və motorlar istismar olunur (şəkil 2, 3). Enerji təchizatı bərpa olunan enerji mənbəyidir. Ağdaş su kanalının üzərində qapıların, siyirtmələrin günəş enerjisi hesabına SCADA sistemlərini tətbiq etməklə idarə olunması həyata keçirilmişdir.

*Şəkil 2. Günəş enerjisi hesabına kanal qapılarının idarə olunması(SCADA tətbiqi)*

*Şəkil 3. Günəş enerjisi ilə çalışan avtomatlaşdırılmış idarə etmə sistemləri*

Türyançay kanalı üzərindəki avtomatlaşdırılmış idarə etmə sistemləri aşağıdakı işlərin ardıcıllıqla həyata keçirilməsinə şərait yaradır:

- Ultrasonik su səviyyəsinin ölçülməsi;
- İstehlakın hesablanması və idarə edilməsi üçün inteqrasiya olunmuş proqram təminatı;
- Günəş enerjisi ilə işləyən batareya sistemi və ya 120-240VAC;
- Hazır SCADA rabitə sistemi;
- Güclü yüksək iş dövrü əməliyyatı;
- Su səviyyəsinə daha yaxşı nəzarət etmək üçün üst-üstə düşən dizayn;
- Su infrastukturunun yaxşılaşdırılması, mexaniki suvarmaya son qoyulması, su itkilərinin azaldılması və xüsusilə müasir ağıllı idarəetmə sistemlərini tətbiq etməklə su istehlakını tənzimləmək qarşıda duran tapşırıqlardır. Burada isə diqqət yetiriləsi məsələlər aşağıdakılardır:
- Suvarma infrastrukturunun təkmilləşdirilməsi;
- Səmərəli suvarma üsullarının və texnologiyalarının tətbiqi;
- Ağıllı suvarma sistemlənin tətbiqi, SCADA idarəetmənin həyata keçirilməsi;
- Bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə etməklə su təchizatı

Son illərdə süni intellekt (Sİ) texnologiyaları çirkab sularının təmizlənməsi də daxil olmaqla, geniş sektorlarda geniş yayılmışdır. Qlobal əhali artımı, sənaye inkişafı və iqlim dəyişikliyi su təmizləyici sistemlər üçün əlavə çətinliklər yaradır və innovativ həllər tələb edir. Sİ təmizləmə proseslərini optimallaşdırmağa, xərcləri azaltmağa və ətraf mühitə təsirini minimuma endirməyə kömək edir. Süni intellekt tarixi məlumatlara və iqlim şəraitinə əsaslanaraq suyun tərkibindəki dəyişiklikləri proqnozlaşdıra bilir. Bu, suyun keyfiyyətində mövsümi dəyişikliklər üçün xüsusilə vacibdir. Süni intellekt təmizləyici qurğuların avtomatlaşdırılmasında həlledici rol oynayır, əl ilə idarəetmə ehtiyacını azaldır və proseslərin etibarlılığını artırır. Müasir süni intellekt sistemləri reagentlərin dozasını avtomatik tənzimləmək, filtrasiya parametrlərini dəyişmək və nasosların işinə nəzarət etmək, enerji xərclərini minimuma endirmək qabiliyyətinə ma-

likdir. Maşın öyrənməsi mümkün nasazlıqları proqnozlaşdıraraq nasosların və filtrlərin işləməsi ilə bağlı məlumatları təhlil edir. Bu, problemlər yaranmazdan əvvəl profilaktik təmirin aparılmasına kömək edir, bu da əməliyyat xərclərini azaldır.

**İstifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı**:

1. Миргиёсов, М.И., Насимов, Х.А. Инновационные подходы в очистке воды: роль искусственного интеллекта и современных технологий //Молодой ученый. – 2024. – № 47 (546). – С. 323-325.
2. Барский, А. Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений // Финансы и статистика, 2004.
3. Рутковская, Д., Пилиньский, М., Рутковский, Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы // Горячая Линия - Телеком, 2006.
4. Каллан, Р. Основные концепции нейронных сетей // Информатика и вычислительная техника, 2003.
5. Джонс, М.Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях //ДМК пресс, 2006.
6. Вопросы применения технологий предиктивной аналитики состояния оборудования на промышленных предприятиях. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. –2021. –№9 (351). –URL: https://moluch.ru/archive/351/118369/
7. Q.K. Gül, Kənd təsərrüfatının yeni inkişaf mərhələsində Azərbaycan SSR-də su ehtiyatlarından istifadə yolları, Bakı, 1955, 64 səh.
8. B.A. Məmmədov Göllərin morfometriyası və su balansı, Bakı, "Elm", 1998, 178 səh.
9. Рустамов С.Г., Джафаров Б.С., Гаджибеков Н.Г. Водный баланс бассейнов рек Малого Кавказа, Баку, Издательство «ЭЛМ», 1969, 209 с.
10. Azərbaycan Respublikası Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyinin rəsmi elektron səhifəsi. https://eco.gov.az/az/nazirlik/xeber?newsID=11676 "Təbii sərvətlərimiz" bölməsi, 2020. "Moderator.az" MMC. https://moderator.az/az/arasdirma /370475/xalqimiz-kelbecerin-qizil-baliqciliq - potensia - lindan-da-gereyince-behrelenmelidir/2021
11. Azərbaycan Respublikası Prezidentinin İşlər İdarəsinin Prezident Kitabxanasının rəsmi elektron səhifəsi. https://files.preslib. az/project s/eco/az/eco_m23.pdf
12. Z.S. Musayev, M.Y. Əsədov, K.M. Məmmədov, M.S.Zərbəliyev. Su ehtiyatlatları kompleks istifadəsi, inteqrasiyalı idarə edilməsi və mühafizəsi. Bakı, AzMİU, 2019, 356 səh.

## XÜLASƏ

Azərbaycan "Yaşıl enerji və bərpa olunan enerji mənbələri" üzrə yüksək potensiala malik olan dövlətlərdən biridir.Ölkəmizin həm iqtisadi, həm də texniki cəhətdən istifadəsi mümkün olan bərpa olunan enerji mənbələrinin potensialı 27000 Mvt-dır. Azəbaycanın ərazisi arid zonada yerləşdiyinə görə su ehtiyatları məhduddur. Ölkəmizin su ehtiyatları 32,2 milyard $km^3$ edir. Ümumiyyətlə, təbii sərvətləri ilə zəngin olan Azərbaycanda su ehtiyatları məhduddur. Ona görə də, respublikamız su ilə az təminatlı regionlardan sayılır.

Ölkəmizdə ərazisində 153 su anbarı mövcuddur. Su anbarlarının ümumi su həcmi 21,9 mlrd. $m^3$ təşkil edir. Bunların ən böyükləri Kür çayı üzərindəki Mingəçevir (həcmi 16 milyard $m^3$), Şəmkir (həcmi 2,6 milyard $m^3$), Araz çayı üzərindəki Araz (həcmi 1,3 milyard $m^3$), Tərtər çayı üzərindəki Sərsəng (həcmi 0,5 milyard $m^3$) su anbarlarıdır. Su anbarlarının ümumi sahəsi 87 min hektar, suyunun həcmi isə 22 $km^3$ yaxındır.

Azərbaycanın su təsərrüfatında hal-hazırda su ehtiyatlarından səmərəli istifadə edilməsi, suvarma sistemlərinin modelləşdirilməsi, avtomatlaşdırılması, su təchizatı sistemlərinin yaxşılaşdırılması istiqamətlərində böyük işlər davamlı surətdə aparılır. Su ehtiyatlarının daha dəqiq idarə etmək üşün süni intellekt əsasında qurulmuş modellərə görə toplanan böyük məlumatları analiz edərək nail olmaq olar. Məhz belə möhtəşəm sistemlərdən biri si də Azərbaycanın ərazisində yerləşən Türyançay üzərində qurulmuşdur. Türyançay kanalının sağ sahil kanalının uzunluğu 27.1 km,su buraxma qabiliyyəti 10 $m^3$/san-dir. Bu kanalların üzərində yeni idarəetmə sistemi ilə avtomatlaşdırılmış 152 ədəd şlüzlər, qapılar və motorlar istismar olu -

nur. Enerji təchizatı bərpa olunan enerji mənbəyidir. Ağdaş su kanalının üzərində qapıların, siyirtmələrin günəş enerjisi hesabına SKADA sistemlərini tətbiq etməklə idarə olunması həyata keçirilmişdir.

Son illərdə süni intellekt (Sİ) texnologiyaları çirkab sularının təmizlənməsi də daxil olmaqla, geniş sektorlarda geniş yayılmışdır. Qlobal əhali artımı, sənaye inkişafı və iqlim dəyişikliyi su təmizləyici sistemlər üçün əlavə çətinliklər yaradır və innovativ həllər tələb edir. Sİ təmizləmə proseslərini optimallaşdırmağa, xərcləri azaltmağa və ətraf mühitə təsirini minimuma endirməyə kömək edir. Süni intellekt tarixi məlumatlara və iqlim şəraitinə əsaslanaraq suyun tərkibindəki dəyişiklikləri proqnozlaşdıra bilir. Bu, suyun keyfiyyətində mövsümi dəyişikliklər üçün xüsusilə vacibdir. Süni intellekt təmizləyici qurğuların avtomatlaşdırılmasında həlledici rol oynayır, əl ilə idarəetmə ehtiyacını azaldır və proseslərin etibarlılığını artırır. Müasir süni intellekt sistemləri reagentlərin dozasını avtomatik tənzimləmək, filtrasiya parametrlərini dəyişmək və nasosların işinə nəzarət etmək, enerji xərclərini minimuma endirmək qabiliyyətinə malikdir.

***Açar sözlər:*** *süni intellekt, su ehtiyatları, yaşıl enerji, günəş enerjisi, külək enerjisi, suvarma kanalları, su anbarları, suvarma sistemləri, avtomatlaşdırma.*

## Water resources management in Azerbaijan based on artificial intelligence principles

## SUMMARY

Azerbaijan is one of the countries with high potential in "Green energy and renewable energy sources". The potential of renewable energy sources that can be used both economically and technically is 27,000 MW. Since the territory of Azerbaijan is located in an arid zone, water resources are limited. Our country's water resources are 32.2 billion km$^3$. In general, water resources are limited in Azerbaijan, which is rich in natural resources. Therefore, our republic is considered one of the regions with low water supply.

There are 153 reservoirs in our country. The total water volume of the reservoirs is 21.9 billion m³. The largest of them are the Mingachevir reservoirs on the Kura River (volume 16 billion m$^3$), Shamkir (volume 2.6 billion m$^3$), Araz on the Araz River (volume 1.3 billion m$^3$), and Sarsang on the Tartar River (volume 0.5 billion m$^3$). The total area of the reservoirs is 87 thousand hectares, and the volume of water is about 22 km$^3$.

Currently, great work is being carried out in the water sector of Azerbaijan in the direction of efficient use of water resources, modeling and automation of irrigation systems, and improvement of water supply systems. More accurate management of water resources can be achieved by analyzing large data collected according to models based on artificial intelligence. One of such magnificent systems is built on the Turyanchay River located in Azerbaijan. The length of the right bank channel of the Turyanchay Canal is 27.1 km, and the water discharge capacity is 10 m$^3$/sec. 152 locks, gates and motors automated with a new control system are operated on these channels. Energy supply is a renewable energy source. The gates and valves on the Agdash Water Canal have been controlled using solar energy using SCADA systems. In recent years, artificial intelligence (AI) technologies have become widespread in a wide range of sectors, including wastewater treatment. Global population growth, industrial development and climate change create additional challenges for water treatment systems and require innovative solutions. AI helps to optimize treatment processes, reduce costs and minimize environmental impact. Artificial intelligence can predict changes in water composition based on historical data and climate conditions. This is especially important for seasonal changes in water quality. Artificial intelligence plays a crucial role in the automation of treatment plants, reducing the need for manual control and increasing the reliability of processes. Modern artificial intelligence systems are able to automatically adjust the dosage of reagents, change filtration parameters and control the operation of pumps, minimizing energy costs.

***Keywords:*** *artificial intelligence, water*

*resources, green energy, solar energy, wind energy, irrigation canals, reservoirs, irrigation systems, automation.*

**Правление водными ресурсами в Азербайджане на снове принципов искусственного интеллекта**

**РЕЗЮМЕ**

Азербайджан входит в число стран с высоким потенциалом в области «зелёной энергетики и возобновляемых источников энергии». Потенциал возобновляемых источников энергии, который может быть использован как экономически, так и технически, составляет 27 000 МВт. Поскольку территория Азербайджана расположена в засушливой зоне, водные ресурсы ограничены. Водные ресурсы нашей страны составляют 32,2 млрд. км³. В целом, водные ресурсы Азербайджана, богатого природными ресурсами, ограничены. Поэтому наша республика считается одним из регионов с низким уровнем водообеспеченности.

В нашей стране имеется 153 водохранилища. Общий объём воды водохранилищ составляет 21,9 млрд. м³. Наиболее крупными из них являются Мингячевирское водохранилище на реке Кура (объём 16 млрд. м³), Шамкирское (объём 2,6 млрд. м³), Аразское на реке Араз (объём 1,3 млрд. м³) и Сарсангское на реке Тертер (объём 0,5 млрд. м³). Общая площадь водохранилищ составляет 87 тыс. га, а объем воды - около 22 км$^3$.

В настоящее время в водном секторе Азербайджана проводится большая работа по эффективному использованию водных ресурсов, моделированию и автоматизации ирригационных систем, а также совершенствованию систем водоснабжения. Более точное управление водными ресурсами может быть достигнуто путем анализа больших объемов данных, собранных с помощью моделей на основе искусственного интеллекта. Одна из таких великолепных систем построена на реке Турьянчай, расположенной в Азербайджане. Протяженность правобережного русла Турьянчайского канала составляет 27,1 км, а пропускная способность – 10 м$^3$/сек. На этих каналах работают 152 шлюза, затвора и привода, автоматизированные новой системой управления. Энергоснабжение осуществляется за счет возобновляемых источников энергии. Затворы и клапаны Агдашского водоканала управляются с помощью солнечной энергии с использованием SCADA-систем. В последние годы технологии искусственного интеллекта (ИИ) получили широкое распространение в широком спектре отраслей, включая очистку сточных вод. Рост населения планеты, развитие промышленности и изменение климата создают дополнительные проблемы для систем очистки воды и требуют инновационных решений. ИИ помогает оптимизировать процессы очистки, снизить затраты и минимизировать воздействие на окружающую среду. Искусственный интеллект способен прогнозировать изменения состава воды на основе исторических данных и климатических условий. Это особенно важно при сезонных изменениях качества воды. Искусственный интеллект играет важнейшую роль в автоматизации очистных сооружений, снижая необходимость ручного управления и повышая надежность процессов. Современные системы искусственного интеллекта способны автоматически корректировать дозировку реагентов, изменять параметры фильтрации и управлять работой насосов, минимизируя энергозатраты.

***Ключевые слова:*** *искусственный интеллект, водные ресурсы, зеленая энергетика, солнечная энергия, ветровая энергия, оросительные каналы, водохранилища, оросительные системы, автоматизация.*

*Məqaləyə*
*Qazazxstan Respublikasının Dədə Korkut adına Qızıl Orda Universitetinin dosenti, t.ü.f.d. Ş.M.Umbetova rəy vermişdir.*

**UOT 627.41.1**

**HƏSƏNOV E.E., BABAYEV M.R.**

*Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti.*

# HİDROTEXNİKİ VƏ YOL TİKİNTİSİNDƏ TƏTBİQ EDİLƏN QABİON TİPLİ İSTİNAD DİVARLARININ DAYANIQLIĞA HESABLANMASI

**Giriş.** İstinad divarları unikal tikinti konstruksiyasıdır və bu tip konstruksiyalar mülki, sənaye, yol, hidrotexniki tikintidə geniş tətbiq edilir. Hidrotexniki və yol tikintisində yamacların sürüşməyə qarşı dayanıqlıq baxımından bir neçə mühəndisi konstruksiyalar tədbiq edilir ki, bunlardan müxtəlif konstruksiyalı istinad divarlarını və svayları qeyd etdirmək olar [1, 5].

İstinad divarları müxtəlif konstruksiyalı və ölçülü olmaqala yanaşı yamacların dayanıqlığında bir çox mühəndisi məsələlərin həllinə imkan yaradır. Bu səbəbdən istinad diarları həm konstruktiv həm də materialların müxtəlifliyi baxımından fərqli ola bilirlər.

Müasir zamanda keyfiyyətli konstruksiyaların inşaası və onların uzun müddətli istismarı tikinti sektorunda çalışan və bu sahənin aparıcı mütəxəssislərinin diqqət mərkəzindədir. İstinad divarları ciddi mühəndisi konstruksiya olduğundan onların dayanıqlığıa hesablanması mexanikanın qanunları ilə və riyazı hesabatlarla təsbit olunmalıdır.

**Material və metodlar.** Tədqiqat predmeti kimi Bakı-Şamaxı avtomobil yolunun Ceyrankeçmər ərazisinin geoloji-kəşfiyat məlumatları və mühəndis geologların apardıqları tədqiqatlar əsas götürülmüşdür. Burada yol kənarında yerləşən yamaclarda qruntların fiziki və mexaniki xasissələri götürülmüş və hər kəsiyə uyğun olaraq qrunt suyunun səviyyəsi müəyyən olunmuşdur. Hesabatların aparılmasının sadələşdirilməsi üçün qruntları eynicinsli kimi qəbul edərək onun hesabi sıxlığını $\rho_{qr} = 17.5 kN/m^3$ kimi qəbul etmişik [2].

Əldə olunmuş materiallar və normativ sənədlər əsasında yamacların qaboin tipli istinad divarları konstruksiyası ilə bərkidilməsinin dayanıqlığa hesabatı aparılmışdır. Qeyd etmək lazımdır ki, qruntla qabion arasında sürtünmə əmsalı $f=0,5$ qəbul edilib. Qabion metal torlu əhatələnmiş həcmi bloka doldurulmuş müxtəlif ölçülü daşlardan qurulmuşdur.Həmin daşların həcm çəkisi $\gamma = 17.8 \frac{kN}{m^3}$ kimi qəbul edilir. Əks tökmə qruntun və ya təbii yamacı təşkil edən qruntun həcm çəkisini tapmaq üçün aşağıdakı ifadədən istifadə edirik:

$$\gamma_{qr} = \rho_{qr} \gamma_{lc} \gamma_f \qquad (1)$$

Burada, $\gamma_{lc}$ −yükləri nəzərə alan əmsaldır; $\gamma_f$- tökmə qruntlar üçün yüklərin etibarlıq əmsalıdır, 1.15 kimi qəbul edirik.

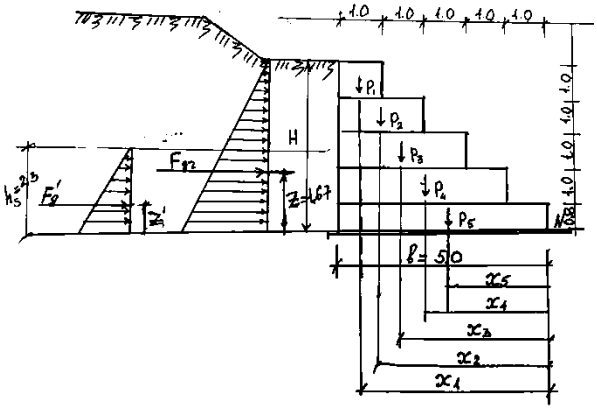
Hesabat sxemi şəkil 2-də verilmişdir.

*Şəkil. 1.Qabionla inşa olunmuş avtomobil yolunun görünüşü.*

Yamacların dayanıqlıq məsələlərində qrunt mühitinin fiziki parametrləri ilə yanaşı qrunt suyunu səviyyəsi nəzərə alınmalıdır. Yamacların dayanıqlığında qrunt suyunun səviyyəsini nəzərə alınması məsələnin həllini daha real şaraitə uyğun olduğunu təsbit edir. Bu səbəbdən qrunt suyunuda yarana hidrostatik təzyiqi aşağıdakı ifadə ilə tapmaq olar:

$$F_g' = \rho g h_g \quad (2)$$

burada, $\rho$ – yamac qruntunun sıxlığıdır *(kN/m³);* $g$- sərbəst düşmə təcili (m/s²); $h_g$ - Qabionun dabanından qrunt suyun sərbəst səthinə qədər olan hündürlük.



*Şəkil 2. Qabion tipli istinad divarının dayanıqlığa hesabat sxemi.*

**Məsələ həlli və nəticə.** İstinad divarın dayanaıqlıq məsələlinin həllində ilkin olaraq konstruksiyanın sürüşməyə və aşmaya dayanıqlıq şərtlərinə cavab verməsi yoxlanılmalıdır. Bunun üçün konstruksiyaya təsir edən qüvvələrin aşma nöqtəsinə nəzərən momentləri hesablanmalı və normativ qiymətləri ilə müqaisə olunmalıdır. Qabion tipli istinad divarlarına təsir edən yük və qüvvələri müəyyən edək [3].

1. Yataq qruntlarına qabionun ağırlığından yarana təzyiqi təyin etmək üçün aşağıdakı ifadədən istifadə edəcəyik.

$$G_i = l_i h \gamma_i \gamma_f \quad (3)$$

Burada $l_i -$ qabionun hər qatının daban uzunluğu (m); $h -$qabionun hər hissəsinin hündürlüyü (m); $\gamma_i -$har blokun həcm çəkisi (kN/m³): $\gamma_f$- tökmə qruntlar üçün yüklərin etibarlıq əmsalıdır.

2. Qabiona qrunt suyundan yaranan hidrostatik təzyiq qüvvəsi.

$$F_q' = \rho g h_q^2 b; \quad (4)$$

Burada, $\rho -$ suyun sıxlığı (kq/m³); $g$ – sərbəst düşmə təcili (m/s²); $h_q$ – qrunt suyunun dabandan sərbədt səthə qədər olasn hündürlülük (m); $b$- divara təzyiqin təsin eni, (m)

3. Əks tökmə və təbii qrunt yatğının istinad divarına təsir edən reaktiv qüvvəni aşağıdakı kimi təyin etmək olar:

$$F_{gr} = \frac{1}{2}\gamma_{qr} H t g^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (5)$$

Burada, $H$-qrunt təbəqəsinin hündürlüyü, (m); $\varphi$- qruntun təbii yamac ducağı.

İstinad divarının dayanılıq məsələsinin həllə ədədi üsulla aparılması və nəticələrin normativ qiymətlərlə müqaisə olunması işin əsas mahiyəti kimi qiymətləndirilir. Bunun üçün şəkil 2-də verilən sxemə əsasən hisabatlarımı apararaq çevirici və sürüşdürücü momentləri tapmaqla müqaisəni aparmalıyıq.
İlkin olaraq, yataq qruntlarına qabionun ağırlığından yaranan təzyiqi təyin edək:

$$G_1 = l_1 h \gamma_1 \gamma_f = 1 \cdot 1 \cdot 17.8 \cdot 1 \cdot 1.15 = 20.47 kN$$
$$G_2 = l_2 h \gamma_2 \gamma_f = 2 \cdot 1 \cdot 17.8 \cdot 1 \cdot 1.15 = 40.94 kN$$
$$G_3 = l_3 h \gamma_3 \gamma_f = 3 \cdot 1 \cdot 17.8 \cdot 1 \cdot 1.15 = 61.41 kN$$
$$G_4 = l_4 h \gamma_4 \gamma_f = 4 \cdot 1 \cdot 17.8 \cdot 1 \cdot 1.15 = 81.88 kN$$
$$G_5 = l_5 h \gamma_5 \gamma_f = 5 \cdot 0.85 \cdot 17.8 \cdot 1 \cdot 1.15 = 86.99 kN$$

Bünövrə əsasının 1 p.m düşən hesabi gərginliyi hesablayaq:

$$\sigma = \frac{\sum G_i}{bl} = \frac{G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5}{1 \cdot 5} =$$
$$= \frac{20.47 + 40.94 + 61.41 + 81.88 + 86.99}{1 \cdot 5} =$$
$$= 48.65 kN / m^2$$

Burada $l$ –qabionun aşağı hissəsinin uzunluğu *l=5.0 m*

Alınmış nəticəni müqaisə etdək:

$$\sigma = 48.65 \frac{kN}{m^2} = 0.04865 MPa < \sigma_{gr} = 7.8 MPa$$

Göründüyü kimi qabionun ağırlığından əsasın qruntunun sıxılma şərti tam ödənilir. Sonrakı hesablamalarda $A$ nöqtəsinə görə saxlayıcı və çevirici momentlərini hesablamaq tələb olunur.

Saxlayıcı momenti tapaq:

$$M_{sax} = \sum G_1 x_i = G_1 x_1 + G_2 x_2 +$$
$$+G_3 x_3 + G_4 x_4 + + G_5 x_5 = 20.47 \cdot 4.5 +$$
$$+40.94 \cdot 4.0 + 61.41 \cdot 3.5 + 81.88 \cdot 3.0 +$$
$$+86.99 \cdot 2.5 = 1178.91 KNm$$
$$M_{sax} = 1178.91 kNm$$

Çevirici momenti tapaq:

$$M_{çev} = F_{gr} z + F_q z'$$

Burada $z=1/3H=1.67m$, $z' = \frac{1}{3h_s} = 0.76m$

$$M_{çev} = F_{gr} z + F_q z' =$$
$$= \frac{1}{2} \gamma_{qr} H tg^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) z + \rho g h_q^2 b z' =$$
$$= 58.49 + 0.49 = 58.98 kNm$$
$$M_{çev} = 58.98 kNm$$

O zaman, müqaisə etdikdə deyə bilərik ki, istinad divarı çevrilməyə dayanıqlıdır.

$$M_{sax} = 1178.91 kNm > M_{çev} = 58.98 kNm$$

4. Qrunt mühitilə təmasda olan qabionun aşağı hissəsinin qrunta təsir edən kənar təsirini hesablayaq.

Bunun üçün aşağıdakı ifadələrdən istifadə edirik:

$$\sigma_A = \frac{\sum G_i}{A_f} + \frac{\sum M_A}{W_f};\ \sigma_B = \frac{\sum G_i}{A_f} - \frac{\sum M_A}{W_f}.$$

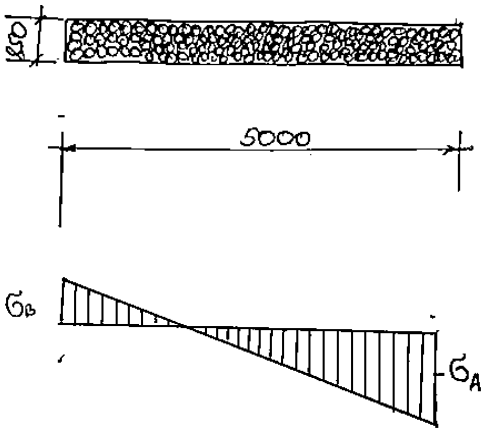
Burada, $\sigma_A$ −A nöqtəsində qrunta təsir edən kənar təzyiqin maksimal qiymətidir, (kN/sm$^2$); $\sigma_B$ −B nöqtəsində qrunta təsir edən kənar təzyiqin maksimal qiymətidir, (kN/sm$^2$); $A_f$ − özül konstruksiyasının daban hissəsinin sahəsi, (sm$^2$); $W_f$ −statiki moment, (sm$^3$).

$$A_f = \ell b = 5 \cdot 1 = 5 m^2$$
$$W_f = \frac{bl^2}{6} = \frac{1 \cdot 5^2}{6} = 4.16 m^3$$
$$\sum G_i = 291.65 kN$$
$$\sum M_A = M_{sax} = 1178.91 kNm$$

Verilənləri yerinə yazsaq alarıq:

$$\sigma_A = \frac{\sum G_i}{A_f} + \frac{\sum M_A}{W_f} \frac{291.65}{50000} + \frac{117891}{6 \cdot 10^6} =$$
$$= 0.005833 + 0.019664 = 0.025497$$
$$\sigma_B = \frac{\sum G_i}{A_f} + \frac{\sum M_A}{W_f} \frac{291.65}{50000} - \frac{117891}{6 \cdot 10^6} =$$
$$= 0.005833 - 0.01966 = -0.013831$$

Bu qiymətlərə uyğun gərginlik epürunu quraq.




*Şəkil 3. İstinad divarının dabanına qruntun əks təsir epürunu.*

Qabionların qurulması üçün metal teldən istifadə olunur və bu tellər ağırlıqdan qırıldıqda konstruksiyanın dayanıqlığı pozula bilir. Bu səbəbdən metall-tor karkasın tellərinin qırılma gərginliyinə hesablamanı yoxlayaq [4]. Hesablama ifadəsi aşağıdakı kimi olacaq:

$$P = K \gamma_{tor} H_{id} \qquad (6)$$

burada, $K=1.5$ ehtiyat əmsal; $\gamma_{tor}$–$17,9\ (kNm^3)$ metal torun həcm çəkisi; $H_{id}$=4.8m - istinad divarın ümumi hündürlüyü.

Verilənləri (6) nəzərə alsaq, hesablayarıq:

$$P=1.5 \cdot 17.9 \cdot 4.8 = 128.8 \text{ kN/m}$$

Normativ sənəslərə istinadən qeyd etmək olar ki, 2.7 mm olan polad tellərin qırılma həddi $P_{nor}=44.2$ kN/m kimi qeyd olunmuşdur.

Hesablamar nəticəsində $P$=128.8 kN/m $>P_{nor}=44.2$ kN/m olduğundan şərt ödənilmir. Bu səbəbdən metal tellərin diametirləri artırılmalıdır.

**Nəticə və müzakirələr.**

Hesabatlar göstərdi ki, hidrotexniki və yol tikintisində yamacların bərkidilməsi vacib mühəndisi tədbirlərin görülməsini tələb edir və bu səbəbdən istinad divarlarıəndan geniş istifadə olunur. Yamacların dayanıqlığının artırılması üçün tədbiq edilən qabion tipli istinad divarı daha estetik olduğundan və inşaası nisbətən asan başa gəldiyindən bu tip konstruksiyalar geniş tədbiq edilir. Qabion tipli istinad divarlarının dayanıqlığa hesablanması ədədi şəkildə aparılmış və nəticədə aşağıdakılar qeyd etmək olar:

1. Yol yataqlarının kənarlarında yamac bərkidilmə işlənində qabion tipli konstruksiyalardan istifsdə edilir.
2. İstinad divarının əsasa təsir edən gərginliyin hesablanmasından göründüyü kimi, qabionun ağırlığından əsasın qruntunun sıxılma şərti tam ödənilir.
3. İstinad divarının aşmaya hesabatı göstərdi ki, alınmış aşırıcı momentin qiyməti təxmini olaraq 5 dəfə normativ göstəricisindən çoxdur.
4. İstinad divarının sürüşməyə dayanıqlıq hesabatından müəyyən olundu ki, ankerlənmə aparımadan da bu konstruksiya dayanıqlıq şərtlərini tam şəkildə ödəyir.
5. Qabionun qurulmasında istifadə olunan metal torun tellərinni en kəsik diametrləri artırılmalı və hesabatın yenidən aparılması təmin olunmalıdır.

**İstifadə olunmuş ədəbiyyat**

1. Həsənov E.E., Məmmədova V.V. Sahilqoruyan hidrotexniki qurğular. Bakı 2018. s. 51-53.
1. Musayev Z.S., Məmmədov K.M., Mahmudov T.M., Mürsəlov A.Ə. Yamacların dayanıqlıq məsələlərinin tədqiqi., Bakı 2016.
2. Тищенко А.И., Сенчуков Г.А., Гостишев В.Д., Челахов В.Ц. Расчет устойчивости подпорной стены из габионов по защите берегов цимлянского водохранилища от разрушений. «Экология и водное хозяйство» №2 2019 год.
3. Строительные нормы и правила СНиП 2-23-81* часть II нормы проектирования глава 23 стальные конструкции. Утверждены постановлением Госстроя СССР от 14 августа 1981 г. № 144 москва центральный институт типового проектирования 1990.
4. Рекомендации по проектированию и строительству габионных конструкций на автомобильных дорогах. Разработан ООО НТЦ Геопроек. Москва 2015 г.

**XÜLASƏ**

Məqalədə su anbarının sahillərini eroziyadan və eləcədə yol yataqlarının yamac hissələrinin suruşmədən qorumaq üçün istifadə olunan qabion tipli istinad divarının qruntun artid və suyun təsirindən sabitliyini hesablamaq idi. Bu hesabatlar nəticəsində yamacların sürüşməyə qarşı dayanıqlığa yoxlamasını təmin etmək mümkün olur. Bakı–Şamaxı avtomobil yolunun yenidən qurulması istiqamətində aparılan əsaslı tikinti işləri nəticəsində xüsusi təhlükə yaradan sürüşmə zolarında yamacların möhkəmləndirilməsi istiqamətində müxtəlif konstruksiyalı və ölçülü istinad divarları qurulmuşdur. Bunlardan monolit beton, kontrfors və qabion tipli istinad divarlarını qeyd etmək olar.

Məqsədin həyata keçirilməsi üçün yataq qruntlarının geoloji kəşfiyyat məlumatlarından istifadə edilmişdir. Hesablama metodları inşaat mexanikasının və riyazi mülahizələrin nəzəri asılılıqlarının tətbiqinə əsaslanır. İstinad divarının sabitliyinin ardıcıl hesablanması hazırlanmış metodologiyaya uyğun olaraq aparılır. Təzyiq gücü alt sıra gabionların altındakı kənar təzyiqlərin təyin edilməsi, kəsmə, torun dartılmadan qırılma müqaviməti, axın dalğasına məruz qaldıqda daş konstruksiyasının sabitliyi və s. hisabatında əsas yük kimi qəbul olunur.Hesabatlar bəzi nöqtələrdə güc və sabitlik məsələlərində istinad divar elementlərinin qənaətbəxş və bəzi nöqtələrdə qeyri-qənaətbəxş işləməsini göstərdi.

Nəticələrdə təklif olunan bağlamanın sabitliyini təmin etmək üçün metal tellərin seçilməsinə dair bəzi tövsiyələr verir.

***Açar sözlər**: sabitlik, divar, gabion, sahil, çökmə, yol yatağı, etibarlılıq, qırılma, aşma, sürüşmə.*

## АННОТАЦИЯ

В статье был дан расчет устойчивости подпорной стены габионного типа, используемой для защиты берегов водоема от эрозии, а также от оползней наклонных участков дорожного полотна и водного воздействия на откосные грунты и. В результате этих отчетов становится возможным обеспечить проверку склонов на устойчивость к скольжению. В результате капитальных строительных работ, проводимых в направлении реконструкции автомобильной дороги Баку–Шемахы, были возведены подпорные стены различной конструкции и размеров для укрепления откосов в зонах скольжения, представляющих особую опасность.

Для реализации цели были использованы данные геологической разведки месторождений грунтов. Методы расчета основаны на применении теоретических зависимостей строительной механики и математических рассуждений. Последовательный расчет устойчивости подпорной стены производится в соответствии с разработанной методикой. Прочность на сжатие определяется как определение давления кромок под нижним рядом габионов, сопротивления сдвигу, разрыву сетки без натяжения, устойчивости каменной конструкции при воздействии волны потока и т. д. в своем отчете он рассматривается как основная нагрузка.

Расчеты показали, что по вопросам прочности и стабильности элементы подпорных стенок работают удовлетворительно, а в некоторых точках-неудовлетворительно. В результатах приводятся некоторые рекомендации по выбору металлических проводов для обеспечения устойчивости предлагаемого соединения.

## SUMMARY

The article provided a calculation of the stability of a gabion-type retaining wall used to protect the water reservoir from erosion, as well as from landslides of inclined sections of the roadway, and from the water impact of the soil. As a result of these reports, it is possible to ensure the stability of slopes against sliding. As part of the extensive construction work carried out to reconstruct the Baku-Shemakha highway, retaining walls of various designs and sizes were erected to reinforce slopes in areas of sliding that pose a particular risk.

To achieve this goal, data from geological exploration of soil deposits was used. The calculation methods are based on the application of theoretical relationships from structural mechanics and mathematical reasoning. The stability of the retaining wall is calculated sequentially using the developed methodology. The compressive strength is determined by calculating the pressure of the edges under the lower row of gabions, the resistance to shear, the tension-free tearing of the mesh, the stability of the stone structure under the influence of a flow wave, and so on. In this report, it is considered as the main load.

The calculations showed that the retaining wall elements work satisfactorily, but in some cases they do not work satisfactorily in terms of strength and stability. The results provide some recommendations for selecting metal wires to ensure the stability of the proposed connection.

*Məqaləyə AzMİU-nun "Meliorasiya və su təsərrüfatı tikintisi" kafedrasının dosenti, A.Ə. Mürsəlov rəy vermişdir.*

**UDC 666.942.4.7**

**GUVALOV A.A., ZEYNALLI R.R.**

*Azerbaijan Architecture and Construction University, Baku, Azerbaijan*
abbas.guvalov@azmiu.edu.az

# COMPOSITION ADHESIVES FOR FOAM CONCRETE

**1. Introduction.** The production of highly efficient new generation concretes is possible by using composite binders to obtain high-quality concretes with various functional purposes and improved structure [1].

A necessary condition is the purposeful management of technology at all stages of preparation of the composition of modern composite materials for foam concrete. These stages include measures such as the use of active mineral additives, the development of optimal compositions, the application of chemical modifiers, mechanical-chemical activation of components and optimization of the process of forming the structure of the composition. During the implementation of these stages, the strength and technical and operational indicators of foam concrete increase significantly [2-5].

Various active mineral additives are used to improve the physical and mechanical properties and quality characteristics of foam concrete. The prerequisite for the effective use of mineral additives is their compatibility with both Portland cement and foaming agent. In relation to Portland cement, the mineral composition and chemical activity of additives are of great importance [6-9].

All additives are divided into natural and technogenic groups, which, depending on their genetic origin, have undergone various processing and, therefore, have different energy capacities [10-12]. As a rule, natural additives, depending on their origin, have different chemical activity and enter into a pustulization reaction when interacting with cement [13-15].

Volcanic rocks are of particular interest as a mineral additive in foam concrete. Its use as a mineral additive will expand the raw material base as an accessible and affordable material, reduce the consumption of the energy-intensive and high-cost adhesive component - Portland cement, and regulate the processes of structure formation depending on the type of materials produced.The purpose of the study is to develop a composite adhesive (CA) composition using zeolite rocks to improve the efficiency of foam concrete.

**2. Materials and research methods.** Experimental studies were conducted in the laboratories of the Department of Materials Science of the Azerbaijan University of Architecture and Construction. Existing research methods were used, including modern physicochemical analysis methods, X-ray fluorescence analysis method, laser granulometry, scanning electron and optical microscopy, etc. For the preparation of foam concrete, Portland cement CEM II/A-L 42.5 N (AZS EN 196-2021) of the HOLCIM cement plant was used. As a zeolite rock, a trass brought from the village of Ashagioysuzlu, Tovuz region, was used.

The composition of the trass is zeolite - 35-40% calcite - 15-20%, mixed gills - 10-20%, 10-15% quartzite, feldspar -15-20% and a carbonate siliceous rock with an admixture of sand (Fig. 1).

As can be seen, such a rock can be an ideal component in the composition of the composite adhesives (CA) to increase the efficiency of foam concrete for monolithic construction. The specific composition of this rock has a positive effect on the CA at all stages of construction, from the formation of the structure of the hardened system to the hardening of composites

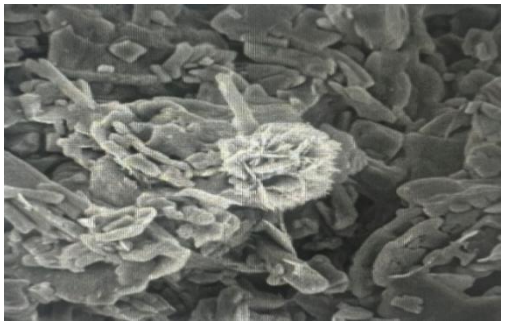


*Fig. 1. Microstructure of the trass*

under construction and operational conditions. An important property of mineral additives is their hydraulic activity, which makes their use in the composition of CA significant. The content of silica-4-oxide and zeolites in the composition is high (Table 1).

The high content of silica in the composition of finely ground trass contributes to the combination of $Ca(OH)_2$, which is released during the solidification of alite at normal temperatures with the formation of calcium hydrosilicates of the CSH(B) type, i.e. it has a putrefactive activity and can be used in the production of CA [6].

*Table 1*

*Chemical composition of the trass*

| Material | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | MgO | $R_2O_3$ | $SO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Trass | 62,12 | 16,1 | 2,7 | 6,52 | 3,3 | 6,9 | 0,02 |

The amounts of silicon-4-oxide ($SiO_2$) and calcium-oxide are 62.12% and 6.52%, respectively.

As a result of the X-ray diffraction analysis, it was found that the phase composition of the trass consists of clinoptilolite (d=8.95; 3.43; 2.97…Å), quartz (d=4.27; 3.353; 2.29; 2.13; 1.98; 1.82…Å), calcite $CaCO_3$ (d=3.042; 2.847; 2.500; 2.288; 2.096; 1.915; 1.878 …Å), and clay minerals (Fig. 2).

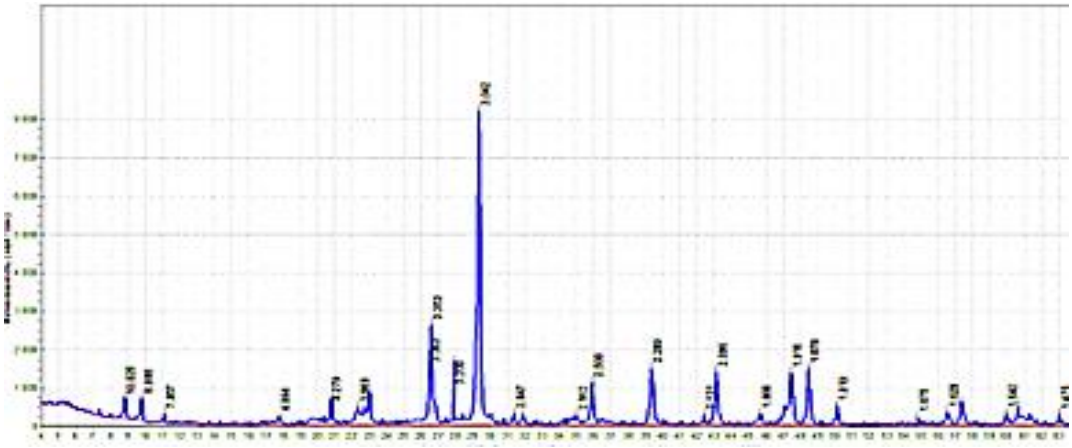


*Fig. 1. X-ray diffraction analysis of the trasse*

In the research work, the putrefactive activity of trass can be determined by measuring the amount of CaO absorbed by 1 g of mineral additive for 30 days (Table 2).

As can be seen from the analysis results shown in Table 3, the track is mainly composed

*Table 2*

*Activity of the trass to absorb CaO*

| Type of additive | Specific surface area, $m^2/g$ | CaO adsorption activity (bytitration), mg/g |
|---|---|---|
| Trass | 450 | 80 |

of negatively charged active centers, but positively charged centers are also present in small quantities. The average value of the ξ-potential in the track is -10mV.

*Table 3*

*The average value of the zeta ξ- potential of the trass*

| Material | ξ-potential, mV |
|---|---|
| Trass | 10 |

**3. Experiments and results.** During the research, the optimization of the composition and structure of the CA is carried out in stages. To determine the optimal amount of trace, 3-12% trace was added to the CA composition. First, the trace was crushed, dried and ground in a laboratory ball mill to a specific surface area of 350 $m^2$/g. After grinding, the granular composition of the KY was determined by laser granulometry in the laboratory of Holcim Azerbaijan (Figure 3).

It was found that, compared to Portland cement, the CA graph moves from the region of large particles (100 μm) to the region of small particles (up to 60 μm), with a decrease in the fraction of particles of 3...6 μm from 85% to 75% and an increase in small particles of 0.06...0.6 μm, indicating an increase in dispersibility. At this time, the CA granular composition is optimized, the process of structure formation is accelerated, and an increase in the strength of the system is ensured. CA with an optimal granular composition is mixed with water and kneaded into a dough of uniform consistency. Then we prepare cubic samples of 3×3×3 cm in size (six samples from each composition). The water-solids ratio (W/S) for each composition is constant and is 0.24. After 24 hours, the samples were removed from the mold and subjected to heat and moisture treatment in a steam chamber for 1+6+1 hours at a temperature of 80ºC. The average density and compressive strength of the hardened samples were determined (Table 4).

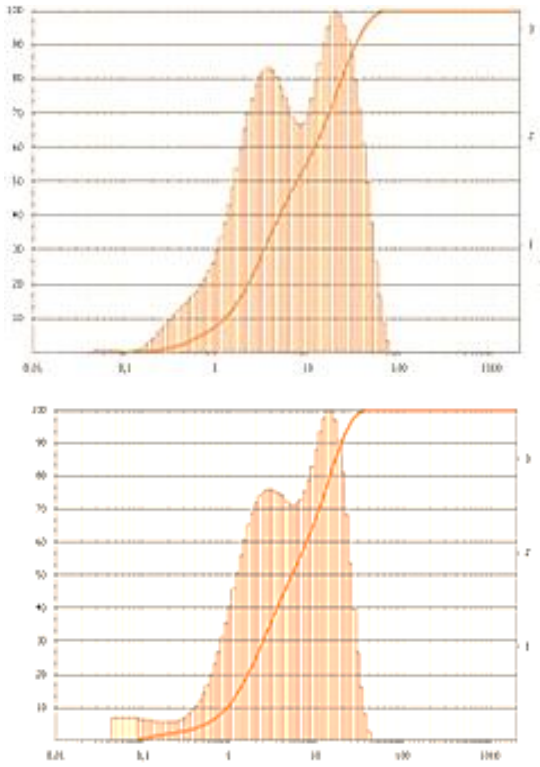


*Fig. 3. Granular composition of cement with and without additives.*

*Table 4*

*CA properties obtained by adding a trasse*

| № | CA content, % | | Specific surface area, $m^2$/kg | Average density, kg/$m^3$ | Compressive strength limit, MPa (after INE) |
|---|---|---|---|---|---|
| | Cement | Trass | | | |
| 1 | 100 | - | 415 | 1930 | 48,6 |
| 2 | 97 | 3 | 430 | 1920 | 50,9 |
| 3 | 94 | 6 | 450 | 1900 | 60,4 |
| 4 | 91 | 9 | 502 | 1880 | 62,2 |
| 5 | 88 | 12 | 520 | 1870 | 52,8 |

It was found that with an increase in the amount of trass, the density of the CA decreases, since its true density (2600 kg/m³) is lower than that of cement (3100 kg/m³). The optimal amount of trass in the hardened CA is 10%. As can be seen, in this case, the strength of CAincreases by 1.3 times compared to cement stone. Grinding of CA granulate leads to an increase in its water demand and agglomeration of particles when mixed with water, as a result of which some of its particles do not hydrate. To improve the physical and mechanical properties of KY, a superplasticizer (SP) was used (up to 0.1% of the cement mass). SP allows you to control the formation of the structure in the plastic state and during the hardening process. The effectiveness of SP was determined by reducing the water demand of a dough of normal consistency. SP is added to the CA composition together with water (Table 5).

*Table 5*

*Composition and physical and mechanical properties of the adhesive*

| № | CA content, % | | Specific surface area, $m^2/kg$ | Normal density, % | Setting time of cement | Compressive strength limit, MPa | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | PS | Trass | | | | 7days | 28days | moisture processing |
| 1 | 100 | - | 325 | 28 | 45/260 | 64,8 | 75,9 | 53 |
| 2 | 100 | - | 558 | 28,9 | 41/280 | 84,5 | 91,2 | 73 |
| 3 | 90 | 10 | 550 | 32 | 38/265 | 75,5 | 79,3 | 57,4 |

It was found that the addition of SP significantly affects the strength of concrete. Due to the water-reducing effect of SP, the normal density of the mixture is significantly reduced (28-31%), and an acceleration in hardening is observed at the beginning of setting. When SP is added, its strength increases (21-27%) compared to control samples. Compared to samples without additives, the compressive strength of CA increases by 38% at 7 days, 26% at 28 days, and 29% in samples that have undergone moisture processing.

The performance of hardened CA is characterized by the composition and microstructure of newly formed compounds. In this study, comprehensive experiments were conducted on the phase composition, hydration processes and structure formation of the hardened adhesive using X-ray diffraction (XRD) and electron microscopy. The diffractogram of hydrated cement stone (28-day samples) and CA is given in Figure 4.

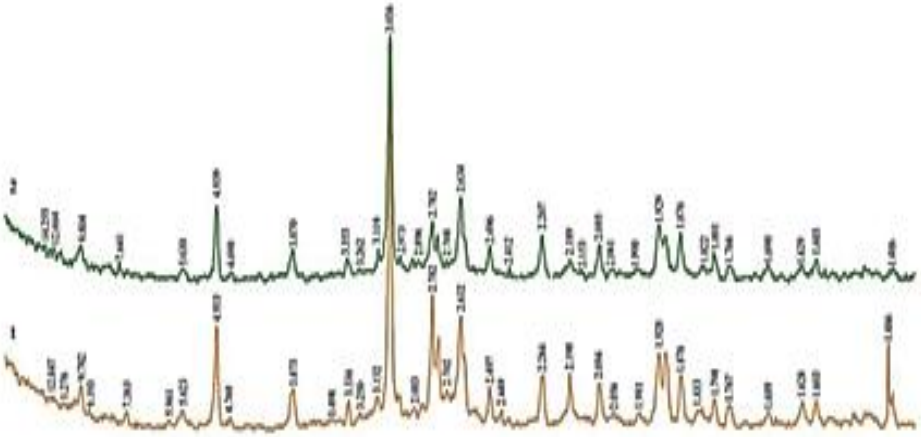


*Fig. 4. X-ray phase analysis of hardened cement stone*
*1- Portland cement, 2- Portland cement with trasse addition*

It was determined that the following are observed in the composition of hardened cement stone: anhydrous clinker minerals $C_3S$–(d=2.76; 2.19 Å) and $C_2S$ (d=2.78; 2.74 Å); $Ca(OH)_2$–(d=4.93; 3.11; 2.63; 1.93 Å); $CaCO_3$–d=3.85; 3.04; 2.78; 2.28; Å); ettringite–(d=9.7; 5.6 Å); partially crystallized tobermorite-like calcium hydrosilicate CSH(B)–(d=3.07; 2.85; 2.80; 2.40; Å); calcium hydroaluminates and hydroferrites, solid solutions of complex compounds, etc. During the solidification of CA, carbonate minerals interact with $C_3A$ and its hydration products to form hydrocarboaluminate phases – $3CaOAl_2O_3CaCO_312H_2O$ (d=7.6; 38.6 Å). The peaks of many newly formed compounds overlap each other.

The hydration activity of CA is due to its high specific surface area and the coating of the surface of fine fractions of the binder components with thin shells (about 2 μm) of hydration products of cement, which significantly improves the physical and mechanical properties of cement stone. The interaction of the trace with the active components of $Ca(OH)_2$ in CA leads to an increase in the volume density of hydrate compounds. The quantitative change in hydration products can be assessed by their intensity. In CA samples, as a result of the reaction of $Ca(OH)_2$–(d=4.93 Å) with trace, the amount of $Ca(OH)_2$ decreases by 1.7 times compared to cement stone.

By removing $Ca(OH)_2$ from the reaction zone as a result of the combination of the trace with the trace, the hydrolysis of clinker minerals such as $C_3S$ and $C_2S$ is accelerated and their amount is significantly reduced. At the same time, the amount of low-basic calcium hydrosilicates such as CSH(B) increases, which has a positive effect on the durability of hardened cement materials. When low-basic calcium hydroaluminates ($C_2AH_8$) are present, the formation of ettringite is reduced by 2 times compared to aluminate phases with a basicity of 3-4. The addition of mineral additives to Portland cement reduces the percentage of $C_3A$.

The hydration process is accelerated when a superplasticizer is present in the composition of cement with a mineral active additive. As a result of the crystallization of various new formations that are densely formed along the surface of mineral materials grains, as if on a substrate, a more dense, flawless and perfect microstructure is formed in hardened cement samples. The intergranular space and pores are filled more densely, which causes the strength of hardened cement to be higher than that of hydrated cement (Fig. 5).

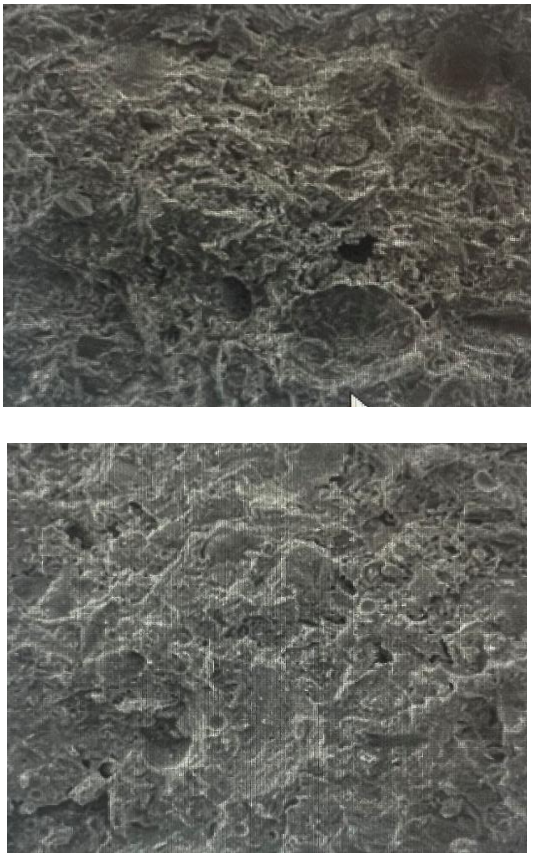


*Fig. 5. Microstructure of cement stone*
*1-control sample, 2-CA with trass*

Thus, the research results presented in this article confirm the possibility of using tras as a mineral additive in CA. The use of tras in the tras, together with zeolite, calcite and other compounds, accelerates the hardening process of the mixture within the optimal time frame.

During the hardening of the CA, the main components of the tras react with $Ca(OH)_2$ released during the hydration of alite, forming new calcium hydrosilicates and other new compounds, which densifies the microstructure of the hardened matrix and, as a result, increases the durability of the composites.

**4. Discussion.** One of the main problems limiting the application of foam concrete as a structural and thermal insulation material is its low strength and high shrinkage deformation. To solve this problem, special composite binder compositions are developed. The possibility of using tras as a mineral additive in the composition of CA was confirmed in the research work. The main minerals in the tras, zeolite, calcite and other compounds, accelerate the hardening process of the mixture within the time frame. During the hydration of CA, $Ca(OH)_2$, released as a result of the hydrolysis of alite, reacts with celite, forming new calcium-hydrosilicates and other new compounds. This leads to the formation of a denser structure of cement stone and increases the stability of the composition. CA obtained by adding tras to cement can be recommended for the production of foam concrete in monolithic construction.

## LİTERATURE

1. Rakhimov R.Z., Rakhimova N.R. Construction and mineral binders of the past, present, and future //Building materials. 2013. No. 5. pp. 57–59.
2. Zhang T., & Cheeseman C.R. Lightweight concrete using sustainable materials //In Sustainable Construction Materials. 2020. pp. 245-274). Elsevier.
3. Amran, Y. H. M., Farzadnia, N., & Abang Ali A.A. Properties and applications of foamed concrete; a review //Construction and Building Materials. 2015.101, pp.990-1005.
4. Sakharov G.P., Skorikov E.P. Non-autoclaved energy-efficient porous concrete of natural hardening // Izvestiya uzov. Construction. 2005. No. 7. pp. 49–54.
5. Just A., Middendorf B. Microstructure of high-strength foam concrete //Materials Characterization, 200960(7), pp.741-748.
6. Narayanan N., Ramamurthy K. Structure and properties of aerated concrete: a review. //Cement and Concrete Composites. 2000. 22(5), pp.321-329.
7. Shakhova L.D. Technology foam concrete. Theory and practice: monograph. M.: Publishing House of the Association of Construction Unions, 2010. 248 p.
8. Kearsley, E. P., & Wainwright, P. J. The effect of high volumes of ungraded fly ash on the properties of foamed concrete //Magazine of Concrete Research. 2001. 53(5), pp.309-317.
9. Sánchez de Rojas, M. I., & Frías, M. The pozzolanic activity of different materials, its relationship with the characteristics of the reactive $SiO_2$ and the effect on the properties of the hardened concrete //Materiales de Construcción. 2001. 51(261), pp.45-57.
10. Lesovik V.S., Shakhova L.D., Kucherov D.E. Classification of active mineral additives for composite binders taking into account their gene loss // Vestnik БГТУ им. V.G. Shukhova. 2012. No. 3. pp.10–14
11. Hwang, C. L., & Huynh, T. P. Effect of alkali-activation on the properties of foamed concrete //Journal of Materials in Civil Engineering. 2015.2. 7(7). 04014203.
12. Jones, M. R., McCarthy A. (). Preliminary views on the potential of foamed concrete as a structural material //Magazine of Concrete Research. 2005. 57(1). pp.21-31.
13. Nambiar E. K. K., Ramamurthy K. Air-void characterization of foam concrete //Cement and Concrete Research, 2007. 37(2), pp. 221-230.
14. Mchedlov-Petrosyan O.P. Chemistry of inorganic building materials. M.: Stroyizdat, 1989. 304 p.
15. Plank J., Sakai E., Miao C.W., Yu C., Hong, J.X. Chemical admixtures – Chemistry, ap

plications and their impact on concrete microstructure and durability //Cement and Concrete Research. 2015. 78. pp.81-99.

**ABSTRACT**

Foam concrete is currently one of the most efficient construction materials due to its high thermal and mechanical properties, as well as the high pace of construction and installation work. One of the main problems limiting the application of foam concrete as a structural and thermal insulation material is its low strength and high shrinkage deformation. To solve this problem, special composite binder compositions have been developed. It is necessary to implement a number of measures to optimize the preparation process of a new generation composite adhesive. It has been established that the use of appropriate mineral additives, the preparation of optimal compositions, the application of chemical modifiers, the formation of the structure of the composition with the optimization of porosity, significantly improve the physical and mechanical properties and hardness of foam concrete.

***Keywords:*** *foam concrete, composite adhesives, structure formation processes, porosity, physical and mechanical properties.*

*Məqaləyə AzMİU-nun "Materialşünaslıq" kafedrasının dosenti S.İ. Abbasova rəy vermişdir.*

**UOT 625.20**

**[1]ƏHMƏDOV N.M., [2]SƏDİYEV R.B.**

*[1]Bakı Mühəndislik Universiteti, [2]Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti*
*[1]niahmadov@beu.edu.az, [2]rovshan.sadiyev@azmiu.edu.az*

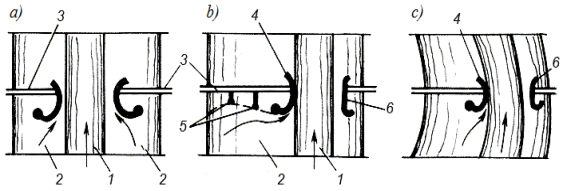
## DAĞ ÇAYLARINDA SU NİZAMLAYICI QURĞULARIN PARAMETRLƏRİNİN TƏHLİLİ

Körpü keçidləri bir sıra tələblərə cavab verməlidir və hər şeydən əvvəl, bütün il boyu nəqliyyat axınlarının maneəsiz keçməsini təmin etməli, hesabi istismar müddətində dayanıqlı olmalıdır, yəni təbii, ümumi və yerli daşqınların dağıdıcı təsirinə qarşı dayanıqlı və məcra deformasiyalarına davamlı olmalıdırlar. Körpü keçidində məcra deformasiyalarının əlverişsiz inkişafı qurğuların zədələnməsinə səbəb ola bilər. Əsas nəqliyyat qurğuları üçün qaçılmaz olan məcra deformasiyalarını təhlükəsiz etmək üçün körpü keçidinin tərkibinə müxtəlif formalı, konstruksiyalı və təyinatlı su nizamlayıcı qurğular daxil edilir. Qurğuların forması və ölçüləri konkret nizamlama məqsədləri əsasında müəyyən edilir [1].

Körpü keçidi variantlarının texniki-iqtisadi müqayisəsi rasional həll variantının seçilməsinə imkan yaradır. Körpünün açıqlığının, həmçinin axın istiqamətləndirici və bərkidici qurğularının ölçülərinin təyinində məqsəd müxtəlif həll variantlarının nəzərdən keçirməkdir. Belə ki, açıqlıq ölçüsünün azalması körpünün uzunluğu və dolayısı ilə onun aşırım qurğusunun qiymətini azaldır. Bununla yanaşı mümkün yuyulmanın yaranması fundamentin dərinləşdirilməsini tələb edir ki, bu da dayaqların qiymətini artırır. Eyni zamanda, axın istiqamətləndirici qurğuların konstruksiyasının mürəkkəbləşməsinə və bahalaşmasına gətirir [3].

Su axınını körpünün açıqlığına yönəltmək üçün yuxarı hissəsinin eni 2 m olan əyrixətli bəndlərdan istifadə edilir (şəkil 1, a). Çay yatağından körpüyə tərəf nə qədər çox su axını gələrsə bəndnın yuxarı hissəsi o qədər uzun olmalıdır. Axını qarşı sahilə doğru sıxmaq üçün düzxətli bambalardan istifadə olunur (şəkil 1, b, c). Bundan başqa əyrixətli bəndlərə düz hissələr

daxil edərək ara xüsusiyyətlərə malik bəndlərdən istifadə olunur. Körpünün altındakı axının müxtəlif şəraitdə axmasını nəzərə alaraq axın istiqamətləndirici bəndlərin yerləşməsi sxemi şəkil 1, a, b, c-də göstərilmişdir. Məcrada su axınının sərfi hesabi sərfin ən azı 15% -i olduqda və ya yuyulmadan əvvəl körpünün altındakı suyun sürəti 1 m/s-dən çox olduqda axın istiqamətləndirici bəndlərin inşa olunması tövsiyə olunur.



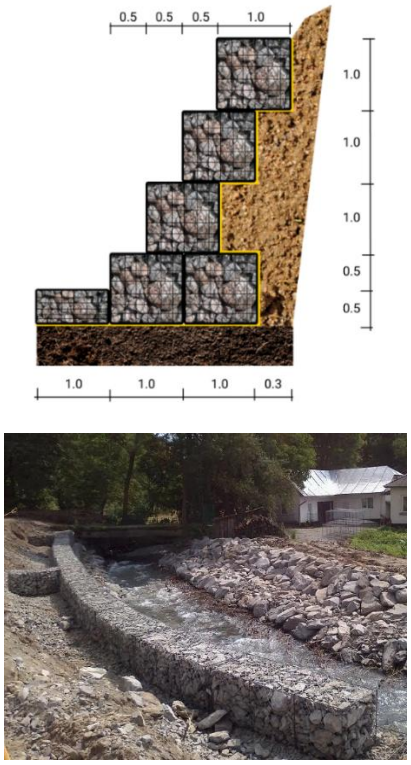

*Şəkil 1. Su nizamlayıcı konstruksiyaların sxemləri:*
*1 – aşağı su səviyyəsində çay məcrası;*
*2 - məcra; 3 - yanaşmalarda tökmə; 4 - əyrixətli axın istiqamətləndirici bənd; 5 - travers;*
*6 - düzxətli axın istiqamətləndirici bənd.*

Sürətli axını olan dağ çaylarında sahilərin və bəndlərin yamaclarının bərkidilməsi beton və dəmirbeton tavalar, qabyonlar (daşla doldurulmuş sinklənmiş polad teldən hazırlanmış torlar) (şəkil 2) və ya digər üsullarla aparılır [2].

Su nizamlayıcı qurğuların layihələşdirilməsində düzgün yanaşma yalnız məcra deformasiyalarının uzun müddətli proqnozlaşdırılması əsasında mümkündür. Müxtəlif növ çaylarda məcra deformasiyaları müxtəlif olur, buna görə su nizamlayıcı qurğular çayın növündən asılı olaraq xüsusi bir formada layihələndirilir.

Körpünün yuxarı hissəsində yerləşən axın istiqamətləndirici bəndlərə nə qədər çox əyrilik verilərsə körpünün açılığı boyunca axının bir o qədər az dönmələri olur. Bununla belə, bəndlərin əyriliyi suyun açıqlıq boyunca rahat axmasına mane olmamalıdır.

Bənd boyunca maye hissəcikləri axının ümumi istiqaməti ilə üst-üstə düşməyən əyri boyunca hərəkət edir. Bu vəziyyətdə, maye hissəciklərinin trayektoriyasını əymək üçün zəruri olan axının en kəsik sahəsinin iki qarşı nöqtəsində hidrostatik təzyiqlərdəki fərqi təmin edən sərbəst səthin eninə maillik yaranır. Lakin, eninə mailliyin qiyməti böyük ola bilməz [4].




*Şəkil 2. Dağ çaylarında qabyonlar.*

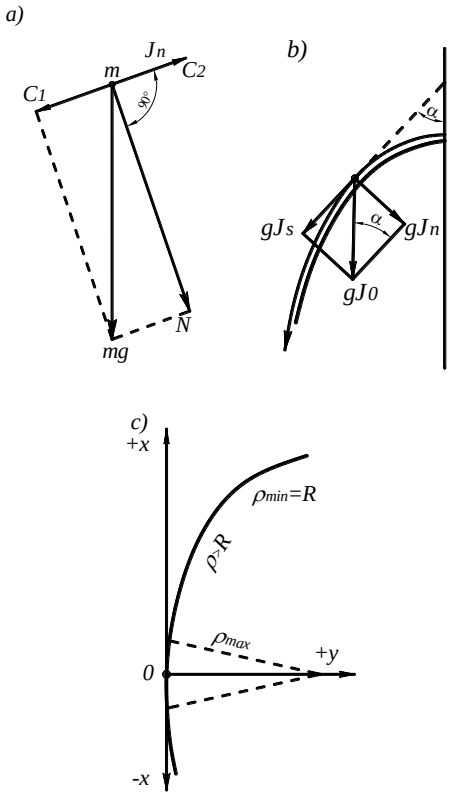
Real su axını hissəciklərinin mərkəzdənqaçma təcili yalnız maye hissəciklərinin ağırlığının təsiri altında yaradıla bilər. Kütləsi *m* olan maye hissəciyinə təsir edən mərkəzləşmiş qüvvə axının eninə mailliyindən $i_a$ asılı olaraq aşağıdakı düstur ilə ifadə edilə bilər (şəkil 3, a):

$$C_1 = m \cdot g \cdot i_a \qquad (1)$$

Mərkəzləşmiş qüvvə bərabər ölçülü reaktiv mərkəzdənqaçma qüvvəsini $C_2$ yaranmasına səbəb olur:

$$C_2 = \frac{m \cdot \upsilon^2}{\rho} \qquad (2)$$

burada, $\upsilon$ - axının hərəkət sürəti.




*Şəkil 3. Eyrixətli axın istiqamətləndirici bəndlərin hesabi sxemləri.*

$C_1 = C_2$ aktiv və reaktiv qüvvələrinin bərabərliyindən görünür ki, $\upsilon$ sürətinə malik olan maye hissəciyi $g \cdot i_0$ mərkəzdənqaçma təcilini əldə edə və aşağıdakı əyrilik radiusu olan trayektoriya ilə hərəkət edə bilər:

$$\rho = \frac{\upsilon^2}{g \cdot i_a} \qquad (3)$$

Körpü keçidi sahəsində axın adi maillikdən $i_b$-dən fərqli olan sərbəst səthinin müəyyən bir mailliyi $i_0$ ilə hərəkət edir. Mailliyin qiyməti $i_o$ eyni zamanda mayenin vahid ağırlığına görə hərəkət qüvvəni təyin edir.

Əyrixətli axın istiqamətləndirici bənd boyunca hərəkət edən maye hissəcikləri qurğuya normal yönəlmiş hərəkət edici qüvvənin bir komponenti olan mərkəzdənqaçma təcilin təsirinə məruz qalır (şəkil 3, b):

$$gI_n = gI_0 \sin\alpha \qquad (4)$$

burada, $\alpha$ - bəndin uzunluğu boyunca müəyyən bir nöqtədə maye hissəciyinin hərəkət istiqaməti və bütün axının ümumi istiqaməti arasında əmələ gələn bucaqdır. $\alpha$ bucağının qiyməti bəndin baş tərəfində $90^0$, körpünün açıqlığında $0^0$ qəbul edilir.

(4) ifadəsindən istifadə edərək aerodinamik formalı bəndin tələb olunan əyrilik radiusunu

$$\rho = \frac{\upsilon^2}{gI_0 \sin\alpha} \qquad (5)$$

burada, $\upsilon$ - bənd boyunca axının dəyişkən sürəti.

Bəndin körpüyə bitişdiyi nöqtədə axının sürətini $\upsilon_k$ qəbul edək. Görünür ki bu, körpü yatağı sahəsində olan axının sürətdir. Onda, düstur (5) surətinə və məxrəcinə tətbiq edərək əldə edirik

$$\rho = \frac{\upsilon_k^2}{gI_0} \cdot \frac{\upsilon^2}{\upsilon_k^2 \sin\alpha} = Rf(\alpha) \qquad (6)$$

burada

$$R = \frac{\upsilon_k^2}{gI_0} = const \qquad f(\alpha) = \frac{\upsilon^2}{\upsilon_k^2 \sin\alpha}$$

Axın istiqamətləndirici bəndin əyriliyini təyin edən *f(a)* funksiyasının necə dəyişməsini təhlil edək.

Axın istiqamətləndirici qurğuların köməyi ilə axın tədricən sıxılır, buna görə onun sürəti körpüyə yaxınlaşdıqca artır. Bəndin ətrafında axan suyun sürəti sabit ola bilər. Birinci halı nəzərdən keçirək.

$\upsilon = \upsilon_k = const$ qəbul etsək, onda

$$f(\alpha) = \frac{1}{\sin\alpha}, \qquad \rho = \frac{R}{\sin\alpha} \qquad (7)$$

(7) tənliyində göstərilən əyri bisinusoid adlanır. Qurğunun əraziyə köçürülməsi üçün düzbucaqlı koordinat sistemindən istifadə edi-

lir. Parametrik formada bisinusoid tənliyi aşağıdakə şəklində yazıla bilər:

$$x = -R \cdot I_n \sin\alpha \qquad y = R\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)$$

$$s = -R \cdot I_n tg\frac{\alpha}{2} \tag{8}$$

və ya

$$y = R\left(\frac{\pi}{2} - arcsine^{-x/R}\right) \tag{9}$$

Çay yatağı axınının tam düzəldilməsi $\alpha=0$ bucağına və $x = \infty$ və $y = R\frac{\pi}{2}$ koordinatları uyğundur [5].

Bisinusoid üzrə axın istiqamətləndirici qurğusunun oxunun bölünməsində rahatlığı təmin etmək üçün koordinatın başlanğıcı bəndin körpüyə birləşdiyi yerdə yerləşdirilir, bəndin uzunluğu məhdudlaşdırılır və minimal bucaq $\alpha=0$ yox $\alpha_{min}=5^0$ qəbul edilir (şəkil 3, c).

Yataq axınları üst axın istiqamətləndirici bəndlər boyunca təcilə malik olurlar. Üst axın istiqamətləndirici bəndlər ətrafında axının sürətindəki artımını təyin etmək üçün bisinusoidal bəndlərin ətrafında axının laboratoriya tədqiqatları aparıldı. Təcrübə nəticələri şəkil 4 təqdim edilib və bu şəkildə bənd boyunca nisbi sürətin $\upsilon : \upsilon_k$ necə artdığı göstərilib.

Empirik tənlik ilə nisbi sürətin dəyişməsi qrafikini kifayət qədər dəqiq təsvir etmək olar

$$\frac{\upsilon}{\upsilon_k} = \sqrt{cos\alpha} \tag{10}$$

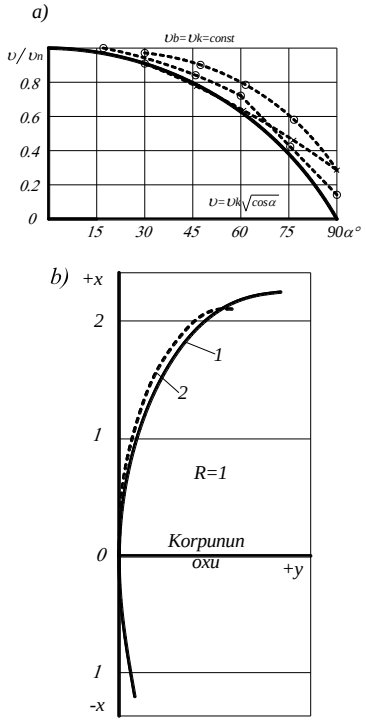
$\alpha = \frac{\pi}{2}$ olduqda $\upsilon = 0$ olur. $\alpha = 0$ olduqda isə $\upsilon = \upsilon_k$ olur, yəni bəndin uzunluğu boyunca sürət sıfırdan körpü yatağında hesabiyə qədər artır.

Bu ikinci hal üçün bəndin uzunluğu boyunca sürət dəyişməsi (6) tənliyindəki *f(a)* qiyməri uyğundur

$$f(a) = \frac{1}{tg\alpha}$$

və yuxarı axın istiqamətləndirici bələdin dəyişkən əyrilik radiusunun tənliyi

$$\rho = \frac{R}{tg\alpha} \tag{11}$$




*Şəkil 4. Bəndin formasının sərhəd axın sürətindən asılılığı.*

Düzbucaq koordinat sisteminə keçdikdə

$$x = -R\left(cos\alpha + I_n tg\frac{\alpha}{2}\right) \quad y = R(1 - sin\alpha)$$

$$s = -R \cdot I_n \sin\alpha \tag{12}$$

Şəkil 4, b-də $\upsilon_m=i$ olduqda tənliklər (8) və (12) əsasən bəndlərin konturları göstərilmişdir.

Eyrixətli axın istiyamətləndirici çay yatağı qurğuları körpü açıqlığının yataq sahəsindəki su yükünü azaldır. Lakin, bəzi hallarda məcranın yuyulmasını azaltmaq üçün açıqlığın məcra hissəsini yüngülləşdirilməsinə ehtiyyac yaranır. Eyni zamanda axın istiyamətləndirici qurğulardan imtina edilməsi körpü konuslarında

dərin yerli yuyulmanın meydana gəlməsi ehtimalı yaranır.

Körpü açıqlığının yataq hissəsinin su keçirmə qabiliyyətini artırmaq üçün məcranın dərinliyindən *h* az olan $h_2$ dərinliyində yatağın kəsilməsi tövsiyə olunur (şəkil 5), yəni eyni zamanda həmin ərazidə süni olaraq açıqlığın dərinləşdirilməsi və axın istiyamətləndirici qurğulardan istifadə edilməsi. Məcranın süni dərinləşdirilməsi onun genişləndirilməsi ilə eynidır və yuyulmadan sonra hər zaman məcranın dərinliyini azaldır.

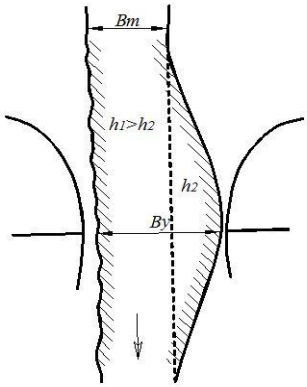
Məcranın genişləndirilmiş eninin dayanıqlı olması üçün körpü yatağının qismən su ilə basılması və kifayət qədər intensiv işləməsi tələb olunur. Bu şəraitdə, demək olar ki, hər il körpü yatağından gələn suların axıdılması müşahidə edilir.

Əyrixətli axın istiqamətləndirici qurğular düzənlik çayları üzərindəki körpülərin işini yaxşılaşdırmaq üçün istifadə edilən su nizamlayıcı qurğuların yeganə növü deyil.

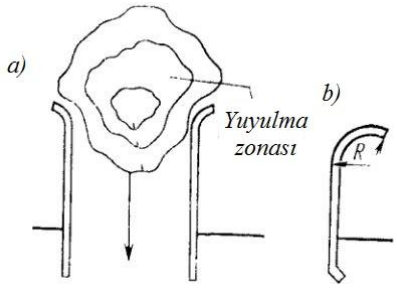
Yuyulmanı körpüdən müəyyən bir məsafəyə uzaqlaşdırmaq üçün əyrixətli deyil, düzxətli paralel axın istiqamətləndirici bəndlərin inşa edilməsi tələb edilir (şəkil 6, a). Onun köməyi ilə sıxılmış axın kəsiyi körpüdən yuxarıda yerləşən bəndlər arasındakı boşluğun girişində yaranır. Bu sıxılmış kəsikdə yuyulma nəticəsində intensiv çöküntülərin daşınaraq aşağı hissədə, yəni körpünün altında çöküntü verir. Nəticədə körpünün altındakı yuyulma azalır. Daşqınlar arası dövrlərdə yuyulma zonası lillənmənin baş verməsi yuyulmanın tamamilə dayanmasına gətirə bilər.

Deməli, körpünü yuyulmadan qorumaq üçün belə bir tədbir çöküntülərin hərəkəti olduqca sıx olduğu çaylarda effektiv olur. Çayda az çöküntü olarsa, körpünün altındakı yuyulma düzxətli bəndlərin tikintisindən sonra yavaşlasa da, dayanmır və yuyulma bəndlər arasındakı bütün boşluğu əhatə edənə qədər ildən-ilə inkişaf edir, yəni yenidən körpünün altında müşahidə edilir.

Bəzi hallarda kiombinə edilmiş axın istiqamətləndirici bəndlərdən istifadə edilməsi tövsiyyə edilir, yəni düzxətli hissələr əlavə edilməklə əyrixətli bəndlərdən (şəkil 6, b).




*Şəkil 5. Kəsilməsinin sxemi*




*Şəkil 6. Düzxətli axın istiqamətləndirici bəndin sxemi*

Məcrası dəyişən çaylar üzərindəki körpü keçidlərinin su nizamlayıcı qurğuları düzənlik çaylardakı qurğulardan əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənir, çünki axının nizamlanması məqsədi dəyişir.

*Şəkil 7. Məcranin yuyulması*

Bəzi hallarda kiombinə edilmiş axın istiqamətləndirici bəndlərdən istifadə edilməsi tövsiyyə edilir, yəni düzxətli hissələr əlavə edilməklə əyrixətli bəndlərdən (şəkil 6, b). Məcrası dəyişən çaylar üzərindəki körpü keçidlərinin su nizamlayıcı qurğuları düzənlik çaylardakı qurğulardan əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənir, çünki axının nizamlanması məqsədi dəyişir.

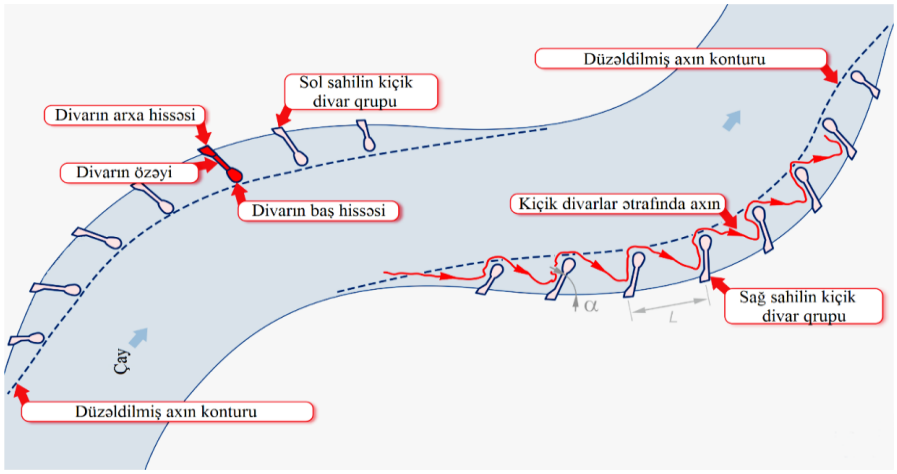
Məcrası dəyişən çaylar üzərindəki keçidlər məcranı məhdudlaşdırır və bu cür çaylarda körpülərin yatağın açıqlığı yoxdur. Bu səbəbdən belə vəziyyətdə axın istiqamətləndirici bəndlərə ehtiyac yoxdur. Akkumulyasiya zonasında axan çayların sürəti yuyulma üçün buraxıla bilən sürətdən çoxdur. Dağətəyi çayların sahilləri bir sıra ərazilərdə yuyulmuş və məcrası həddən artıq geniş olur. Bu cür ərazilərdə çöküntü hərəkəti yalnız məcranın bütün genişliyindən az olan aktiv zonanın genişliyi üzərində baş verir. Bu vəziyyətdə, aktiv zona kanalın genişliyi boyunca hərəkət edə bilər və ya birinə və ya digər sahilə yaxınlaşa bilər.

Körpü açıqlığı çayının aktiv zonasının eninə $B_o$ bərabər olur və ya bu endən daha az olur. Çaylarda çöküntülərin hərəkəti yığılma formasında baş verir. Təbii ki, çöküntü yığılması, axma zamanı məcranın eninin azalması səbəbindən körpü hissəsindən keçmədən əvvəl əhəmiyyətli deformasiyalara məruz qalır.

Körpü açılığında köyük bir məcra genişliyindən kiçik bir məcra genişliyinə səlis formada keçid olmadığı təqdirdə, çöküntü yığılmasının olması baş verir. Yataq əmələ gətirən çöküntülərin böyük kütləsinin körpü qarşısında yığılması, körpü altındakı hissədə çöküntü çatışmazlığına gətirir. Nəticədə, çöküntü olmaması səbəbindən körpünün altında əhəmiyyətli bir yuyulma meydana gəlir (şəkil 7). Körpü üçün təhlükəli ola biləcək bu yuyulmanın qarşısının alınması üçün körpünün önü hissədəki məcranın genişliyini rəvan bir şəkildə məhdudlaşdırmalı, çayın sərbəst vəziyyətdə axması təmin edilməlidir.

Yuyulmanı körpü konusundan və ya körpü dayağından uzaqlaşdırmaq üçün düzxətli axın istiqamətləndirici qurğular kifayət qədər uzun düzəldilməlidir, çünki yuyulma bu qurğuların baş tərəfində yaranaraq körpüyə çox yaxın məsafədə, körpü dayaqlarına təhlükə yaradacaq. Adətən, üst düzxətli axın istiqamətləndirici qurğuların uzunluğu körpü açıqlığının yarısına bərabər, aşağı bəndlərin uzunluğu dörddə birinə bərabər olaraq təyin edilir. Əyrixətli konstruksiyalarda olduğu kimi, düzxətli bəndlərin ölçüləri yerli şəraitə uyğun olaraq tənzimlənir.

Travers konstruksiyalar elə yerləşdirilməlidir ki, hər iki qonşu traverslər arasında qoruyucu torpaq tökməsi terləşsin. Bu məqsədlə traverslər arasındakı məsafə $6l_t$-dən çox olmayan qəbul edilir, burada $l_t$ - traversin uzunluğu, $\alpha$ - traversin oxu ilə axın istiqaməti arasındakı bucaqdır (şəkil 8).




*Şəkil 8. Traverslərin yerləşmə sxemi.*

Traverslərin sayı ixtiyari seçilə bilər, lakin daha qısa traverslətin inşa edilməsi daha yaxşıdır. Bunun səbəbi, hər bir traversin baş hissəsində yerli yuyulma meydana gəlir və buna görə də traverslərin baş tərəfində bərkidici qurğuların inşa edilməsi tələb olunur. Su axınının birbaşa təsirinə məruz qalan traversin yamacı əsaslı bir şəkildə bərkidilməlidir, əks yamac isə daha zəif bərkidilə bilər. Planda traverslər 15-20° bucaq altında yerləşməsi tövsiyə olunur.

## ƏDƏBİYYAT

1. Piriyev Y.M. "Avtomobil yolları". Ali texniki məktəblər üçün yenidən işlənilmiş dərslik. Bakı "A" nəşriyyatı, 2022, 600 səh., 278 şəkil.
2. Qasımov N.M., Əhmədov T.M., Piriyev Y.M. Nəqliyyat yollarında körpülər və qurğular. Bakı: Çaşıoğlu, 2002 – 565 s.
3. Андреев О.В., Федотов Г.А. Упрощенный расчет общего размыва //Автомобильные дороги. – 1979. – № 11.
4. Андреев О.В., Федотов Г.А. Проектирование мостовых переходов: учеб. пособие. М.: МАДИ, 1980.
5. СНиП 2.05.03–84*. Мосты и трубы. М.: ГП ЦПП, 1996.

**[1]Əhmədov N.M., [2]Sədiyev R.B.**

*[1]Bakı Mühəndislik Universiteti, [2]Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti*
*[1]niahmadov@beu.edu.az,*
*[2]rovshan.sadiyev@azmiu.edu.az*

**Dağ çaylarinda su nizamlayici qurğularin parametrlərinin təhlili**

## XÜLASƏ

Körpü keçidləri bir sıra tələblərə cavab verməlidir və hər şeydən əvvəl, bütön il boyu nəqliyyat axınlarının maneəsiz keçməsini təmin etməli, hesabi istismar müddətində dayanıqlı olmalıdır, yəni təbii, ümumi və yerli daşqınların dağıdıcı təsirinə qarşı dayanıqlı və məcra deformasiyalarına davamlı olmalıdırlar. Körpü keçidində məcra deformasiyalarının əlverişsiz inkişafı qurğuların zədələnməsinə səbəb ola bilər. Yuyulmanı körpü konusundan və ya körpü dayağından uzaqlaşdırmaq üçün düzxətli axın istiqamətləndirici qurğular kifayət qədər uzun düzəldilməlidir.

***Açar sözlər:*** *körpü keçidi, su nizamlayıcı, istiqamətləndirici bənd, travers, məcra deformasiyası.*

**[1]Ahmadov N.M. [2]Sadiyev R.B.**

*[1]Baku Engineering University, [2]Azerbaijan University of Architecture and Construction,*
*[1]niahmadov@beu.edu.az,*
*[2]rovshan.sadiyev@azmiu.edu.az*

**Analysıs of parameters of water regulatıon devıces ın mountaın rıvers**

## ABSTRACT

Bridge crossings must meet a number of requirements and, above all, they must ensure the unhindered passage of traffic flows throughout the year, be durable during the estimated operational period, i.e., they must be resistant to the destructive effects of natural, general and local floods and resistant to channel deformations. Unfavorable development of channel deformations in a bridge crossing can lead to damage to the structures. Rectilinear flow directing devices must be made long enough to divert the wash away from the bridge cone or bridge abutment.

***Keywords:*** *bridge crossing, water distributor, guide dam, traverse, traverse deformation.*

*Məqaləyə AzMİU-nun "Nəqliyyat və loqistika" kafedrasının dosenti E.B. Quliyev rəy vermişdir*

**UDC 691.327.333**

**GUVALOV A.A., ZEYNALLI R.R.**

*Azerbaijan Architecture and Construction University, Baku, Azerbaijan*
*abbas.guvalov@azmiu.edu.az*

# DEVELOPMENT OF FOAM CONCRETE COMPOSITION BASED ON COMPOSITION ADHESIVES

**1. Introduction.** The effect of both components on the properties of foamed concrete, which consists of cement paste and pores, is of great importance.

It is known that replacing 60% of cement with fly ash can improve the properties of cement paste [1-7]. Replacing a certain part of cement with fly ash significantly affects the strength indicators of foamed concrete. The use of active mineral additives, the development of their optimal composition, the application of chemical modifiers, mechanical-chemical activation of components, as well as optimization of the process of forming the matrix structure significantly increase the strength and technical-operational indicators of foamed concrete [4].

The prerequisite for the effective use of mineral additives in foamed concrete is their compatibility with both Portland cement and foaming agent. According to their genetic origin, all additives are divided into natural and man-made groups, which have undergone various processing and therefore have different energy capacities [5]. As a rule, natural additives, although they show varying degrees of activity depending on their origin, all have putrefactive properties.

The use of both natural and man-made components as mineral additives in foam concrete will expand the raw material base, reduce the consumption of the energy-intensive and high-cost adhesive component - Portland cement, and control the processes of structure formation depending on the type of materials produced [8, 9].

The purpose of the study is to develop an efficient foam concrete composition using a composite adhesive (CA) obtained on the basis of tras.

**2. Materials and research methods.** The following raw materials were used to obtain foam concrete based on composite adhesive:

1. The cement without additives of the Holcim cement plant expert plus (SEM I, AZS EN 197-1) was used as an adhesive material. The mineralogical composition of the cement, in mass%: $C_3S$- 62-65; $C_2S$ -10-13; $C_3A$-6-7 and $C_4AF$ -10-13; the chemical composition in mass%: CaO – 66.0; $SiO_2$ - 19.0; $Fe_2O_3$ -3.9; $AI_2O_3$ - 3.7; MgO -2.6; $R_2O$ - 1.4; $SO_3$ - 0.7.
2. As a mineral additive, an aluminosilicate-containing mineral active additive (tras) from the village of Ashagi Öysüzlü of the Tovuz region was used. The chemical composition of the tras in mass%: $SiO_2$-63.8; $Al_2O_3$ -13.2; $Fe_2O_3$ -2.87; CaO- 10.7; MgO-2.14; $Na_2O$ -6.16; $TiO_2$ - 0.2;

According to its mineralogical composition, tras is a mineral raw material containing clinoptilolite, and contains mixtures of calcite, clay, mica and quartz.

3. Highly washed river sand without large particles, with a size modulus of about 1.5, brought from Bahramtepe, was used as a fine filler. Chemical composition, in mass%: $SiO_2$ -77.3, $Al_2O_3$-11.0, $Na_2O$-2.1, $K_2O$- 1.0, $Fe_2O_3$-2.9, CaO-5.9, $TiO_2$- 0.2, MgO-0.29.

Bahramtepe sand mainly belongs to the quartz-alpine sand group, which contains quartz, orthoclase, and albite.

Tests of physical-mechanical and physical-technical properties of foam concrete (determination of drying shrinkage, determination of frost resistance) were carried out in accordance with the requirements of GOST 25485-2019 "Cellular concrete. Technical conditions». Concrete strength control according to GOST 18105-2018 and GOST 27005-2014, average density according to GOST 57 12730.1-78, thermal conductivity according to GOST 7076-99, sorption humidity according to GOST 24816-2014 and GOST 17177-94, vapor permeability according to GOST 25898-2012.

**3. Experiments and results.** Considering its high economic feasibility, during the research, a composition adhesive based on tras was used to obtain foamed concrete. When developing the composition of foamed concrete, concrete with a density of D600 and D800 and a compressive strength of not less than 1.5 MPa was considered as the most optimal brand. Mikroair 220 was used as a foaming agent. The composition of the foamed concrete prepared depending on the type of adhesive is given in table 1.

The properties of foam concrete based on composition adhesive are given in Table 2.

**Table 1**

**Composition of foam concrete**

| № | CA | Average density, kq/m$^3$ | Water/sem | CA, kq | Sand, kq | Water, l | SP, l |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Without addition | 600 | 0,45 | 375 | 160 | 245 | 0,72 |
| 2 | | 800 | 0,37 | 510 | 220 | 278 | 0,72 |
| 3 | 10% Tras | 600 | 0,44 | 379 | 160 | 253 | 0,72 |
| 4 | | 800 | 0,38 | 507 | 218 | 281 | 0,56 |
| 5 | 20% Tras | 600 | 0,45 | 395 | 170 | 260 | 0,72 |
| 6 | | 800 | 0,38 | 521 | 222 | 286 | 0,56 |
| 7 | 30% Tras | 600 | 0,45 | 410 | 176 | 270 | 0,71 |
| 8 | | 800 | 0,38 | 535 | 228 | 292 | 0,56 |
| 9 | 40% Tras | 600 | 0,45 | 425 | 180 | 275 | 0,71 |
| 10 | | 800 | 0,38 | 548 | 235 | 299 | 0,56 |

**Table 2.**

**Properties of foam concrete**

| Properties | Amount of tras element in the composition of the CA, % | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10 | | | 20 | | | 30 | | |
| | Brand of foam concrete, D | | | | | | | | |
| | 600 | | 800 | 600 | | 800 | 600 | | 800 |
| Density, kq/m$^3$ | 629 | 645 | 832 | 615 | 640 | 821 | 619 | 622 | 815 |
| Strength limit, MPa | 2,15 | 2,0 | 2,5 | 2,2 | 2,1 | 2,6 | 2,5 | 2,2 | 3,0 |
| Strength class | B1,5 | B1,5 | B1,5 | B1,5 | B1,5 | B1,5 | B1,5 | B1,5 | B2,0 |
| Heat loss,, Vt/(m.$^0$C | 0,211 | 0,129 | 0,142 | 0,114 | 0,124 | 0,138 | 0,119 | 0,124 | 0,138 |
| Humidity, % | 7,1 | 6,4 | 4,8 | 7,1 | 6,4 | 5,2 | 7,3 | 6,8 | 5,7 |

The strength indicators of foam concrete samples obtained on the basis of a composite adhesive containing 20% and 30% trass are 13-20% higher than those of cement-based samples (Fig. 1). This is due to the monodisperse distribution of macropores due to puzzolaniza-

tion and an increase in the viscosity of foam concrete (according to the Suttard viscometer).

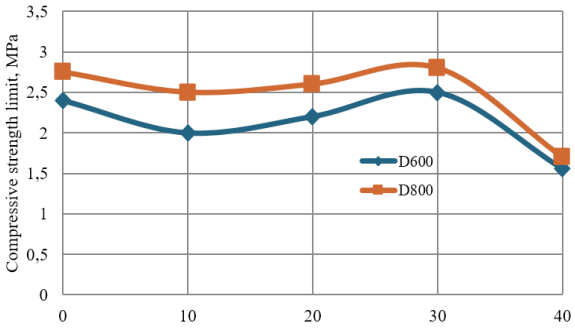



*Fig. 1. The effect of the amount of trace in the concrete on the strength of foam concrete 1 – D 600; 2 - D 800*

When the amount of trass in the concrete is increased to 40%, the strength of foam concrete decreases by 20-28% compared to cement-based samples, and by 48% compared to samples with a 30% trass content. The decrease in the strength of foam concrete is due to a decrease in the clinker content in the adhesive.

The pores of the CA based foam concrete with a 20% cellulose content are mainly closed (Fig. 2, a).

When the amount of trass is increased to 30%, the size of the pores decreases slightly. When the amount of trass is 20-30%, the pore surface is more homogeneous, which is due to deeper hydration of clinker minerals and filling of microvoids with new compounds formed as a result of the pulverization reaction (Fig. 2, a, b). When the trace content reaches 40%, new large pores with a non-uniform surface are formed, which indicates a high total porosity (Fig. 2, c). The collapse of the pore walls, as well as their coalescence, is observed, which leads to the onset of the sedimentation process and a decrease in the homogeneity of the microstructure.

Analysis of micrographs of fracture surfaces of foam concrete samples showed that the density of the interpore partitions increases as a result of the even distribution of prismatic crystals of calcium hydrosilicate and the growth of spongy crystals of clinoptilolite (Fig. 6, a). The surfaces of the pore walls become smooth and form a spherical shape (Fig. 3, b, c).

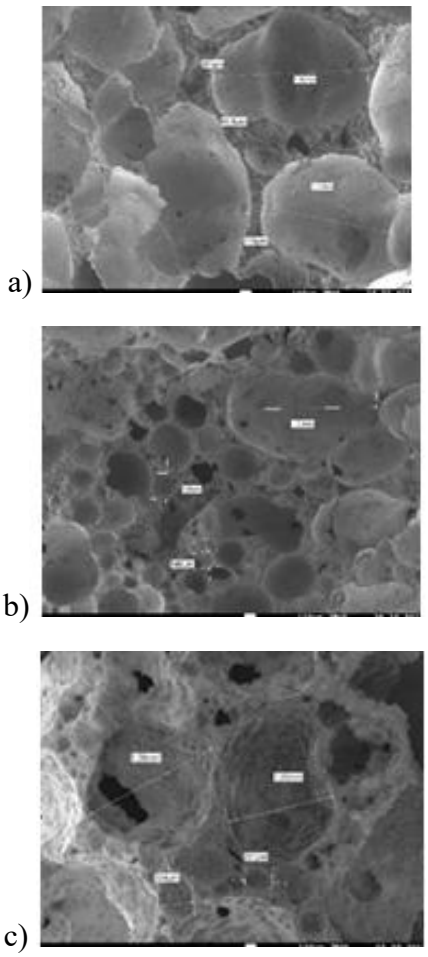



*Fig. 2. Pore sizes in foam concrete of the D600 brand based on CA a) tras 20%, b) tras 30%, c) tras 40%*

**4. Discussion.** One of the main problems limiting the application of foam concrete as a structural-thermal insulation material is its low strength and high shrinkage deformation. To solve this problem, special composition adhesive compositions are developed. The research work confirmed the possibility of using trass as a mineral additive in the composition of the concrete. Foam concrete compositions

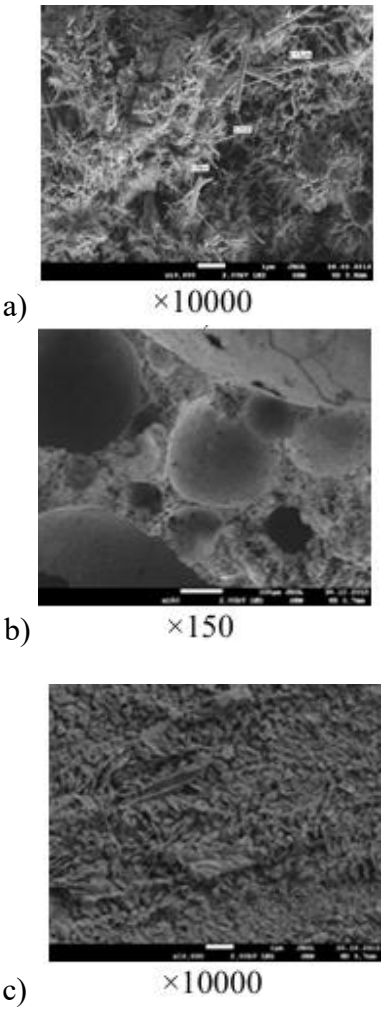



*Fig.3. Microstructure of foam concrete grade D800 with the introduction of 20% tras a -interpore partition, b,c- pore walls*

for wall blocks were developed using river sand as a filler by applying a composition adhesive prepared on the basis of clinker and trass. These compositions allow the production of foam concrete with the following characteristics: density – 600–800 kg/m³; compressive strength limit -2.0-3.0 MPa; thermal conductivity – 0.11–0.14 W/(m°C); shrinkage 2.3-2.7 mm/m. Based on the obtained indicators, foam concrete meets the requirements set by regulatory documents for construction and thermal insulation materials: density grade D600-D800, strength class B1.5- B2, frost resistance grade F25, and shrinkage when dried not exceeding 3 mm/m.

## REFERENCES

1. Narayanan N. Ramamurthy K. Structure and properties of aerated concrete: a review //Cement and Concrete Composites. 2000. 22(5), pp.321-329.
2. Sakharov G.P., Skorikov E.P. Non-autoclaved energy-efficient porous concrete of natural hardening // Izvestiya vuzov. Construction. 2005. No. 7. pp. 49–54.
3. Kearsley E. P., Wainwright P. J. The effect of high volumes of ungraded fly ash on the properties of foamed concrete //Magazine of Concrete Research. 2021.53(5), pp.309-317.
4. Jones M. R., McCarthy A. Preliminary views on the potential of foamed concrete as a structural material //Magazine of Concrete Research, 2015. 57(1), pp. 21-31.
5. 5. Lesovik V.S., Shakhova L.D., Kucherov D.E. Classification of active mineral additives for composite binders taking into account their gene loss // Vestnik Belgorod State Technological University by V.G. Shukhova. 2012. No. 3.pp. 10–14
6. Guvalov A.A., Abbasova S.I. Progress in concrete technology //Scientific Works of the Azerbaijan University of Architecture and Construction, 2017. No. 1. pp. 18-24
7. Guvalov A.A., Abbasova S.I., Controlling the properties of nanomodified cement systems //Scientific Works of the Azerbaijan University of Architecture and Construction. 2020. №1. pp. 90-96.
8. Lotfy A., Hossain K.M. A., Lachemi M. Effect of natural pozzolana on mechanical and durability properties of high-performance concrete //ACI Materials Journal, 2016. 113(6), p.783.

9. Plank J. Sakai, E. Miao, Hong, J.X. Chemical admixtures Chemistry, applications and their impact on concrete microstructure and durability. Cement and Concrete Research. 2015. 78. pp .81-99.

**ABSTRACT**

The theoretical basis of the processes of foam concrete structure formation has been expanded using a composite adhesive prepared on the basis of Portland cement and natural aluminosilicate-containing mineral additives. This adhesive ensures the formation of a porous structure and accelerates the hardening process of the foam mass, as a result of which it is possible to obtain foam concrete with effective physical, mechanical and thermal properties, despite the reduction in the amount of clinker. As a result of the research, it was determined that foam concrete with a density of 600–800 kg/m³, a compressive strength of 2.0–3.0 MPa, a thermal conductivity of 0.11–0.14 W/(m °C); and a shrinkage of 2.3–2.7 mm/m is obtained. The results show that foam concrete meets the requirements for structural heat-insulating materials.

**Keywords:** foam concrete, composite adhesives, structure formation processes, porosity, physical and mechanical properties.

*Məqaləyə AzMİU-nun "Materialşünaslıq" kafedrasının dosenti S.İ. Abbasova rəy vermişdir.*

**UOT 626**

**MƏMMƏDOVA V.V., QULİYEVA T.Q., İDRİSOV S.T.**

*Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti*

## HİDROTEXNİKİ QURĞULARDA AŞAĞI BİYEFİNİN İSTİSMAR ETİBARLIĞININ ARTIRILMASI BARƏDƏ

Bütün derevasiya sistemlərində olduğu kimi, suvarma sistemlərində də əsas obyektlər su təchizatı kanalları və onların daxilindəki hidravlik qurğulardır. Hətta bir kiçik obyektin – hidravlik qurğunun – sıradan çıxması yaxşı qurulmuş və etibarlı suvarma sisteminin bütövlüyünü poza bilər. Bir qurğunun sıradan çıxması sistemin bir hissəsinin işini iflic edə bilər və xüsusən də bir və ya bir neçə təsərrüfatın suvarma rejimini poza bilər. Bu, məhsuldarlığın və suvarmadan iqtisadi təsirin azalmasına səbəb olur.

Bir sistemin və ya obyektin etibarlılığı onun funksionallığını, istismar xüsusiyyətini qorumaq qabiliyyətini xarakterizə edir. Nasazlıqlar arasındakı ehtimal və orta vaxt, mövcudluq amili və digər xüsusiyyətlər etibarlılığın kəmiyyət göstəriciləridir. Bir obyektin müəyyən bir müddət ərzində, yəni *P(t)* ərzində rahat işləmə ehtimalı etibarlılıq, *R(t)=1-P(t)* ehtimalı isə etibarsızlıq adlanır.

Etibarlılıq dəqiq bir məna daşıyır, çünki onu hesablamaq, qiymətləndirmək, ölçmək, proqnozlaşdırmaq və qurğunun tələb olunan etibarlılığını təmin etmək mümkündür. Qurğunun xidmət müddəti müəyyən komponentlərin düzgün işləməsindən asılıdır: hərəkət edən hissələr, hermetikliyi təmin edən birləşmələr, bazada və ya anbarda ehtiyat hissələrinin mövcudluğu, müntəzəm texniki xidmət, əməliyyat prosedurlarına riayət etmək və s. Bu səbəbdən etibarlılıq mühüm rol oynayır [4, 5, 6, 7, 8].

Hidrotexniki qurğuların suvarma və drenaj sisteminin bütövlükdə və ya onun ayrı-ayrı hissələrinin fəaliyyətində müvəqqəti dayanmaya səbəb olan elementlərin, konstruksiyaların və kanalların bütün nasazlıqlarını dörd əsas qrupa bölmək olar [1–3]:

- layihəçilərin səhlənkarlığından yaranan nasazlıqlar;
- tikinti zamanı baş verən qüsurlardan qaynaqlanan zərər;
- istismar zamanı baş verən qəzalar və nasazlıqlar (qəfil nasazlıqlar);
- yaşlanma (materialların yorğunluğu, iqlim şəraiti və s.) və ya tədricən nasazlıqlar səbəbindən yaranan nasazlıqlar.

Hər birinin özünəməxsus xüsusiyyətləri olan bu dörd müstəqil zərər qrupu, obyektin düzgün işləmə ehtimalı vaxtının paylanma əyrisinin növünü müəyyən edir.

Bu məsələnin mahiyyətini aşağıdakı nümunələrlə aydınlaşdırmaq olar:

- layihələndirmə və tikinti təşkilatlarının günahından yaranan nasazlıq nisbəti zamanla azalan bir funksiyadır;
- qəfil nasazlıqlar bütün xidmət müddəti ərzində baş verə bilər və onların nisbəti zamandan faktiki olaraq asılı deyil, yəni sabit bir dəyərdir;
- qurğunun materialının yaşlanması səbəbindən yaranan tədricən nasazlıqlar müəyyən bir zamandan etibarlılığa təsir göstərir.

Su təsərrüfatına xidmət edən hidrotexniki qurğuların uzun müddət etibarlı işləməsini təmin etmək üçün istismarda olan qurğuların istismarı və vəziyyəti ilə bağlı müşahidə məlumatlarını qeyd etmək və təhlil etmək lazımdır. Bu məlumatlara əsasən, yüksək nasazlıq nisbətinə malik qurğuları və ya komponentləri müəyyən etmək və onları yeni layihələrdə nəzərə almaq mümkündür.

Nasazlığın qeydə alınması dövründə aşağıdakılar qeyd edilməlidir:

- məlumatın alınma tarixi;
- komponentin və ya elementin nasazlıq vaxtı və onun işə salınması;
- qurğunun funksional xüsusiyyətləri və onun iş keyfiyyəti;
- nasazlığın xarakterik əlamətləri və müddəti;
- nasazlığın səbəblərinin aradan qaldırılması üçün tədbirlər və s.

Suvarma və drenaj sistemlərinin bütövlükdə, onların komponentlərinin və ya ayrı-ayrı qurğuların etibarlılığının qiymətləndirilməsi nasazlıq ehtimallarının (həm texniki, həm də ekoloji) və onlar arasındakı korrelyasiyaların müəyyən edilməsini əhatə edir. Ekoloji və texniki nasazlıqlar bir-biri ilə sıx bağlıdır və ekoloji nasazlıq texniki nasazlığın birbaşa nəticəsidir.

Məsələn, suvarma mövsümündə borulu qurğular tez-tez kanal yamaclarından biçilmiş alaq otları ilə tıxanır və bu da suyun yuxarı axın kanal dambasında daşmasına və ətraf ərazilərin su altında qalmasına səbəb olur (şəkil 1).

*Şəkil 1.*

Qurğu nə qədər uzun müddət istifadəyə yararsız qalsa, ona bitişik torpaqların su basma sahəsi bir o qədər böyük olacaq və nəticədə bataqlığa çevriləcək

Bu halda, *P(t), saat* etibarlılığı aşağıdakı kimi olacaq:

$$P(t)=1-R_{max}(t) \qquad (1)$$

(1) ifadəsində $R_{max}(t)$-maksimum etibarsızlıqdır, saat.

Qurğunun istənilən vaxt riski sistemə daxil olan ayrı-ayrı elementlərin texniki nasazlıq ehtimallarından funksional asılılıqla müəyyən edilir.

$$R_{tex}(t) = \varphi[r_{texi}(t)] \qquad (2)$$

Struktur funksiyaları φ (sistem elementləri arasındakı əlaqələri onların etibarlılığına əsa-

sən təsvir etmək üçün analitik asılılıqlar) quruluş təhlili, qrafik nəzəriyyəsi, maksimum ehtimal metodları, ən kiçik kvadratlar metodu və riyazi məntiq istifadə edilərək əldə edilə bilər.

Elementlərin nasazlıq ehtimallarını $r_{texi}$-müəyyən etmək üçün əməliyyat vəziyyətlərinin paylanma sıxlığını və hansı nasazlığın baş verdiyini müəyyən edilmiş limit vəziyyətlərini bilmək lazımdır.

Ətraf mühitin nasazlığı ehtimalı $R_{eko}(t)$ texniki nasazlıq üçün olduğu kimi eyni qaydalarla müəyyən edilir. Lakin əvvəlcə hansı konkret sistem elementinin ətraf mühitin pozulmasına səbəb ola biləcəyini müəyyən etmək lazımdır.

Qüvvədə olan qaydalar toplusunun müddəalarına əsasən, həddi-hal vəziyyətində qüvvə təsirləri üçün hidrotexniki qurğuların, konstruksiyaların və elementlərin hesablanması üçün metodlar təqdim olunur.

Hidrotexniki qurğuların həddi-hallarına görə hesablanması, istismar yüklərini qurğunun funksionallığını itirməyəcəyi və ya qəzaya səbəb olmayacağı maksimum icazə verilən hədlərlə müqayisə etməklə onların təhlükəsizliyini təmin etməyə yönəlmişdir. Bu prosesə müxtəlif növ son halların təhlili, "təhlükəsizlik meyarlarının" müəyyən edilməsi və qurğuların vəziyyətini izləmək üçün onların periodik yoxlamaları daxildir.

I qrup üçün (konstruksiyaların, onların konstruksiyalarının və bünövrələrinin daşıma qabiliyyətinin itirilməsi və/və ya istismar üçün tamamilə yararsızlığı) hesablamalara konstruksiya-bünövrə sisteminin ümumi möhkəmliyi və stabilliyi, bünövrələrin və torpaq konstruksiyalarının ümumi sızma möhkəmliyi və sıradan çıxması konstruksiyanın istismarının dayandırılmasına səbəb olacaq ayrı-ayrı konstruksiya elementlərinin möhkəmliyi; bütövlükdə konstruksiyanın möhkəmliyini və ya stabilliyini müəyyən edən konstruksiya yerdəyişmələrinin hesablamaları və s. daxildir;

II üçün (normal istismar üçün yararsızlıq) hesablamalara bünövrələrin və konstruksiyaların sızma da daxil olmaqla yerli möhkəmliyi, yerdəyişmələr və deformasiyalar, çatların və konstruksiya birləşmələrinin əmələ gəlməsi və ya açılması; və birinci qrupun limit halları üçün hesablamalarla əlaqəli olmayan ayrı-ayrı konstruksiya elementlərinin möhkəmlik hesablamaları daxildir.

Daha dəqiq desək:

- yükdaşıma qabiliyyətinin itirilməsi və ya istismar üçün yararsızlıq səbəbindən;
- normal istismar üçün yararsızlıq səbəbindən.

Bu qaydalara əsasən, beton və dəmir-beton elementlərinin son qüvvələr üçün möhkəmlik hesablanması, baxılan hissədə xarici yüklərin və təsirlərin F (kN, kN·m) qüvvəsinin bu hissədəki element tərəfindən qəbul edilə bilən həddi qüvvə $F_{həd}$ (kN, kN·m)-dən çox olmaması şərti ilə aparılır, yəni:

$$F \leq F_{həd} \qquad (3)$$

Bu düstura əsasən, drenaj sistemlərində hidrotexniki qurğuların etibarlılığı aşağıdakı əlaqələrlə müəyyən edilir:

- əyici momentlərinin təsiri altında:

$$\gamma_{lc}\gamma_n M \leq \gamma_c\gamma_b R_{bt} W_t \qquad (4)$$

- elementin uzununa oxu boyunca sıxıcı və dartıcı qüvvələrin təsiri altında

$$\gamma_{lc}\gamma_n N \leq \gamma_c\gamma_s R_s A_s \qquad (5)$$

Bu ifadələrdə $\gamma_{lc}=1$ - əsas yük kombinasiyası üçün yük kombinasiyası əmsalıdır; $\gamma_n=1,15$ III sinfinə aid qurğular üçün nəzərdə tutulmuş etibarlılıq əmsaldır; $M$ - əyici momemtdir, kN·m; $\gamma_c$-iş şəraiti əmsalıdır və müxtəlif hidrotexniki qurğular üçün $\gamma_c=0,7...1,2$ $R_{bt}$ - betonun dartılmada müqavimət əmsalıdır; $\gamma_b=0,9$ yüklərin və təsirlərin əsas kombinasiyası üçün konkret iş şəraiti əmsalı; $A_s$ Iqrup həddi-hal üçün armatur sinfinə görə armaturun hesablama müqaviməti; $W_t$-kəsiyin dartılmış kənarı üçün betonun elastik nəzəriyyəsi ilə

təyin olunan müqavimət momenti; N-oyuna qüvvə, kN; $\gamma_s = 1{,}15$ – I qrup həddi halda armatura görə etibarlılıq əmsalıdır; $A_s = \frac{\pi d^2}{4}$ - armaturun en kəsik sahəsi.

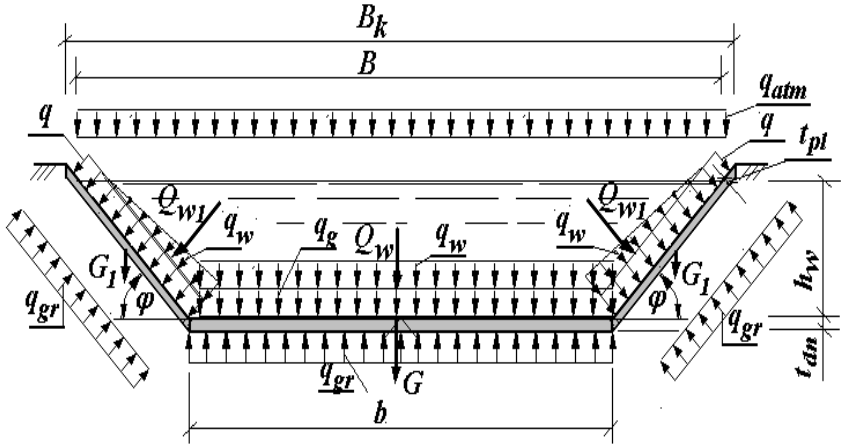
II qrup həddi hal üçün (çat əmələ gəlməsi, açılması və bağlanması, eləcə də deformasiyalar üçün) hidrotexniki qurğu elementlərinin hesablanması onların (3) düsturu ilə hesablanmasına bənzəyir. Məsələn, çat əmələ gəlməsi üçün elementləri hesablayarkən aşağıdakı şərt yerinə yetirilməlidir:

$$a_{cr} \le \gamma_c \Delta_{cr} \qquad (6)$$

$a_{cr}$-çatların hesabi açılmış eni,mm; $\Delta_{cr}$-çatların buraxıla bilən eni, mm.

(3)-(6) ifadələrini təhlil edərkən qeyd etmək olar ki, hidravlik struktur elementlərinin son həd vəziyyətlərinə əsaslanaraq hesablanması metodu deterministikdir. Eyni zamanda, materialların və yüklərin mexaniki xüsusiyyətlərinin statistik paylanması da nəzərə alınır. Buna görə də, bu metod şərti olaraq yarı ehtimallıdır və layihə təşkilatlarına qurğunun elementlərinin etibarlılığını, təhlükəsizliyini və istismara yararlılığını 100%-ə yaxın ehtimalla təmin etməyə imkan verir.

Ən çətin istismar hallarından biri su təsərrüfatı kanalının en kəsiyinin sərt dayaq vəziyyəti və monolit dib dayağındakı qüvvələrin maksimum qiymətinə çatmasına səbəb olan yüklərin kombinasiyası ilə xarakterizə olunur. Hesabat üçün kanal boyunca 1 metr enində dayaq zolağı ayırırıq (şəkil 2).




*Şəkil 2.*

Şəkil 2-də verilmiş sxemə əsasən hesabatı aparmaq üçün aşağıdakı verilənlərdən istifadə olunacaq: kanalın dibdən eni b=20,6m; suyun kənarları arasındakı kanalın eni B=40,6m; kanalın üstən eni $B_k$=45m; kanal dibinin bərkidilmə qalınlığı $t_{dn}$=0,30m; bərkidilmə tavalarının qalınlığı $t_{pl}$=0,15m; kanalda suyun dərinliyi $h_w$=5m; atmosfer təzyiqi $q_{atm}$ =0,0981 Mpa; $q_w$ baxılam element üzərində su təzyiqinin intensivliyi, kN/m; q – nəzərdən keçirilən elementin ölü çəkisinə görə paylanmış yük (təzyiq intensivliyi), kN/m; $q_{gr}$ – qruntun əks təzyiqinin intensivliyi, kN/m; $Q_w$ – dibdə suyun həcmi təzyiqi, kN; $Q_{w1}$ – yamac möhkəmləndiricisində suyun həcmi təzyiqi, kN; G – dib möhkəmləndiricisinin xüsusi çəkisi, kN; $G_1$– yamac möhkəmləndiricisinin xüsusi çəkisi, kN.

Şəkil 3-də qurğunun dibinin bərkidilməsinə təsir edən cəmlənmiş qüvvələrin sxemi verilib.

Verilmiş nümunəyə əsasən hesabatı aparaq. Hesabat aşağıdakı ardıcıllıqla yerinə yetirilir. Mərkəzləşdirilmiş qüvvələrin qiymətini tapaq:

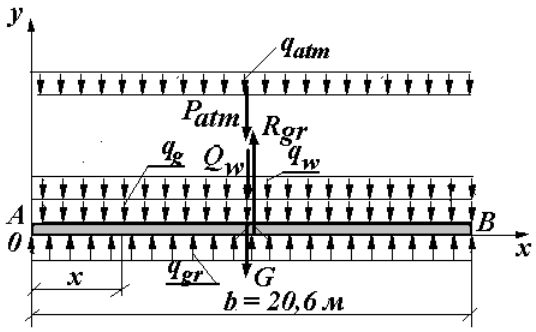
$$P_{atm} = q_{atm} b a \gamma_{f2} = 98,1 \cdot 20,6 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 2425,0 kN$$

$\gamma_{f2} = 1,2$ -faydalı yük əmsalıdır.

$$Q_w = \gamma_w h_w b a \gamma_{fw} = 10 \cdot 5 \cdot 20,6 \cdot 1 \cdot 1 = 1030 kN$$

$\gamma_w = 10 kN/m^3$ - suyun həcmi çəkisi.

$$G = \gamma_b t_{dn} b a \gamma_{f1} = 25 \cdot 0,30 \cdot 20,6 \cdot 1 \cdot 1,1 = 170 kN$$




*Şəkil 3.*

Qurğunun dibində hesabi və standart vahid paylanmış yükü (kN/m) təyin edirik

$$q=(P_{atm}+Q_w+G)/b=(2425+1030+ +170)/20,6=175,97kN/m$$

$$q^n=(P_{atm}+Q_w+G)/b\gamma_f=(2425+1030+ +170)/20,6\cdot1,13=154,35kN/m$$

İ.A. Simvulidinin tövsiyəsinə əsasən hesabi reaktiv təzyiqin (bünövrə qruntunun əks təzyiqinin reaksiyası gr R, kN) ordinatasını təyin edirik.

$$R_{qr} = \frac{\left(\gamma_{qr} - \gamma_w\right) b a t_f \gamma_{f3}}{1+p} = \frac{\left(20,6-10\right) \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 0,9}{1+0,7} = 90,52 kN$$

Real şəraitdə kanalın dibi müəyyən uzununa yamacla qurulur və axın kanal boyunca müəyyən bir sürətlə hərəkət edir və nəticədə $Q_w$ qüvvəsində dəyişiklik yaranır.

Bu qüvvəyə A.İ. Boqomolov, K.A. Mixaylov və P.Q. Kiselyovun tövsiyələrinə əsasən aşağıdakı düsturla təyin olunan $Q_{wk}$ kinetik təzyiqi əlavə olunur:

$$Q_{wk} = \frac{\omega \vartheta^2 \gamma_w}{g} = \frac{82,4 \cdot 2,18^2 \cdot 10}{9,81} = 399,18$$

Nəticədə, qurğunun en kəsiyinin dibində hesabi və standart bərabər paylanmış yükün aşağıdakı qiymətini əldə edirik

$$q=(P_{atm}+Q_w+Q_{wk}+G)/b=(2425+1030+ +399,18+170)/20,6=195,4kN/m$$

$$q^n=q/\gamma_f=195,4/1,13=172,9kN/m$$

Elastik əsas üzərində dəmir-beton zolağın α elastiklik indeksini (göstəricisini) tapırıq

$$\alpha = \frac{\pi E_{qr} b a^3}{E_b I} = \frac{3,14 \cdot 9,36 \cdot 2060 \cdot 100^3}{27500 \cdot 225000} = 9,78$$

İ. A. Simvulidinin tövsiyələrindən istifadə edərək, tirin ucları altındakı qrunta maksimum təzyiq pmax (MPa) təyin edirik.

$$p^n_{max} = \frac{23816 - 29\alpha}{13440 + 29\alpha} q^n = \frac{23816 - 29 \cdot 9,78}{13440 + 29 \cdot 9,78} = 296,5 MPa$$

Maksimum momentin təyini

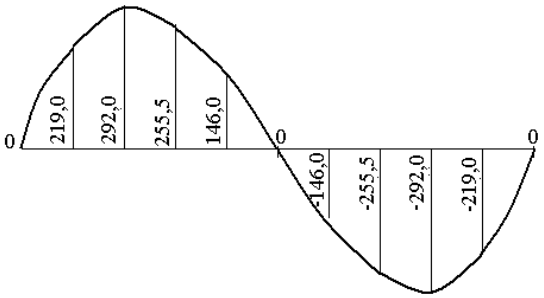
$$\alpha_2 = \frac{15564q}{13440 + 29\alpha} = \frac{15567 \cdot 195,4}{13440 + 29 \cdot 9,78} = \frac{221,6 kN}{m}$$

$$M_{max} = 0,021 a_2 b^2 = 0,021 \cdot 221,6 \cdot 20,6^2 = 1974,8 kN \cdot m$$

Eninə qüvvələrin ordinataları eyni müəllifin düsturu ilə hesablanır:

$$Q_x = \frac{2a_x}{3b^2}(x-b)(2x-b)$$

Hesabat cədvəl 1-də təqdim olunur, ona əsasən qüvvələrin epürü qururuq (şəkil 4).




*Şəkil 4.*

$Q_{max}=292,0kN$ və $M_{max}=1974,8kN\cdot m$. Armaturun en kəsik sahəsini hesablayaq

$A_s=R_bax/R_s=11,5\cdot100\cdot3,29/210=18,02\ sm^2$

Tapılan sahəyə əsasən $A_s=18.02\ sm^2$, 70 mm addımla (1 poqona metri üçün) *9Ø16 A240* ($A_s=18.10\ sm^2$) qəbul edirik.

Aşağıdakı şərtə əsasəb, eninə qüvvələrin təsirinə məruz qalan əyilmə elementi üçün möhkəmlik hesabatını aparırıq:

$$Q_{max} = 292kN \le \varphi_{b1}R_b a h_0 = 0,3\cdot1,15\cdot100\cdot27 = 931,5$$

Şərt ödənir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Мамбетов, Э.М. О надежности гидротехнических сооружений Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2011. – Т. 2, № 2. – С. 151–157.
2. Алтунин, В.С. Особенности взвесенесущего потока в канале и расчет надежности Гидротехническое строительство. – 1989. – № 7. – С. 11–16.
3. Кауфман, Б.Д. Оценка надежности гидротехнических сооружений при динамических воздействиях в условиях неполноты исходной информации: автореф. дис. … д-ра техн. наук: 05.23.07 СПб., 2015. – 36 с.
4. Кауфман, Б. Д. К оценке надежности сооружения и системы «сооружение – основание» в рамках динамической теории Гидротехническое строительство. – 2014. – № 12. – С. 44–50.
5. Долгушев, И. А. Повышение эксплуатационной надежности оросительных каналов М.: Колос, 1975. – 136 с.
6. Косиченко, Ю. М. Вопросы безопасности и эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений мелиоративного назначения природообустройство. – 2008. – № 3. – С. 67–71.
7. Косиченко, Ю.М. Высоконадежные конструкции противофильтрационных покрытий каналов и водоемов, критерии их эффективности и надежности Гидротехническое строительство. – 2014. – № 8. – С. 18–25.

**Məmmədova V.V., Quliyeva T.Q.,**
**İdrisov S.T.**

**Hidrotexniki qurğularda aşağı biyefinin istismar etibarlığının artırılması barədə**

## XÜLASƏ

Ötən əsrin son onilliklərində hidrotexniki qurğular (etibarlılıq nəzəriyyəsi şəklində) spesifik tətbiq tapdılar. Etibarlılıq nəzəriyyəsinin elementləri yerli və xarici alimlərin əsərlərində öz əksini tapmışdır. Bu əsərlərdə hadisələr "ehtimal olunan" və "ehtimal olunmayan" olaraq bölünür. Bu bölgü artıq layihəçiləri qane etmir, çünki onlar hazırda etibarlılıq tədqiqatları üçün kəmiyyət metodlarına ehtiyac duyurlar. Derevasiya sistemlərdə istifadə olunan hidrotexnikiqurğular düz ərazilərdə suvarma sistemlərində istifadə olunanlarla eynidir.Baxılan məqalədə əlavə kinetik təzyiq əlavə edilməklə dinamik yükləri nəzərə alan hesablaması verilir.

Kinetik təzyiq, işləyərkən su qurğunun quyruq hissəsinin dayaq lövhələrinin stabilliyinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir.

***Açar sözlər****: hidrotexniki qurğular, konstruktiv elementlərin etibarlılığı, derevasiyalı meliorasiya sistemi*.

**В.В. Мамедова, Т.Г. Кулиева,**
**С.Т. Идрисов**

**О повышении эксплуатационной надежности нижнем бъефе гидротехнических сооружений**

Элементы теории надёжности отражены в трудах отечественных и зарубежных учёных. В этих работах события подразделяются на «вероятные» и «маловероятные». Такое разделение уже не удовлетворяет проектировщиков, поскольку им необходимы количественные методы исследования надёжности. Гидравлические устройства, используемые в системах деривации, аналогичны используемым в системах орошения на равнинных участках. В рассматриваемой статье представлен расчёт, учитывающий динамические нагрузки путём добавления дополнительного кинетического давления. Кинетическое давление существенно влияет на устойчивость опорных плит хвостовой части гидротехнического устройства в процессе эксплуатации.

**V.V. Mammadova, T.G.Guliyeva,**
**S.T. Idrisov**

**On the improvement of operational reliability in the lower part of hydrotechnical constructions**

**ABSTRACT**

Elements of the theory of reliability are reflected in the works of domestic and foreign scientists. In these works, events are divided into "probable" and "unlikely". Such a division no longer satisfies designers, as they need quantitative methods of reliability research. Hydraulic devices used in derivation systems are similar to those used in irrigation systems on flat areas. The article in question presents a calculation that takes into account dynamic loads by adding additional kinetic pressure. Kinetic pressure significantly affects the stability of the support plates of the tail part of the hydraulic device during operation.

*Məqaləyə AzMİU-nun "Meliorasiya və su təsərrüfatı tikintisi" kafedrasının dosenti M.S. Zərbəliyev rəy vermişdir.*

**UOT: 69743**

**KƏRIMOV A.K., HÜSEYNOV N.H.,**

*Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti*

## YERÜSTÜ SU MƏNBƏLƏRİNİN KEYFİYYƏTİ

Yaşayış məntəqələrinin içməli su ilə təminatında ən vacib məsələlərdən biri uyğun su mənbəyinin seçilməsi və həmin mənbənin əhalinin tələbatını qarşılayan keyfiyyətdə olmasıdır. Mənbənin seçilməsində əsas meyar məhz onun sanitar təhlükəsizliyi, yəni çirklənməyə qarşı davamlılığıdır. Bu baxımdan üstünlük, adətən, çirklənmədən yaxşı qorunan təbəqələrarası təzyiqli (artezian) sulara verilir. Belə ehtiyatlar kifayət etmədikdə isə, yalnız zərurət yarandıqda digər növ yeraltı və ya yerüstü su mənbələrindən istifadə tövsiyə edilir.

Praktikada bir çox hallarda yeraltı su ehtiyatlarının kifayət etməməsi səbəbindən su

təchizatı şəbəkələri çaylar, göllər, su anbarları və kanallar kimi yerüstü mənbələrdən asılı olur. Lakin bu tip sular məişət, sənaye və kanalizasiya suları ilə çirklənməyə daha açıq olduğundan, onların keyfiyyəti adətən yeraltı sulardan xeyli zəif olur. Səth sularında adətən minerallaşma aşağı, bulanıqlıq, rənglənmə və mikrobioloji çirklənmə isə yüksək olur. Buna görə də, belə suların içməli su kimi istifadəsi üçün mütləq təmizlənməsi və dezinfeksiya olunması tələb edilir.

Təbii suyun keyfiyyəti onun tərkibində müxtəlif mənşəli maddələrin mövcudluğu ilə müəyyən olunur və bir sıra fiziki (rəng, qoxu, temperatur, bulanıqlıq), kimyəvi (pH, quru qalığın miqdarı, oksidləşmə qabiliyyəti, qələvilik), bioloji və bakterioloji göstəricilərlə qiymətləndirilir. Sanitar norma və qaydalara əsasən içməli su epidemioloji cəhətdən təhlükəsiz, kimyəvi baxımdan zərərsiz və orqanoleptik xüsusiyyətlərinə görə xoşagələn olmalıdır.

Suyun çirklilik dərəcəsini qiymətləndirən mühüm göstəricilərdən biri oksidləşmə qabiliyyətidir. Bu göstərici sudakı üzvi maddələrin oksidləşməsi üçün tələb olunan oksidləşdirici reagentin miqdarı ilə müəyyən edilir. Çirklənmiş suların qiymətləndirilməsində adətən bikromat üsulu ilə müəyyən edilən KOT (kimyəvi oksigen tələbatı), içməli suyun qiymətləndirilməsində isə daha çox permanqanat oksidləşmə qabiliyyəti tətbiq edilir.

Su təmizləyici qurğular layihələndirilərkən son üç il ərzində aparılmış analizlər əsasında suyun maksimum bulanıqlıq və rəng dəyərləri müəyyənləşdirilməlidir. Eyni zamanda, içməli suda zərərli maddələrin konsentrasiyası normadan artıq olduqda, onların ümumi təsiri sanitar-toksikoloji normalara əsasən 1-dən çox olmamalıdır.

Mərkəzləşdirilmiş su təchizatı sistemlərində istifadə olunan su mənbələri keyfiyyət göstəricilərinə görə təsnifləndirilir. Yeraltı sular üç sinfə bölünür:

- **I sinif** – keyfiyyət tam şəkildə normaya uyğun olur və təmizlənməyə ehtiyac qalmır;
- **II sinif** – bir neçə göstərici normadan kənara çıxa bilər, lakin bu uyğunsuzluqlar aerasiya, filtrasiya və dezinfeksiya vasitəsilə aradan qaldırılır;
- **III sinif** – su tələblərə uyğun deyil və əlavə reagentlərlə təmizlənmə, çökmə, sorbsiya və digər kompleks tədbirlər tələb olunur.

Yerüstü mənbələr də eyni prinsiplərlə üç sinfə ayrılır, lakin burada suyun təmizlənməsi səviyyəsi adətən daha geniş texnoloji proses tələb edir – laxtalanma, çökmə, filtrasiya, mikrofiltrasiya, oksidləşdirici və sorbsiya üsulları və digər mərhələlər (cədvəl 1).

Üzvi maddələrlə çirklənmiş sular yalnız su obyektlərinin ekoloji tarazlığını pozmur, həm də insan sağlamlığı üçün ciddi təhlükə yaradır. Xüsusilə bu gün içməli suyun keyfiyyəti Cəmiyyətdə ən çox müzakirə olunan məsələlərdən biridir. Çünki içməli suyun çirklənməsinə gətirib çıxaran amillər çoxsaylıdır və əksər hallarda kran suyu elə səth sularından əldə olunur ki, bu mənbələr antropogen təsirə daha açıqdır. Nəticədə, keyfiyyətsiz suyun müntəzəm istifadəsi müxtəlif xəstəliklərin yaranmasına şərait yaradır.

İnsana təqdim edilən suyun kimyəvi tərkibi sağlamlığa birbaşa təsir göstərir və ideal halda içməli suda heç bir zərərli qarışıq olmamalıdır. Eyni zamanda təbii sularda orqanizmin metabolik prosesləri üçün lazımi miqdarda mikroelementlərin mövcudluğu xüsusi əhəmiyyət daşıyır.

Neft mənşəli maddələrin və digər üzvi çirkləndiricilərin suda olması insan orqanizmi üçün xüsusilə təhlükəlidir. Belə maddələr uzun müddət istifadə edildikdə xroniki xəstəliklərə, onkoloji proseslərin inkişafına və reproduktiv sistemin pozulmasına səbəb ola bilər. İçməli suyun ən təhlükəli çirkləndiricilərindən biri də ağır metallar hesab olunur. Onların toxumalarda yığılması həm kəskin zəhərlənmələr, həm də ağır xroniki patologiyalar törədir. Bu maddələrin ətraf mühitə daxil olmasının əsas mənbələri metallurgiya müəssisələri, avtomobil emissiyaları və müxtəlif məişət kimyəvi maddələridir.

*Cədvəl 1*

*Su təchizatı mənbələrinin suyun keyfiyyət göstəriciləri*

| Göstəricinin adı mənbə suyunun keyfiyyət göstəriciləri | Göstəricinin adı mənbə suyunun keyfiyyət göstəriciləri | | |
|---|---|---|---|
| **Yeraltı bulaqlar** | | | |
| Bulanıqlıq, mg/dm, artıq deyil | 1,5 | 1,5 | 10,0 |
| Rəng, dərəcə, daha çox | 20 | 20 | 50 |
| Hidrogen göstəricisi | 6-9 | 6-9 | 6-9 |
| Dəmir, mg/dm, artıq deyil | 0,3 | 10 | 20 |
| Manqan, mq/dm, artıq deyil | 0,1 | 1 | 2 |
| Hidrogen sulfid, mg/dm, artıq deyil | yoxluğu | 3 | 10 |
| Permanganatın oksidləşməsi, | 2 | 5 | 15 |
| mq/dm, artıq deyil | 3 | 100 | 1000 |
| **Səth mənbələri** | | | |
| Bulanıqlıq, mg/dm, artıq deyil | 20 | 1500 | 10000 |
| Rəng, dərəcə, daha çox | 35 | 120 | 200 |
| 20 və 600C-də qoxu, bal, daha çox deyil | 2 | 3 | 4 |
| Hidrogen göstəricisi | 6,5-8,5 | 6,5-8,5 | 6,5-8,5 |
| Dəmir, mg/dm, artıq deyil | 1 | 3 | 5 |
| Fitoplankton, mg/dm, artıq deyil | 1 | 5 | 50 |
| Permanganatın oksidləşməsi, | 7 | 15 | 20 |
| Laktoza müsbət sayı coli, 1 dm-də, artıq deyil | 1000 | 10000 | 50000 |

Permanqanat oksidləşmə qabiliyyətinin yüksəldiyini göstərən üzvi komponentlər isə insanın sinir sistemi, qaraciyər və böyrəklər daxil olmaqla bir çox həyati orqanlarına zərər vurur, eyni zamanda immun sistemini zəiflədir. Cədvəl 2-də müxtəlif çirkləndiricilər üçün maksimum icazə verilən konsentrasiyalar və onların insan sağlamlığına təsirini əks etdirən normativ göstəricilər verilmişdir.

Təbii su mürəkkəb və dəyişkən sistem olub, həll olunmuş qazlar, mikroorqanizmlər, mineral və üzvi maddələrdən ibarətdir; bu maddələr həm həll olunmuş, həm kolloidal, həm də asılmış formada olur. Tərkibində olan qazlar arasında $CO_2$, $O_2$, $H_2S$, $N_2$ və $CH_4$ ən böyük əhəmiyyət daşıyanlardır. Bu qazların sudakı miqdarı onların fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərindən, qismən təzyiqdən, suyun temperaturundan və su mühitinin tərkibindən asılı olaraq dəyişir.

İçməli suyun əsas xüsusiyyəti onun insan sağlamlığı üçün təhlükə yaratmamasıdır. Buna görə də belə su həm epidemioloji, həm də radiasiya baxımından tam təhlükəsiz olmalı, kimyəvi tərkibi ilə orqanizmə zərər verməməli və orqanoleptik xüsusiyyətləri – dadı, qoxusu, rəngi və şəffaflığı – baxımından qəbul edilir səviyyədə olmalıdır. Su paylayıcı şəbəkəyə ötürülməzdən əvvəl onun gigiyenik norma və tələblərə tam uyğunluğu təmin edilməlidir.

Təbii suyun keyfiyyət göstəricilərini müəyyən edən əsas amillər isə müxtəlif fiziki, kimyəvi və bioloji parametrlər əsasında formalaşır; bu amillərin hər biri suyun ümumi sanitar vəziyyətinə birbaşa təsir göstərir.

Təbii sulara üzvi maddələrin daxil olmasının əsas mənbələri torpaq və torf humusu, bitki və heyvan mənşəli qalıqların parçalanması,

*Cədvəl 2*

*İçməli su komponentlərinin insan sağlamlığına təsiri*

| İçməli su komponenti | Standart, mq/l-dən çox | İnsan bədəninə təsir |
|---|---|---|
| Alüminium | 0,5 | Üzərində təsir sinir sistemi funksiyaları |
| barium | 0,1 | Ürək-damar sisteminin pozulması |
| Dəmir | 0,3 | Allergik reaksiyalar |
| Bor | 0,5 | Bədənin qida, ürək-damar və sinir sistemlərinin funksiyalarının pozulması |
| Maqnezium | 20 | Çatışmazlıq sinir sisteminin və ürək əzələlərinin disfunksiyasına və artıqlığına səbəb olur, mədə-bağırsaq traktının xəstəliklərinin inkişafı |
| manqan | 0,1 | Çatışmazlıq qanın pozulmasına, həddindən artıq - mərkəzi sinir sisteminə və ağciyərlər |
| Flüor | 1,5 | Kariyesin əmələ gəlməsi |
| Xrom | 0,5 | Dezavantaj böyümə sürətinin azalmasıdır, həddindən artıqdır allergik reaksiyalar |

habelə məişət və sənaye müəssisələrinin tullantı sularıdır. Bu tip maddələr suyun tərkibində həm həll olunmuş formada, həm də asılı hissəciklər şəklində mövcud olur.Suda asılı bərk maddələrin aşkar olunması, adətən yaz və payız sel suları ilə birlikdə torpaq qatının yuyulması, çay yataqlarının aşınması və ya müxtəlif üzvi və mineral hissəciklərin suya qarışması ilə bağlıdır. Bu çirklər gil, qum, lil, yosun və digər üzvimənşəli maddələrdən ibarət ola bilər. Suyun bulanıqlığı isə bu asılı maddələrin ümumi miqdarını, şəffaflıq isə əks göstərici kimi onların suyun optik xüsusiyyətinə təsirini əks etdirir.

Ən aşağı bulanıqlıq dərəcəsi adətən su obyektlərinin buzla örtüldüyü qış aylarında müşahidə olunur. Yaz aylarında sular daşqın səbəbindən daha çox çirklənir, yay mövsümündə isə yağıntılar, fitoplankton və zooplanktonun intensiv inkişafı nəticəsində bulanıqlıq artır. Bəzi kimyəvi proseslər – məsələn, karbonatların çökməsi, alüminium və manqan hidroksidlərinin ayrılması, həmçinin humus mənşəli üzvi maddələrin çoxalması – suyun bulanıqlığını daha da yüksəldə bilər.

Təbii sularda mövcud olan üzvi maddələr suyun orqanoleptik göstəricilərinə birbaşa təsir göstərir: xoşagəlməz qoxular yaradır, rəngliliyi artırır və həm insanlar, həm də heyvanlar üçün əlavə təhlükələr yaradır. Bu maddələrin əsas hissəsi torpaq və torf humusundan, orqanizmlərin bioloji parçalanma məhsullarından və antropogen çirkab sularından qaynaqlanır.

Üzvi və asılı çirklərin yüksək konsentrasiyası suyun təsərrüfat və içməli məqsədlər üçün istifadəsini çətinləşdirir. “Chemical Abstracts” məlumat bazasında 15 milyondan çox üzvi birləşmə qeyd olunur və bunların əksəriyyəti müəyyən dərəcədə suda rast gəlinə bilər. Lakin bütün bu maddələrin eyni anda tam analizi praktiki olaraq mümkün deyil.

Bu səbəbdən üzvi çirkləndiricilər iki əsas qrupa bölünür:

- **Antropogen mənşəli üzvi mikroçirkləndiricilər** – pestisidlər, neft-karbohidrogenləri və digər sənaye kimyəvi maddələri;
- **Təbii üzvi maddələr (NOM)** – bütün üzvi tərkibin təxminən 80–90%-ni təşkil edir.

Təbii mənşəli üzvi maddələr birbaşa toksik olmasa da, içməli suyun təmizlənməsi texnologiyalarına ciddi maneə yaradır. Bu maddələrin ən çox rast gəlinən növü suya sarı və ya qəhvəyi rəng verən humik birləşmələrdir. “Humik maddələr” termini (lat. *humus* – torpaq) ilk dəfə 1786-cı ildə alman tədqiqatçısı Açard tərəfindən torfdan təcrid olunmuşdur. Bu maddələr

iki əsas qrupa ayrılır: humik turşuları və huminlər (cədvəl 3) .

***Cədvəl 3.***

| **Mənbə** | **C** | **H** | **N** | **O** |
|---|---|---|---|---|
| daş kömürlər | 66 | 4,4 | 1,8 | 27,8 |
| qəhvəyi kömürlər | 66 | 4,6 | 1,3 | 28,1 |
| torf | 56 | 5,5 | 2,2 | 33,3 |
| sapropellər | 58 | 6,3 | 4,8 | 30,9 |
| podzollar | 53 | 4,4 | 4,2 | 38,4 |
| çernozemlər | 58 | 4,3 | 4,1 | 33,6 |

Humik turşuların tərkibi əsasən 46–62% karbon, 3–6% azot, 3–5% hidrogen və 32–38% oksigendən ibarət olur. Fulvik turşular isə daha az karbon (36–44%) və nisbətən çox oksigen (45–50%) ehtiva etməsi ilə seçilir; həmçinin onların 3–4,5% azot və 3–5% hidrogen tərkibi mövcuddur. Bu səbəbdən fulvik turşular humik turşulara nisbətən daha yüksək oksidləşmə qabiliyyətinə malikdir. Hər iki maddə arasında əsas fərqlər sistemləşdirilərək cədvəl 4-də ümumiləşdirilir.

***Cədvəl 4.***

***Humik turşuların xüsusiyyətləri***

| İndeks Humik turşular Fulvik turşular | İndeks Humik turşular Fulvik turşular | İndeks Humik turşular Fulvik turşular |
|---|---|---|
| C | 46-62% | 36-44% |
| H | 3-5% | 3-5% |
| N | 3-6% | 3-4,5% |
| O | 32-38% | 45-50% |
| Amfoter növü | Amfoter növü | Amfoter növü |
| Molekulyar kütlə: | | |
| Aralığı | 1000 – 1000000 | 100 – 50000 |
| Orta çəki | 10 000 | 5000 |
| Funksional qruplar | Amin, amid, fenolik, karboksil | Amin, amid, fenolik, karboksil |
| Hidrogen indeksi, pH | 3; 4,77; 10,0 | 4,3; 8,0; 9,3 |
| Suda həllolma | | |
| turşular<br>natrium duzları | Həll olunmayan<br>Həll olunan | Həll olunan<br>Həll olunan |
| $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$, $Fe^{3+}$, $Al^{3+}$ | Həll olunmayan | Həll olunan |
| Çaylarda məzmun, % | 0-20 | 80-100 |
| xüsusi rəng, deq/mq | 12,2 | 3,1 |
| permanqanatın oksidləşmə qabiliyyəti turşular | 0,79 | 0,45 |
| Hər dərəcə üçün xüsusi permanqanatın oksidləşmə qabiliyyəti xromatiklik | 0,065 | 0,145 |

Humik və fulvik turşuların kimyəvi xüsusiyyətləri səth sularında onların necə dispersləşdiyini, miqdarını və nisbətlərini müəyyənləşdirir. Xüsusilə humin turşuları molekulyar çəkilərinin dəyişkənliyi, funksional qruplarının müxtəlifliyi və suda fərqli həllolma xüsusiyyətlərinə görə suların çoxpilləli təmizlənmə texnologiyalarının tətbiqini tələb edir.

Bu maddələrin alüminium ionları ilə həll olunan komplekslər yaratmaq qabiliyyəti suyun

keyfiyyəti üçün ciddi problemlərə səbəb olur. Belə komplekslərin formalaşması suyun rəngini və bulanıqlığını artırır, həmçinin tərkibindəki üzvi maddələrin və həll olunmuş alüminiumun miqdarının yüksəlməsinə gətirib çıxarır. Daşqın dövrlərində asılı bərk hissəciklərin miqdarı artdığı üçün rəng və bulanıqlıq göstəriciləri də yüksəlir. Bu mərhələdə koaqulyant dozasının artırılması ilə keyfiyyətin yaxşılaşdırılması adətən nəticə vermir, əksinə, suyun tərkibində qalıq alüminiumun səviyyəsi daha da artır.

Yerüstü su mənbələrinin keyfiyyətinə təsir edən əsas göstəricilər kimi rənglilik, bulanıqlıq, üzvi maddələrin miqdarı, permanqanat oksidləşmə qabiliyyəti, BOD və COD kimi parametrlər qiymətləndirilir. Bu göstəricilərin əksəriyyəti bir çox su obyektlərində normadan iki dəfədən artıq, bəzi yerlərdə isə on iki dəfəyə qədər yüksəlmişdir ki, bu da həmin suların təbii və antropogen çirklənməyə əhəmiyyətli dərəcədə məruz qaldığını göstərir.

Paylayıcı şəbəkəyə daxil edilən suyun təhlükəsizliyini təmin etmək üçün standartlara uyğun olaraq mikrobioloji, kimyəvi və orqanoleptik göstəricilər üzrə müntəzəm analizlər aparılmalıdır. Yerüstü mənbələrdən su alan sistemlər üçün analizlərin tezliyi adətən həftədə ən azı bir dəfədir, lakin yaz və payız mövsümlərində çirklənmənin artması səbəbindən gündəlik nəzarət tələb olunur. Əhali sayı 10 min nəfərdən çox olan ərazilərdə isə gündəlik monitorinq əsas şərt sayılır.

Azərbaycanın su təchizatında çaylar, göllər və süni su anbarları əsas rol oynayır. Bu mənbələrdə suyun rəngi platin–kobalt şkalasına görə qış aylarında 50 dərəcədən başlayaraq daşqın dövründə 400 dərəcəyə qədər yüksələ bilər. Rənglilik, yüksək BOD və COD göstəriciləri, eləcə də nisbətən aşağı bulanıqlıq həmin sularda demək olar ki, həmişə təbii və antropogen mənşəli üzvi maddələrin kolloid və həll olmuş formada çoxluq təşkil etdiyini göstərir.

Bəzi Azərbaycan su obyektlərində dəmir və manqanın miqdarı müvafiq normativləri xeyli aşır. Bu artım əsasən humik və fulvik turşuların suda çox olması ilə bağlıdır və həmin komponentlər suyun rəngi, dadı, çirklilik səviyyəsi və ümumi kimyəvi göstəricilərinə ciddi təsir göstərir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Alekseeva L.P. Koaqulyasiya suyunun təmizlənməsi prosesinin intensivləşdirilməsi //Texnologiyanın ən yaxşı nailiyyətləri. 2014. №3. səh. 6-14.
2. Alekseeva L.P. Digər koaqulyantlarla müqayisədə alüminium oksixloriddən istifadənin effektivliyinin qiymətləndirilməsi // Su təchizatı və sanitariya mühəndisliyi. 2003. № 2. səh.14-19.
3. Babenkov E.D. Suyun koaqulyantlarla təmizlənməsi. Moskva: "Nauka" nəşriyyatı, 1977. 356 s.
4. Belan F.I. Suyun təmizlənməsi (hesablamalar, nümunələr, tapşırıqlar). M. : Enerji, 1980. 256 s.
5. Musayev Ş. Su təchizatı mənbələrinin ekoloji vəziyyətinin əhalinin sağlamlığına təsiri // Müasir şəraitdə gigiyena, ekologiya və sağlamlıq riskləri. 2017. №3. səh. 197-200.

## XÜLASƏ

Aparılan araşdırmalar göstərdi ki, içməli suyun keyfiyyətinin formalaşması həm təbii, həm də antropogen amillərin birgə təsiri ilə müəyyən olunur. Təbii sularda üzvi maddələrin, xüsusən humik və fulvik turşuların geniş yayılması suyun rəngliliyini, bulanıqlığını və ümumi kimyəvi tərkibini əhəmiyyətli dərəcədə dəyişdirir.

Çay və su anbarlarında müşahidə olunan mövsümi dəyişikliklər – xüsusilə yaz və payız daşqınları – suda asılı bərk hissəciklərin və üzvi çirkləndiricilərin kəskin artımına səbəb olur. Bu da suyun bulanıqlığını yüksəldərək təmizləmə qurğularında əlavə yüklənmə yaradır. Eyni zamanda, laborator analizlərin nəticələri

göstərir ki, bir çox su obyektlərində üzvi maddələrin miqdarı normadan iki və hətta on iki dəfə artıqdır ki, bu da həm təbii eroziyanın, həm də antropogen təsirlərin intensivliyini sübut edir. Azərbaycanın bir sıra su mənbələrində dəmir və manqan kimi elementlərin konsentrasiyası qəbul edilmiş standartları aşır. Bu artım da əsasən humik mənşəli maddələrin suda yüksək miqdarda olmasına bağlıdır və suyun orqanoleptik göstəricilərini daha da pisləşdirir.

Beləliklə, nəticə olaraq demək olar ki, yerüstü su mənbələrinin ekoloji vəziyyəti və onların içməli su kimi istifadəyə yararlılığı birbaşa təbii üzvi maddələrin miqdarından, mövsümi proseslərdən və antropogen təsirlərdən asılıdır. Su təchizatı sisteminin etibarlılığını təmin etmək üçün yalnız standart laborator nəzarət kifayət etmir; həm də su təmizləmə texnologiyalarının təbii üzvi maddələrin xüsusiyyətlərinə uyğunlaşdırılması, xüsusilə humik və fulvik turşuların təsirini zəiflədən kompleks texnoloji həllərin tətbiqi zəruri sayılır.

***Açar sözlər:*** *su, su təchizatı, yerüstü sular, reagentlər, təmiz su , humik turşular*

## АННОТАЦИЯ

Во всех водных объектах Азербайджанской Республики говорят о методах предотвращения попадания биогенных элементов в источники питьевой воды, на основе которых готовятся комплексные мероприятия, состоящие из габионных конструкций и системы биоплато. В результате анализа существующих методов предотвращения попадания биогенных элементов в водные объекты определена необходимость укрепления берега сооружениями, предотвращающими эрозию почвы, а также проведение дальнейшей очистки поверхностных вод; Для предотвращения попадания биогенных веществ в водоемы предложены две схемы укрепления берегов и очистки поверхностных вод: Очистка поверхностного стока в несколько этапов: механическая очистка через габионные конструкции и биологическая очистка на биоплато. Такая схема применяется для водосбора с дренажным коллектором, для участков с рассредоточенными источниками питательных веществ без дренажного коллектора предлагается схема посадки многоводных растений непосредственно на габионные конструкции путем размещения геотекстильных мешков, семена высаживают прокалывание специальной спицей.

***Ключевые слова:*** вода, водоснабжение, поверхностные воды, реагенты, чистая вода, гуминовые кислоты

## SUMMARY

Studies have shown that the formation of the quality of drinking water is determined by the combined influence of both natural and anthropogenic factors. The widespread use of organic matter in natural waters, especially Humic and fulvic acids, significantly changes the colorfulness, turbidity and overall chemical composition of the water. The property of these substances to form complexes with metals such as aluminum complicates the process of water purification, and sometimes even increasing the coagulant does not give the desired result.

Seasonal changes observed in rivers and reservoirs – especially spring and autumn floods – lead to a sharp increase in suspended solid particles and organic pollutants in the water. This increases the turbidity of the water, creating an additional load on the treatment plants. At the same time, the results of laboratory analyzes show that the content of organic matter in many water bodies exceeds the norm by two or even twelve times, which proves the intensity of both natural erosion and anthropogenic impacts.

Studies have also shown that the concentration of elements such as iron and manganese in a number of water sources in Azerbaijan exceeds the accepted standards. This increase

is also largely due to the high content of substances of humic origin in water, which further worsens the organoleptic indicators of water.

Thus, In conclusion, it can be said that the ecological state of surface water sources and their suitability for use as drinking water directly depend on the amount of natural organic matter, seasonal processes and anthropogenic influences. To ensure the reliability of the water supply system, not only standard laboratory control is sufficient; it is also considered necessary to adapt water treatment technologies to the properties of natural organic substances, in particular, to introduce complex technological solutions that weaken the effect of humic and fulvic acids.

***Keywords:*** water, water supply, surface water, reagents, clean water, humic acids.

*Məqaləyə AzMİU-nun "Mühəndis sistemləri və qurğularının tikintisi" kafedrasının baş müəllimi G.S. Mirzə rəy vermişdir.*

**UOT 627.8**

**MÜRSƏLOV A.Ə., QULİYEVA T.Q., XƏLİLZADƏ N.A., ABBASOV Ş.İ.**

*AzMİU*
*aqil10233@gmail.com; teranee1965@gmail.com;*
*xeliizadenurlan28@gmail.com; sabbasov228@gmail.com*

## YENİ KONSTRUKSİYALI DAXİLİ DRENAJLARI OLAN EKRANLI TORPAQ BƏNDLƏRİN GÖVDƏSİNİN SIZMAYA HESABLANMA METODİKASI

***Giriş.*** Torpaq bəndlərin gövdəsi zəif susızdıran qruntlardan təşkil olunduqda, onların konstruksiyalarının möhkəmləndirilməsi və gövdədən keçən sızma axınının yolunu uzatmaq məqsədilə yuxarı byefdə yamac örtüyünün altında gil, yaxud gillicə materialından ekran yerləşdirilir [6]. Su anbarı hidrodüyünlərinin aşağı biyefində su olmadıqda, torpaq bəndin aşağı yamacının daban hissəsində banket prizmalı drenajın, bənd gövdəsində bünövrə xəttinin üzərində oturan, yaxud bu xətt üzrə yerləşən təkmilləşdirilmiş konstruksiyalı və daha da kiçik ölçülü drenajla (daxilində perforasiyalı boru yerləşdirilmiş) əvəz olunması əlverişli hesab edilir.

***Problemin qoyuluşu.*** Ekranlı torpaq bəndlərin aşağı byefində suyun olmadığı və olduğu hallarla rastlaşıldıqda, sızma axınının bəndin gövdəsindən çıxış ordinatının qrafiki üsulla təyini baxılan bu məsələlərin həm çətinliklə, həm də qeyri-dəqiq həll olmasına gətirib çıxarır [4]. Bu məsələlərin daha da asanlıqla və dəqiq yolla həll edilməsi üçün mühəndisi yanaşma metodlarını əsas tutaraq, xüsusi tədbirlərin görülmə zərurəti yaranır.

***Problemin həlli.*** Ekranlı torpaq bəndlərdə yeni konstruksiyaya malik plasmas perforasiya borulu drenaj quruluşunu düzgün tətbiq etməklə, sızma yolunu optimal (əlverişli) məsafədə götürmək mümkün ola bilər. Ekran elementli torpaq bənd qurğularında da özəkli bəndlərdə olduğu kimi virtual əvəzləmə apararaq, bu cür bənd qurğusunu şərti olaraq bircins materiallı torpaq bənd qurğusuna çevrildikdən sonra, perforasiyalı drenaj borusunun optimal yerləşmə məsafəsinin əvvəlcədən bu cür götürülməsi təklif olunur [1]:

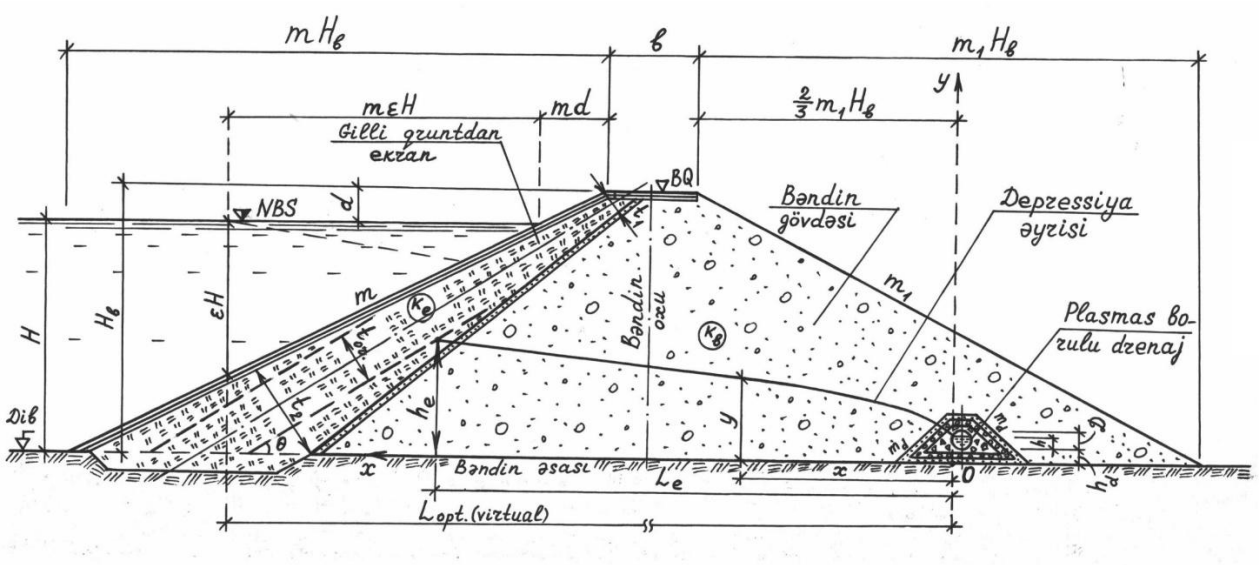
$$L_{opt.} = m\left(\varepsilon H + d\right) + b_{ç} + \frac{2}{3}\cdot m_1 H_b. \qquad (1)$$

Burada: $b_{ç}$ – gil (gillicə) materiallı ekranl elementli torpaq bəndlərdə qaş hissəsi üzrə çevri-

lən eni olub, aşağıdakı düsturla hesablanır (şəkil 1):

$$b_{ç} = b - \frac{t_{or.}}{\sin\theta} + \frac{t_{or.}}{\sin\theta}\cdot\frac{k_b}{k_e} = b + \frac{t_{or}}{\sin\theta}\left(\frac{k_b}{k_e} - 1\right), \quad (2)$$

$t_{or}$ – ekran elementi üzrə orta götürülmüş qalınlığı: $t_{or.} = \frac{t_1 + t_2}{2}$; $t_1$ və $t_2$ – uyğun olaraq bəndin ekran hissəsinin üstdən və dibdən qalınlığı; $\theta$ - gil (gillicə) ekranın orta qalınlığı üçün sərhəddəki xəttinin torpaq bəndin oturacaq xətti arasındakı əhatə bucağı; $K_e$ – ekranı təşkil edən qruntun sızma (süzülmə) əmsalıdır, [m/sut.].




*Şəkil 1.Təkmilləşdirilən trapesvari en kəsikli drenaj konstruksiyalı ekranlı torpaq bəndin gövdəsinin sızmaya hesablanma sxemi.*

Torpaq bəndin ekran elementindən keçən sızma axınının depressiya əyrisinin ekrandan çıxışının $h_e$ ordinatının qiyməti və həmin əyrinin drenaj qurğusunun borusundan yerləşmə məsafəsi ($L_e$) aşağıdakı düsturlarla təyin olunur [5]:

$$\frac{q}{k_b} = \frac{H^2 - h_e^2 - t_{or.}^2\cos^2\theta}{2t_{or.}\cdot\frac{k_b}{k_e}\sin\theta}; \qquad \frac{q}{k_b} = \frac{H^2 - \left(h + h_d\right)^2}{2L_{opt.}}; \quad (3)$$

(3) ifadəsindən $h_e$ ordinatını aşağıdakı kimi tapa bilərik:

$$h_e = \sqrt{H^2 - t_{or.}^2\cos^2\theta - \left[H^2 - \left(h + h_d\right)^2\right]\cdot\frac{t_{or.}}{L_{opt.}}\frac{k_b}{k_e}\sin\theta} \quad (4)$$

Gil, yaxud gillicə ekrandan sonrakı hissədə depressiya əyrisinin $L_e$ düşmə uzunluğunu tapmaqdan ötrü sızma prosesinin nəzəri düsturlarının belə konstruksiyalı drenaj qurğusu ilə müəyyənləşdirilməsi üçün aşağıdakı ifadədən istifadə edilə bilər:

$$\frac{q}{k_b} = \frac{h_c^2 - \left(h + h_d\right)^2}{2L_c}. \quad (5)$$

Perforasiyalı drenajın borusunu başqa di-

gər variantlarda ekranlı torpaq bənd qurğusunun qaşı üzrə sağdakı kənar xəttinə endirilmiş perpendikulyar xəttdən $\frac{3}{5}m_1H_b$ ölçüdə məsafəsində aşağı biyef istiqamətində yerləşdirilməsilə, bu cür torpaq bəndlərin gövdəsinin sızmaya hesablanma məsələsinə baxaq. Bu halda drenaj borusunun optimal yerləşdirilmə məsafəsini sızma yolunu bir qədər də azaltmaq məqsədilə aşağıdakı kimi qəbul etmək olar (şəkil 2):

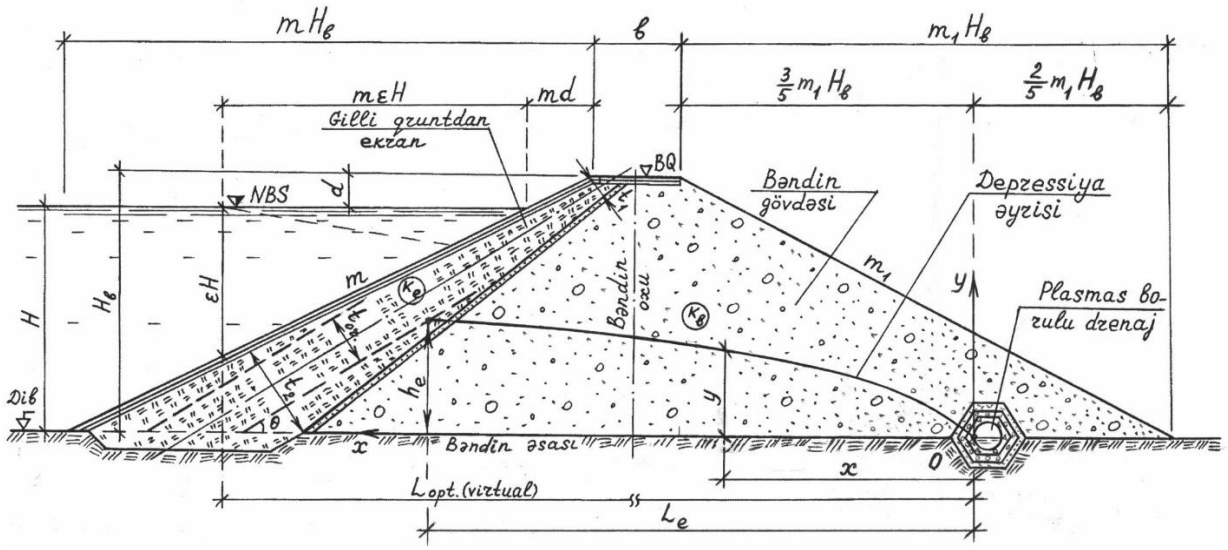
$$L_{oopt.} = m\left(\varepsilon H + d\right) + b_{ç} + \frac{3}{5}m_1H_b. \qquad (6)$$

Məsələnin baxılan bu variantında depressiya əyrisinin ekran elementindən sonrakı hissədə ordinatını tapmaqdan ötrü

$$\frac{q}{\kappa_b} = \frac{H^2}{2L_{opt.}} \qquad (7)$$

Dyupi düsturu və (3) ifadəsinin birincisi olduqca əlverişlidir ki, bu tənliklərin də birgə həllindən $h_e$ ordinatı aşağıdakı kimi təyin edilə bilər [2]:

$$h_e = \sqrt{H^2\left(1 - \frac{t_{or.}}{L_{opt.}} \cdot \frac{k_b}{k_e}\sin\theta\right) - t_{or.}^2\cos^2\theta} \qquad (8)$$




*Şəkil 2. Təkmilləşdirilmiş poliqonal en kəsikli perforasiyalı borusu olan drenaj quruluşlu ekranlı torpaq bəndlərin sızmaya hesablanma sxemi.*

Torpaq bəndin gövdəsində depressiya əyrisinin ordinatının ($h_e$) yerləşmə kəsiyindən təkmilləşdirilmiş drenajın borusunadək $L_e$ məsafəsini tapmaqdan ötrü həmin kəsiklərin arasındakı zona üçün Dyupi tənliyindən istifadə olunur [3]:

$$\frac{q}{k_b} = \frac{h_e^2}{2L_e} \qquad (9)$$

(7) və (9) tənliklərində sol tərəflər eyni olduğu üçün sağdakı tərəflərinin bərabərliyindən alının tənlikdən $L_e$ məsafəsi tapılır. Alınan düsturda $h_e$-nin (8) qiymətini yerinə yazsaq, alırıq:

$$L_e = \frac{h_e^2 L_{opt.}}{H^2} = \\ = L_{opt.}\left[\left(1 - \frac{t_{or.}}{L_{opt.}}\frac{k_b}{k_e}\sin\theta\right) - \left(\frac{t_{or.}}{H}\cos\theta\right)^2\right] \qquad (10)$$

Depressiya əyrisi üzrə $L_e$ məsafəsi boyunca bu əyrini qurmaqdan ötrü sızma axını nəzəriyyəsinin

$$\frac{q}{k_b}=\frac{h_e^2-y^2}{2\left(L_e-x\right)} \qquad (11)$$

tənliyindən və (9) ifadəsindan istifadə olunmaqla, aşağıdakı xüsusi əhəmiyyət kəsb edən tənlik alınır:

$$\frac{h_e^2-y^2}{2\left(L_e-x\right)}=\frac{h_e^2}{2L_e};$$

$$y^2=h_e^2-\frac{h_e^2}{L_e}\left(L_e-x\right)=h_e^2\cdot\frac{x}{L_e}; \qquad (12)$$

$$y=h_e\cdot\sqrt{\frac{x}{L_e}}=H\sqrt{\frac{x}{L_{opt.}}}$$

Əldə olunan (1)-(12) hesablama ifadələrinin ixtiyari gil (gillicə) ekran elementli torpaq bəndlərdə, o cümlədən ölkəmizin ərazisindəki su anbarları hidroqovşaqlarının torpaq bəndləri ekranlı variantla tikildikdə, belə tipli bənd qurğularında tətbiqi mümkündür. Belə ki gil, yaxud gillicə materialından quru üsulla, birtərəfli estakadasız və estakadalı yuma üsulları ilə torpaq bəndlər tikildikdən sonra, eləcə də onların istismarı dövründə bu düsturları sızma hesablamaları üçün olduqca əlverişli hesab etmək olar.

## ƏDƏBİYYAT

1. Mürsəlov A.Ə., Musayev Z.S., Beydaqdar M. Sukeçirməyən bünövrəli, yeni drenaj konstruksiyalı, yuxarı biyefə tərəf sürüşdürülmüş şaquli özəkli torpaq bəndlərin sızmaya hesablanma metodikası //«Ekologiya və su təsərrüfatı» Elmi texniki və istehsalat jurnalı, №5, Bakı, 2010.
2. Məmmədov K.M., Musayev Z.S. Hidrotexniki qurğular. Bakl: «Təhsil» NPM, 2006, 406 s.
3. Musayev Z.S., Məmmədov K.M., Mahmudov T.M., İsmayılov F.M., Zərbəliyev M.S. Hidrotexniki qurğular. Bakı: «Təhsil» NPM, 2009, 682 s.
4. Məmmədov K.M., Musayev Z.S., Mahmudov T.M., Mürsəlov A.Ə. Yamacların dayanıqlıq məsələlərinin tədqiqi. Bakı: «Təhsil» NPM, 2006, 188 s.
5. Замарин Е.А., Фандеев В.В. Гидротехнические сооружения. Москва: «Колос», 1965, 624 с.
6. Гидротехнические сооружения /Под общей редакции В.П. Недриги. Москва: «Стройиздат», 1983, 544 с.

## XÜLASƏ

Elmi məqalədə təkmilləşdirilmiş drenaj konstuksiyalı ekranlı torpaq bəndlərin sızmaya hesablanma metodikasına baxılmışdır. Bu hesablama metodikasında depressiya əyrisinin bütün uzunluğu boyu tənliyi parabolik qanunla dəyişir. Bu metodikanın üstünlüyü depressiya əyrisinin torpaq bəndin aşağı yamacından çıxışını onun gövdəsində yerləşdirilmiş yeni konstuksiyalı drenaja yönəltməklə, sızma axınının parametrlərinin dəqiq düsturlarla tapılmasındadır.

***Açar sözlər:*** *depressiya əyrisi, perforasiyalı boru, virtual əvəzləmə, ekranlı torpaq bənd, təkmilləşdirilmiş konstruksiyalı drenaj.*

## РЕЗЮМЕ

В научной статье рассмотрена методика фильтрационного расчета без дренажными и дренажными устройствами однородной земляной плотины по методу Е.А. Замарина. По этой расчетной методике уравнение изменяется по параболическому закону на всей длине кривой депрессии. Преимущество этого метода в том, что он освобождает от графического похождение ординаты выхода кривой депрессии из низкого откоса земляной плотины и определятся по другой

точной формуле.

***Ключевые слова:*** *кривая депрессии, перфорированная труба, виртуальная замена, экранированная земляная плотина, улучшенный структурный дренаж.*

***Summary***

This scientific article examines a method for calculating the screened earthen dam without drainage or drainage devices using E.A. Zamarin's method. This calculation method assumes that the equation varies parabolically along the entire length of the depression curve. The advantage of this method is that it eliminates the need for a graphical calculation of the ordinate of the depression curve's exit from the low slope of the earthen dam and is determined by a different, more precise formula.

**Keywords:** Depression curve, perforated pipe, virtual replacement, screened earth dam, improved structural drainage.

*Məqaləyə AzMİU-nun "Meliorasiya və su təsərrüfatı tikintisi" kafedrasının dosenti N.A. Səfərova rəy vermişdir.*

# ENGINEERING FACILITIES AND CONSTRUCTION STRUCTURES
# MÜHƏNDİS QURĞULARI VƏ İNŞAAT KONSTRUKSİYALARI

**УДК 624.04**

**ҚАБДЫЛМАНАП Д.Н., НАШИРАЛИЕВ Ж.Т.**

*Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, ҚР, Алматы*
*kabdylmanap.d@gmail.com, zh.nashiraliyev@satbayev.university*

## ТЕМІРБЕТОН ҚАБЫРҒАЛЫ ҒИМАРАТТАРҒА СЕЙСМИКАЛЫҚ ӘСЕРЛЕРДІ ЕСКЕРУ

**Аңдатпа:** Бұл мақалада ғимараттардың жер сілкінісі кезіндегі динамикалық құбылуын түсіну, құрылымның әлсіз жерлерін анықтау және олардың тұрақтылығы мен қауіпсіздігін арттыру. Сондай-ақ табиғи апаттардың салдарын жеңілдету және қорғалатын объектілердің тұрақтылығының жалпы деңгейін арттыру әдістері мен технологияларын әзірлеу жайлы сөз қозғалады.

**Түйін сөздер**: Темірбетон қабырғалы ғимараттар, сейсмикалық төзімділік, шекті күйлер, динамикалық әсер, байланыстар, нормативтік құжаттар.

**Зерттеу мәселесі:** жеткіліксіз қаттылық, байланыстардың бұзылуы күштердің дұрыс бөлінбеуі, жобада жер сілкіністерін ескермеу, дұрыс емес инженерлік зерттеу. Бұл мәселелерді зерттеу және шешу жер сілкінісі жағдайында темірбетон қабырғаларды ғимараттардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету және ықтимал зақымданулар мен шығындарды азайту үшін өте маңызды.

Қазіргі таңда Қазақстанда сейсмикалық аймақтарда жобаланатын азаматтық ғимараттардың басым көпшілігі темірбетон қабырғалы құрылымнан тұрады. Сондықтан, темірбетон ғимараттардың құбылуын түсіну және жақсарту адамдардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету және ғимараттарды бұзылудан қорғау үшін үлкен маңызға ие. Жер сілкінісі қаупін ескере отырып, темірбетон қабырғалы ғимараттарды жобалау мен салуды жетілдіру әдістерін әзірлеуге болады, бұл олардың тұрақтылық және сенімділік деңгейін арттыруға көмектеседі және ғимараттардың сапасын арттыруға үлесін қоса алады.

**Кіріспе.** Жер сілкінісіне төзімділік ғимараттар мен құрылыстарды, әсіресе сейсмикалық белсенді аудандарда жобалаудың маңызды аспектісі болып табылады. Темірбетон қабырғалы құрылымдар өзінің беріктігі мен тұрақтылығының арқасында құрылыс индустриясында елеулі орын алады. Бұл мақалада темірбетон қабырғалы құрылымдардың сейсмикалық төзімділігіне қатысты негізгі принциптерді, әдістер мен талаптарды қарастырамыз.

Қазіргі заманғы нормалар мен стандарттар бойынша құрылымдардың сейсмикалық төзімділігін қамтамасыз ету үшін мынадай қағидаларды ескеру қажет:

– құрылымдық тұрақтылық: қабырға құрылымдар жер сілкінісі күштеріне төтеп беру үшін жеткілікті дәрежеде берік және қатаң болуы тиіс. Бұған дұрыс бекіту түйіндерін таңдау және сапалы материалдарды пайдалану арқылы қол жеткізеді.
– серпімділігі: темірбетон құрылымдар сейсмикалық жүктемелермен бұзылмай деформациялануы үшін белгілі бір икемділікке ие болуы тиіс.
– жүктемені біркелкі бөлу: жүктемелердің есептік мәнін дұрыс анықтау, біркелкі тарату.
– **Зерттеу әдістері.** Темірбетон қабырғалы құрылымдардың сейсмикалық

төзім-ділігін зерттеу үшін келесі әдістерді қолдануға болады:

– темірбетон конструкцияларының сейсмикалық төзімділігі саласындағы білімнің қазіргі жағдайын бағалау үшін әдебиет көздерін талдау;
– шеткі элементтер әдістерін қолдана отырып, темірбетон қабырғалық құрылымдарға сейсмикалық әсер етуді математикалық модельдеу;
– математикалық модельдеу нәтижелерін тексеру және сейсмикалық әсердегі құрылымдардың әрекетін бағалау үшін модельдер немесе нақты объектілер бойынша эксперименттік зерттеулер;
– темірбетон қабырғалық конструкцияларды сейсмикалық жүктемелерден қорғаудың әртүрлі әдістерін салыстырмалы талдау;
– алынған нәтижелер мен жүргізілген зерттеулер негізінде темірбетон қабырғалық конструкциялардың сейсмикалық төзімділігін арттыру бойынша ұсыныстар әзірлеу;

Темірбетон қабырғасының құрылымы динамикалық әсерлерге жоғары төзімділігіне байланысты сейсмикалық жүктемелер үшін таңдалады. Қабырғалар ғимараттың қаттылығы мен тұрақтылығын қамтамасыз етеді, ал темірбетон материалы сейсмикалық тербелістердің энергиясын сіңіріп, таратуға мүмкіндік беретін жақсы деформациялық қасиеттерге ие. Сонымен қатар, мұндай схема сейсмикалық қауіпқатер жағдайында тұрғын және қоғамдық ғимараттар үшін маңызды фактор болып табылатын зақымдану мен құлауға тамаша төзімділікке ие.

Құрылыс нормасына сәйкес [1-5] сейсмикалық аймақтардағы ғимараттарды жобалауға және салуға қолданылады. Бұл құжаттың мақсаты жер сілкінісі болған жағдайда:

– адамдардың өмірін қорғау;
– бүлінуді шектеу;
– азаматтық маңызды құрылымдар өздерінің пайдалану мүмкіндіктерін сақтап қала алуы.

[1-5] бойынша сеймикалық аймақта жобаланатын ғимараттарға қойылатын басты талаптар:

а) Қираудың жоқтығына қойылатын талап. Жобаланған және салынған құрылым сейсмикалық оқиғалардан кейін құрылымдық жүйенің тұтастығын және қалдық көтергіштік қабілетін сақтай отырып, жергілікті немесе ғаламдық бұзылусыз есептелген сейсмикалық әсерлерге төтеп беруі керек.
б) Зиянды шектеу туралы талап. Жобаланған және салынған құрылым зақымданусыз және онымен байланысты эксплуатациялық шектеулерсіз жобалық сейсмикалық әсерге қарағанда туындау ықтималдығы жоғары сейсмикалық әсерлерге төтеп беруі керек, оларды жою құрылыстың өзіндік құнымен салыстырғанда пропорционалды емес жоғары шығындармен байланысты.

Негізгі талаптарға сай болу үшін төмендегілерді тексеру қажет

Шектік жағдайлары:

– шектік күй (ULS);
– зақымдану шектік күйі (DLS).

Сыни шекті күйлер - адамдардың қауіпсіздігіне нұқсан келтіруі мүмкін бұзылулармен немесе құрылымдық ақаулардың басқа түрлерімен байланысты күйлер.

Зақымданудың шекті күйлері - зақымданумен байланысты, олар пайда болғаннан кейін белгіленген пайдалану талаптары орындалмайтын күйлер. Белгісіздіктерді шектеу және жобалық сейсмикалық әсерден асатын сейсмикалық әсерлер кезінде құрылымдардың дұрыс әрекетін қамтамасыз ету үшін тиісті арнайы шаралар да қабылдануы керек.

Құрылымның динамикалық әсерге төзімділігі мен энергияны бөлу қабілеті [1-5] сәйкес бөліктеріндегі сипаттамаларға сәйкес келетіні тексерілуі керек. Құрылым үшін белгіленген қарсылық пен энергияны бөлу мүмкіндігі оның сызықтық емес реакциясының қаншалықты қабылданатынын анықтайды. есепке алу. Тәжірибелік тұрғыдан алғанда, өзара байланысты қарсы-

лық пен энергияны бөлу қабілетінің көрсеткіштері [1-5] сәйкес бөлімдерінде жіктелген құрылымның пластикалық деформациялық қабілетіне байланысты құбылу коэффициентінің *q* мәндерімен сипатталады. Тұтастай алғанда құрылым есептелген сейсмикалық әсер кезінде тұрақтылыққа сыналуы керек. Тұрақтылығын аударылудан да, сырғудан да тексеру қажет. Есептер әсер ету шамасына екінші ретті әсерлердің ықтимал әсерін ескеруі тиіс. Құрылымдық емес элементтердің есептелген сейсмикалық әсер ету кезіндегі адамдарға қауіп төндірмеуі және туындаған жағымсыз әсерлерге ұшырамауы қамтамасыз етілуі керек. құрылымның құрылымдық элементтерінің мінез-құлқы арқылы.

Темірбетон қабырғалық конструкциялардың сейсмикалық төзімділігі олардың жер сілкінісі сияқты сейсмикалық жүктемелердің әсеріне төтеп беру қабілетімен анықталады. Жер сілкінісіне төзімді қабырға құрылымдарын жасау үшін келесі факторларды ескеру қажет:

*Материалдардың беріктігі* - темірбетон қабырғалары үшін қолданылатын материалдар сейсмикалық тербеліс кезінде жеткілікті беріктікке және деформацияға төзімділікке ие болуы керек;

*Геометрия және құрылымдық қаттылық* - қабырға құрылымының пішіні мен конфигурациясы жеткілікті қаттылық пен деформацияға төзімділікті қамтамасыз ету үшін жобалануы керек;

*Арматура - темірбетон қабырғаларында арматураны қолдану* олардың беріктігін және сейсмикалық жүктемелер кезінде зақымдануға төзімділігін арттырады;

*Жіктер мен қосылыстар жүйесі* – қабырғалар мен басқа құрылымдық элементтер арасындағы тығыздағыштар мен байланыстарды дұрыс таңдау және орындау сейсмикалық төзімділікті қамтамасыз ету үшін де маңызды;

*Сейсмикалық жүктемелерді есепке алу* – жобада сейсмикалық төзімділіктің қажетті дәрежесін қамтамасыз ету үшін сейсмикалық белсенділіктің аймақтық ерекшеліктерін ескеру қажет;

Осы факторлардың барлығын және жер сілкінісіне қарсы инженерия саласындағы мамандардың ұсыныстарын орындау сейсмикалық әсерге төтеп бере алатын тиімді және сенімді темірбетон қабырғалық құрылымдарды жасауға көмектеседі.

Құрылыс нормалары мен ережелеріне сәйкес сейсмикалық аймақтардағы қабырғаларды нығайтуға қойылатын негізгі талаптар келесі аспектілерді қамтиды:

1) Арматуралау: сейсмикалық белсенді аймақтарда қабырғаларды нығайту және олардың сейсмикалық жүктемелерге төзімділігін арттыру үшін арматураны қолдану қажет.
2) Сейсмикалық жүктемелерді есептеу және жобалау: Қабырғаларды нығайту жер сілкінісі кезінде пайда болуы мүмкін сейсмикалық жүктемелерді ескере отырып жобалануы керек. Ол үшін арнайы есеп жүргізіп, жер сілкінісі кезінде қабырғаларға әсер ететін барлық күштерді ескеру қажет.
3) Арматураның қажетті ауданы мен орналасуына сәйкестік: арматура қабырғаның бүкіл аумағында орналасуы және оның жеткілікті тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін қажетті көлденең қимасының ауданы болуы керек. Сондай-ақ күштердің біркелкі таралуын қамтамасыз ету және істен шығу ықтималдығын азайту үшін қабырғадағы арматураны дұрыс орналастыру маңызды.
4) Құрылыс нормалары мен ережелерін сақтау: Барлық қабырғаларды нығайту жұмыстары құрылыс нормалары мен сейсмикалық аймақтарға арналған ережелерге сәйкес болуы керек.

Бұл талаптарды сақтамау құрылымдық тұрақтылықтың жеткіліксіздігіне әкелуі және жер сілкінісі кезінде бұзылу қаупін арттыруы мүмкін.

**Қорытынды**

Темірбетон қабырғалы ғимараттардың сейсмикалық төзімділігі – жобалау және материалтану саласында терең білімді талап ететін күрделі мәселе. Қазіргі

заманғы әдістер мен технологияларды қолдану, сондай-ақ нормативтік құжаттарға сәйкестігі сейсмикалық жүктемелерге төтеп бере алатын сенімді және тұрақты ғимараттар құруға көмектеседі. Инженердің басты міндеті адамдардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету және жер сілкінісі болуы мүмкін жағдайда материалдық шығынды барынша азайту болып табылатынын естен шығармау керек.

**Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:**

1. ҚР ЕЖ EN 1998-1:2004/2012 Сейсмикаға төзімді конструкцияларды жобалау. Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс және тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері комитеті. Астана, 2016
2. ҚР ЕЖ EN 1992-1-1:2004/2011 Темірбетон конструкцияларын жобалау 1-1 бөлім. Жалпы ережелер және ғимараттар ережелері. Астана,2015.
3. ҚР ҚЖ 2.03-30-2017- Сейсмикалық аймақтардағы құрылыс
4. ҚР ЕЖ 2.03-30-2017 Қазақстан республикасы сейсмикалық аудандардағы (аймақтарындағы) құрылыстар.
5. ҚР ЕЖ EN 1990 Күш түсетін конструкцияларды жобалау негіздері.
6. Мхитарян Д.А. Анализ поведения железобетонных несущих конструкций при сейсмическом воздействии. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, Москва, №1, 2008, с. 19-22.

**Аннотация**

В данной статье рассматриваются вопросы понимания динамического поведения зданий во время землетрясений, определения слабых мест конструкций и повышения их устойчивости и безопасности. Также затрагиваются методы и технологии разработки мер по снижению последствий природных катастроф и повышению общего уровня устойчивости защищаемых объектов.

***Ключевые слова**: Железобетонные стеновые здания, сейсмостойкость, предельные состояния, динамическое воздействие, соединения, нормативные документы.*

**Проблема исследования:** Недостаточная жёсткость, разрушение соединений, неправильное распределение усилий, неучёт землетрясений в проекте, некорректные инженерные изыскания. Исследование и решение этих проблем чрезвычайно важно для обеспечения безопасности железобетонных стеновых зданий при землетрясениях и снижения возможных повреждений и потерь.

В настоящее время в Казахстане подавляющее большинство гражданских зданий, проектируемых в сейсмических районах, представляют собой сооружения с железобетонными стеновыми конструкциями. Поэтому понимание и улучшение поведения железобетонных зданий имеет большое значение для обеспечения безопасности людей и защиты сооружений от разрушений. Учитывая сейсмическую опасность, можно разработать методы совершенствования проектирования и строительства железобетонных стеновых зданий, что способствует повышению уровня их устойчивости и надёжности, а также вносит вклад в улучшение качества зданий.

**Введение**

Сейсмостойкость является важным аспектом проектирования зданий и сооружений, особенно в сейсмически активных районах. Железобетонные стеновые конструкции благодаря своей прочности и устойчивости занимают значительное место в строительной индустрии. В данной статье рассматриваются основные принципы, методы и требования, связанные с сейсмической устойчивостью железобетонных стеновых конструкций.

Согласно современным нормам и стандартам, для обеспечения сейсмостойкости конструкций необходимо учитывать следующие положения:

– конструктивная устойчивость: стено-

вые конструкции должны быть достаточно прочными и жёсткими, чтобы выдерживать силы землетрясения. Этого достигают за счёт правильного выбора узлов крепления и использования качественных материалов.
- упругость: железобетонные конструкции должны обладать определённой гибкостью, чтобы деформироваться под воздействием сейсмических нагрузок без разрушения.
- равномерное распределение нагрузки: правильное определение расчётных значений нагрузок и их равномерное распределение

**Методы исследования.** Для изучения сейсмической устойчивости железобетонных стеновых конструкций можно применять следующие методы:
- анализ литературных источников для оценки современного уровня
- знаний в области сейсмостойкости железобетонных конструкций;
- математическое моделирование сейсмического воздействия на железобетонные стеновые конструкции с использованием методов конечных элементов;
- экспериментальные исследования на моделях или реальных объектах для проверки результатов математического моделирования и оценки поведения конструкций при сейсмическом воздействии;
- сравнительный анализ различных методов защиты железобетонных стеновых конструкций от сейсмических нагрузок;
- разработка рекомендаций по повышению сейсмической устойчивости железобетонных стеновых конструкций на основе полученных результатов и проведённых исследований.

Железобетонные стеновые конструкции выбираются для работы в условиях сейсмических нагрузок благодаря их высокой устойчивости к динамическим воздействиям. Стены обеспечивают жёсткость и устойчивость здания, а железобетон обладает хорошими деформационными свойствами, позволяющими поглощать и рассеивать энергию сейсмических колебаний. Кроме того, такая конструктивная схема отличается высокой стойкостью к повреждениям и обрушению, что является важным фактором для жилых и общественных зданий в условиях сейсмической опасности.

Учет нормы [1-5] применяется при проектировании и строительстве зданий в сейсмических районах. Цель этого документа – в случае землетрясения:
- защитить жизнь людей;
- предотвратить разрушения;
- обеспечить сохранение эксплуатационной пригодности социально значимых сооружений.

Согласно [1-5], основные требования к зданиям, проектируемым в сейсмических районах, включают:

а) Требование отсутствия обрушения. Проектируемая и возведённая конструкция должна выдерживать расчётные сейсмические воздействия без локальных или глобальных разрушений, сохраняя целостность конструктивной системы и остаточную несущую способность после сейсмических событий.

б) Требование ограничения повреждений. Проектируемая и возведённая конструкция должна выдерживать сейсмические воздействия, вероятность возникновения которых выше, чем у расчётного землетрясения, без повреждений и связанных с ними эксплуатационных ограничений, устранение которых потребовало бы несоразмерно высоких затрат по сравнению со стоимостью самой конструкции.

Для соответствия основным требованиям необходимо проверять следующие показатели:
- предельные состояния (ULS);
- предельное состояние по повреждениям (DLS).

Критические предельные состояния – это состояния, связанные с разрушениями или другими видами конструктивных де-

фектов, которые могут поставить под угрозу безопасность людей.

Предельные состояния повреждений – это состояния, связанные с повреждениями, при которых после их возникновения не выполняются установленные эксплуатационные требования. Для ограничения неопределённостей и обеспечения корректного поведения конструкций при сейсмических воздействиях, превышающих расчётные, должны приниматься соответствующие специальные меры.

Необходимо проверить, что устойчивость конструкции к динамическому воздействию и её способность к рассеиванию энергии соответствуют характеристикам, приведённым в соответствующих разделах [1]. Заданные показатели сопротивления и способности к рассеиванию энергии определяют, насколько допустимо учитывать нелинейную реакцию конструкции. На практике показатели взаимосвязанного сопротивления и способности к рассеиванию энергии характеризуются значениями коэффициента поведения $q$, который зависит от пластической деформационной способности конструкции, классифицированной в соответствующих разделах [1].

В целом конструкция должна быть проверена на устойчивость при расчётном сейсмическом воздействии. Устойчивость следует проверять как от опрокидывания, так и от скольжения. Расчёты должны учитывать возможное влияние вторичных эффектов. Необходимо обеспечить, чтобы неструктурные элементы при расчётных сейсмических воздействиях не представляли опасности для людей и не подвергались негативным воздействиям вследствие поведения конструктивных элементов.

Сейсмическая устойчивость железобетонных стеновых конструкций определяется их способностью противостоять сейсмическим нагрузкам, таким как землетрясение. Для создания сейсмостойких стеновых конструкций необходимо учитывать следующие факторы:

*Прочность материалов* – материалы, используемые для железобетонных стен, должны обладать достаточной прочностью и устойчивостью к деформациям при сейсмических колебаниях;

*Геометрия и конструктивная жёсткость* – форма и конфигурация стеновой конструкции должны проектироваться таким образом, чтобы обеспечивать достаточную жёсткость и устойчивость к деформациям;

*Армирование* – использование арматуры в железобетонных стенах повышает их прочность и устойчивость к повреждениям при сейсмических нагрузках;

*Система швов и соединений* – правильный выбор и выполнение уплотнителей и соединений между стенами и другими конструктивными элементами также важны для обеспечения сейсмостойкости;

*Учёт сейсмических нагрузок* – при проектировании необходимо учитывать региональные особенности сейсмической активности, чтобы обеспечить требуемый уровень сейсмостойкости;

Учет всех этих факторов и рекомендаций специалистов в области сейсмоустойчивого строительства помогает создавать эффективные и надёжные железобетонные стеновые конструкции, способные выдерживать сейсмическое воздействие;

Согласно строительным нормам и правилам, основные требования к усилению стен в сейсмических районах включают следующие аспекты:

1) Армирование: для усиления стен в сейсмически активных районах и повышения их устойчивости к сейсмическим нагрузкам необходимо использовать армированную арматуру
2) Учёт и проектирование сейсмических нагрузок: усиление стен должно проектироваться с учётом сейсмических нагрузок, которые могут возникнуть во время землетрясения. Для этого необходимо проводить специальные расчёты, учитывающие все силы, действующие на стены при землетрясении.
3) Соответствие необходимой площади и расположения арматуры: арматура дол-

жна быть распределена по всей площади стены и иметь достаточную площадь поперечного сечения для обеспечения стабильности конструкции. Также важно правильно размещать арматуру, чтобы обеспечить равномерное распределение усилий и снизить вероятность отказа.

4) Соблюдение строительных норм и правил: все работы по усилению стен должны соответствовать строительным нормам и правилам, действующим для сейсмических районов.

Несоблюдение этих требований может привести к недостаточной устойчивости конструкции и увеличить риск разрушений при землетрясении.

**Заключение**

Сейсмическая устойчивость железобетонных стеновых зданий – это сложная задача, требующая глубоких знаний в области проектирования и материаловедения. Применение современных методов и технологий, а также соблюдение нормативных документов помогает создавать надёжные и устойчивые здания, способные выдерживать сейсмические нагрузки. Инженеру важно помнить, что его главная задача – обеспечивать безопасность людей и минимизировать материальные потери в случае возможного землетрясения.

**Список использованных источников:**

1. ҚР ЕЖ EN 1998-1:2004/2012 Сейсмикаға төзімді конструкцияларды жобалау. Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс және тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері комитеті. Астана, 2016
2. ҚР ЕЖ EN 1992-1-1:2004/2011 Темірбетон конструкцияларын жобалау 1-1 бөлім. Жалпы ережелер және ғимараттар ережелері. Астана,2015.
3. ҚР ҚЖ 2.03-30-2017- Сейсмикалық аймақтардағы құрылыс
4. ҚР ЕЖ 2.03-30-2017 Қазақстан республикасы сейсмикалық аудандардағы (аймақтарындағы) құрылыстар.
5. ҚР ЕЖ EN 1990 Күш түсетін конструкцияларды жобалау негіздері.
6. Мхитарян Д.А. Анализ поведения железобетонных несущих конструкций при сейсмическом воздействии. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, Москва, №1, 2008, с. 19-22.

**УДК 624.04**

**[2]ҚАБДЫЛМАНАП Д.Н., [1]НАШИРАЛИЕВ Ж.Т**

*[1]Казахский Национальный Исследовательский Технический Университет, ҚР, Алматы*
*[2]Казахский Национальный Технический университет, ҚР, Алматы*
*[1]zh.nashiraliyev@satbayev.university, [2] kabdylmanap.d@gmail.com)*

**УЧЁТ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ДЛЯ ЗДАНИЙ С ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ СТЕНАМИ**
**(перевод предыдущем статьи на русском языке)**

**Проблема исследования:** Недостаточная жёсткость, разрушение соединений, неправильное распределение усилий, неучёт землетрясений в проекте, некорректные инженерные изыскания. Исследование и решение этих проблем чрезвычайно важно для обеспечения безопасности железобетонных стеновых зданий при землетрясениях и снижения возможных повреждений и потерь.

В настоящее время в Казахстане подавляющее большинство гражданских зданий, проектируемых в сейсмических районах, представляют собой сооружения с железобетонными стеновыми конструкциями. Поэтому понимание и улучшение поведения железобетонных зданий имеет большое значение для обеспечения безопасности

людей и защиты сооружений от разрушений. Учитывая сейсмическую опасность, можно разработать методы совершенствования проектирования и строительства железобетонных стеновых зданий, что способствует повышению уровня их устойчивости и надёжности, а также вносит вклад в улучшение качества зданий.

**Введение.** Сейсмостойкость является важным аспектом проектирования зданий и сооружений, особенно в сейсмически активных районах. Железобетонные стеновые конструкции благодаря своей прочности и устойчивости занимают значительное место в строительной индустрии. В данной статье рассматриваются основные принципы, методы и требования, связанные с сейсмической устойчивостью железобетонных стеновых конструкций.

Согласно современным нормам и стандартам, для обеспечения сейсмостойкости конструкций необходимо учитывать следующие положения:

– конструктивная устойчивость: стеновые конструкции должны быть достаточно прочными и жёсткими, чтобы выдерживать силы землетрясения. Этого достигают за счёт правильного выбора узлов крепления и использования качественных материалов.
– упругость: железобетонные конструкции должны обладать определённой гибкостью, чтобы деформироваться под воздействием сейсмических нагрузок без разрушения.
– равномерное распределение нагрузки: правильное определение расчётных значений нагрузок и их равномерное распределение.

**Методы исследования.** Для изучения сейсмической устойчивости железобетонных стеновых конструкций можно применять следующие методы:

– анализ литературных источников для оценки современного уровня знаний в области сейсмостойкости железобетонных конструкций;
– математическое моделирование сейсмического воздействия на железобетонные стеновые конструкции с использованием методов конечных элементов;
– экспериментальные исследования на моделях или реальных объектах для проверки результатов математического моделирования и оценки поведения конструкций при сейсмическом воздействии;
– сравнительный анализ различных методов защиты железобетонных стеновых конструкций от сейсмических нагрузок;
– разработка рекомендаций по повышению сейсмической устойчивости железобетонных стеновых конструкций на основе полученных результатов и проведённых исследований.

Железобетонные стеновые конструкции выбираются для работы в условиях сейсмических нагрузок благодаря их высокой устойчивости к динамическим воздействиям. Стены обеспечивают жёсткость и устойчивость здания, а железобетон обладает хорошими деформационными свойствами, позволяющими поглощать и рассеивать энергию сейсмических колебаний. Кроме того, такая конструктивная схема отличается высокой стойкостью к повреждениям и обрушению, что является важным фактором для жилых и общественных зданий в условиях сейсмической опасности.

Учет нормы [1-5] применяется при проектировании и строительстве зданий в сейсмических районах. Цель этого документа – в случае землетрясения:

– защитить жизнь людей;
– предотвратить разрушения;
– обеспечить сохранение эксплуатационной пригодности социально значимых сооружений.

Согласно [1-5], основные требования к зданиям, проектируемым в сейсмических районах, включают:

а) Требование отсутствия обрушения. Проектируемая и возведённая конструкция должна выдерживать расчётные сейсмические воздействия без локальных или глобальных разрушений, сохраняя целостность конструктивной

системы и остаточную несущую способность после сейсмических событий.

б) Требование ограничения повреждений. Проектируемая и возведённая конструкция должна выдерживать сейсмические воздействия, вероятность возникновения которых выше, чем у расчётного землетрясения, без повреждений и связанных с ними эксплуатационных ограничений, устранение которых потребовало бы несоразмерно высоких затрат по сравнению со стоимостью самой конструкции.

Для соответствия основным требованиям необходимо проверять следующие показатели:

– предельные состояния (ULS);
– предельное состояние по повреждениям (DLS).

Критические предельные состояния – это состояния, связанные с разрушениями или другими видами конструктивных дефектов, которые могут поставить под угрозу безопасность людей.

Предельные состояния повреждений– это состояния, связанные с повреждениями, при которых после их возникновения не выполняются установленные эксплуатационные требования. Для ограничения неопределённостей и обеспечения корректного поведения конструкций при сейсмических воздействиях, превышающих расчётные, должны приниматься соответствующие специальные меры.

Необходимо проверить, что устойчивость конструкции к динамическому воздействию и её способность к рассеиванию энергии соответствуют характеристикам, приведённым в соответствующих разделах [1]. Заданные показатели сопротивления и способности к рассеиванию энергии определяют, насколько допустимо учитывать нелинейную реакцию конструкции. На практике показатели взаимосвязанного сопротивления и способности к рассеиванию энергии характеризуются значениями коэффициента поведения q, который зависит от пластической деформационной способности конструкции, классифицированной в соответствующих разделах [1].

В целом конструкция должна быть проверена на устойчивость при расчётном сейсмическом воздействии. Устойчивость следует проверять как от опрокидывания, так и от скольжения. Расчёты должны учитывать возможное влияние вторичных эффектов. Необходимо обеспечить, чтобы неструктурные элементы при расчётных сейсмических воздействиях не представляли опасности для людей и не подвергались негативным воздействиям вследствие поведения конструктивных элементов.

Сейсмическая устойчивость железобетонных стеновых конструкций определяется их способностью противостоять сейсмическим нагрузкам, таким как землетрясение. Для создания сейсмостойких стеновых конструкций необходимо учитывать следующие факторы:

*Прочность материалов* – материалы, используемые для железобетонных стен, должны обладать достаточной прочностью и устойчивостью к деформациям при сейсмических колебаниях;

*Геометрия и конструктивная жёсткость* – форма и конфигурация стеновой конструкции должны проектироваться таким образом, чтобы обеспечивать достаточную жёсткость и устойчивость к деформациям;

*Армирование* – использование арматуры в железобетонных стенах повышает их прочность и устойчивость к повреждениям при сейсмических нагрузках;

*Система швов и соединений* – правильный выбор и выполнение уплотнителей и соединений между стенами и другими конструктивными элементами также важны для обеспечения сейсмостойкости;

*Учёт сейсмических нагрузок* – при проектировании необходимо учитывать региональные особенности сейсмической активности, чтобы обеспечить требуемый уровень сейсмостойкости;

Учет всех этих факторов и рекомендаций специалистов в области сейсмоустойчивого строительства помогает создавать эффективные и надёжные железобетонные стеновые конструкции, способные выдер-

живать сейсмическое воздействие;

Согласно строительным нормам и правилам, основные требования к усилению стен в сейсмических районах включают следующие аспекты:

1) Армирование: для усиления стен в сейсмически активных районах и повышения их устойчивости к сейсмическим нагрузкам необходимо использовать армированную арматуру
2) Учёт и проектирование сейсмических нагрузок: усиление стен должно проектироваться с учётом сейсмических нагрузок, которые могут возникнуть во время землетрясения. Для этого необходимо проводить специальные расчёты, учитывающие все силы, действующие на стены при землетрясении.
3) Соответствие необходимой площади и расположения арматуры: арматура должна быть распределена по всей площади стены и иметь достаточную площадь поперечного сечения для обеспечения стабильности конструкции. Также важно правильно размещать арматуру, чтобы обеспечить равномерное распределение усилий и снизить вероятность отказа.
4) Соблюдение строительных норм и правил: все работы по усилению стен должны соответствовать строительным нормам и правилам, действующим для сейсмических районов.

Несоблюдение этих требований может привести к недостаточной устойчивости конструкции и увеличить риск разрушений при землетрясении.

## Заключение

Сейсмическая устойчивость железобетонных стеновых зданий – это сложная задача, требующая глубоких знаний в области проектирования и материаловедения. Применение современных методов и технологий, а также соблюдение нормативных документов помогает создавать надёжные и устойчивые здания, способные выдерживать сейсмические нагрузки. Инженеру важно помнить, что его главная задача – обеспечивать безопасность людей и минимизировать материальные потери в случае возможного землетрясения.

## Список использованных источников:

1. ҚР ЕЖ EN 1998-1:2004/2012 Сейсмикаға төзімді конструкцияларды жобалау. Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс және тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері комитеті. Астана, 2016
2. ҚР ЕЖ EN 1992-1-1:2004/2011 Темірбетон конструкцияларын жобалау 1-1 бөлім. Жалпы ережелер және ғимараттар ережелері. Астана,2015.
3. ҚР ҚЖ 2.03-30-2017- Сейсмикалық аймақтардағы құрылыс
4. ҚР ЕЖ 2.03-30-2017 Қазақстан республикасы сейсмикалық аудандардағы (аймақтарындағы) құрылыстар.
5. ҚР ЕЖ EN 1990 Күш түсетін конструкцияларды жобалау негіздері.
6. Мхитарян Д.А. Анализ поведения железобетонных несущих конструкций при сейсмическом воздействии. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, Москва, №1, 2008, с. 19-22.

## АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматриваются вопросы понимания динамического поведения зданий во время землетрясений, определения слабых мест конструкций и повышения их устойчивости и безопасности. Также затрагиваются методы и технологии разработки мер по снижению последствий природных катастроф и повышению общего уровня устойчивости защищаемых объектов.

***Ключевые слова****: Железобетонные стеновые здания, сейсмостойкость, предельные состояния, динамическое воздействие, соединения, нормативные документы.*

*Отзыв дал на статью*
*доцент кафедры «Строительный конструкции» Аз.АСУ Сеидов Н.Г.*

**UOT 625.7.**

**QARAİSAYEV S.N.**

*Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti*
*sanangaraisayev@gmail.com*

# AVTOMOBİL YOLLARININ TİKİNTİSİNDƏ KEYFİYYƏTİN İDARƏEDİLMƏSİNİN BƏZİ MƏSƏLƏLƏRİ

**Giriş.** Avtomobil yollarının nəqliyyat və istismar keyfiyyətlərinin yüksəldilməsi bu gün həm mühəndislərin, həm də ümumilikdə cəmiyyətin qarşısında duran əsas vəzifələrdən biridir. Çünki yol - sadəcə asfalt örtüyü deyil, iqtisadiyyatın damar sistemidir. Yaxşı yol yük və sərnişin daşımalarının sürətli, təhlükəsiz və rahat həyata keçirilməsinə şərait yaradır. Pis yol isə nəqliyyat vasitələrinin tez sıradan çıxmasına, yanacaq sərfiyyatının artmasına, vaxt itkisinə və ən pisi - qəzaların baş verməsinə səbəb olur.

Bu səbəbdən avtomobil yollarının tikintisi, yenidən qurulması və ya əsaslı təmiri zamanı işlərin keyfiyyətinə nəzarət məsələsi çox vacibdir. Yaxşı keyfiyyətli tikinti materiallarının seçilməsi, texnoloji qaydalara əməl olunması və müasir texnikadan düzgün istifadə olunması gələcəkdə yolun etibarlılığını və uzunömürlülüyünü təmin edir. Məsələn, əgər yolun əsas layı zəif tikilərsə, o zaman bir neçə ildən sonra asfalt örtüyündə çatlar, çökmələr və deformasiya əlamətləri meydana çıxır. Bu isə təkcə keyfiyyətsizlik və iqtisadi zərər deyil, həm də təhlükəsizlik riski deməkdir.

Digər tərəfdən, istismarda olan yolların keyfiyyətinin artırılması yalnız texniki məsələ deyil, həm də təşkilati və idarəetmə baxı - mından əhəmiyyətli bir prosesdir. Yolların daimi monitorinqi, mütəmadi baxış işlərinin aparılması, yol örtüyünün vəziyyətinə dair məlumatların toplanması və təhlili - bütün bunlar nəqliyyat infrastrukturunun səmərəli işləməsi üçün vacibdir. Bu məlumatlar əsasında hansı sahələrdə təmirə ehtiyac olduğu, hansı materialların daha dayanıqlı olduğu müəyyənləşdirilir.

Müasir dövrdə innovasiyaların tətbiqi də bu sahədə mühüm rol oynayır. Yeni nəsil asfalt qarışıqları, ekoloji təmiz və davamlı materiallar, avtomatlaşdırılmış nəzarət sistemləri, sensorlarla təchiz edilmiş yollar artıq bir çox ölkələrdə sınaqdan keçirilir. Bu texnologiyalar təkcə yolların uzunömürlülüyünü deyil, həm də onların ”ağıllı” idarə olunmasını təmin edir - məsələn, temperatur dəyişikliyinə və nəqliyyat axınına uyğun öz vəziyyətini tənzimləyən örtüklər üzərində tədqiqatlar aparılır.

Nəticə etibarilə, avtomobil yollarının nəqliyyat və istismar keyfiyyətlərinin yaxşılaşdırılması – yalnız mühəndislik məsələsi deyil, həm də iqtisadi, sosial və ekoloji baxımdan strateji əhəmiyyət daşıyan bir sahədir. Yolların keyfiyyətinə qoyulan hər bir investisiya uzunmüddətli perspektivdə ölkənin inkişafına, insanların təhlükəsiz və rahat hərəkətinə xidmət edir.

Bu mövzu gələcəkdə daha da aktuallaşacaq, çünki artan nəqliyyat axını və iqlim dəyişikliyi şəraitində yolların dayanıqlığını qorumaq və modernləşdirmək getdikcə daha çətin, amma bir o qədər də vacib bir vəzifəyə çevrilir.

**Yolların keyfiyyəti.** Avtomobil yollarının keyfiyyəti - istənilən ölkənin nəqliyyat infrastrukturunun “səviyyə göstəricisidir”. Yaxşı keyfiyyətli yollar nəqliyyatın təhlükəsiz, rahat və fasiləsiz hərəkətini təmin edir, iqtisadi əlaqələri gücləndirir və regionların inkişafına təkan verir. Amma bu keyfiyyət təsadüfən yaranmır. O, bir çox mühüm amillərin birgə və düzgün işləməsinin nəticəsidir.

Əvvəla, yol təsərrüfatının ***normativ-texniki bazası*** böyük rol oynayır. Yəni yolların layihələndirilməsi, tikintisi və istismarı üçün qəbul edilmiş dövlət standartları, normalar və qaydalar nə qədər dəqiq və müasir tələblərə uyğun olarsa, o qədər də keyfiyyətli nəticə əldə etmək mümkündür. Əgər bu qaydalar köh-

nəlibsə və müasir texnologiyaları nəzərə almırsa, hətta ən yaxşı materiallarla tikilmiş yol da tez sıradan çıxa bilər.

İkinci vacib amil - ***layihə-smeta sənədlərinin keyfiyyətidir***. Yaxşı layihə olmadan keyfiyyətli yol tikmək mümkün deyil. Layihədə yolun marşrutu, relyefi, təbii-iqlim şəraiti, torpaq yatağının tərkibi, hərəkət şiddəti və bir çox başqa amillər nəzərə alınmalıdır. Əgər bu mərhələdə səhv buraxılarsa, yol istismara veriləndən sonra onun üzərində problemlər qaçılmaz olur - asfalt tez çatlayır, su yığılır, yol oturur və ya deformasiyaya uğrayır.

Üçüncü məsələ - ***istifadə olunan materialların keyfiyyətidir***. Asfalt-beton qarışığı, sement-beton, çınqıl, qum və digər materiallar mütləq dövlət tikinti standartlarına cavab verməlidir. Keyfiyyətsiz və ucuz materiallardan istifadə yalnız qısa müddətli qənaət yaradır, amma uzunmüddətli itkilər daha böyük olur. Çünki belə yollar bir neçə ildən sonra təmir tələb edir və dövlət büdcəsinə əlavə yük yaradır.

Müasir dövrdə ***yolların layihələndirilməsində və tikintisində yeni texnologiyalardan istifadə*** də əsas şərtlərdən biridir. Məsələn, kompüter modelləşdirməsi, geoinformasiya sistemləri (GIS), dronlarla nəzarət, avtomatlaşdırılmış asfalt-beton döşəmə texnologiyaları və sensorlu nəzarət sistemləri kimi yeniliklər artıq bir çox ölkələrdə tətbiq olunur. Bu texnologiyalar səhvlərin sayını azaldır, material sərfini optimallaşdırır və tikinti prosesinin keyfiyyətini yüksəldir.

Eyni zamanda, ***müasir yol-tikinti maşınlarının istifadəsi*** də vacibdir. Köhnə texnika ilə müasir avtomobil yolu tikmək mümkün deyil. Yeni maşınlar daha dəqiq işləyir, enerjiyə qənaət edir və materialları daha bərabər paylayır. Məsələn, müasir asfalt-beton döşəyiciləri yol səthinin hamarlığını millimetr dəqiqliyi ilə təmin edə bilir, bu isə yolun dayanıqlığını bir neçə dəfə artırır.

Lakin texnika və texnologiya nə qədər müasir olsa da, işin uğuru ***insan faktorundan*** asılıdır. Yüksək ixtisaslı mühəndislər, texniklər və fəhlələr olmadan heç bir layihə uğurlu nəticə verməz. Təcrübəli mütəxəssislər layihədəki riskləri öncədən görə bilir, düzgün material seçə bilir və tikinti prosesinin hər mərhələsində keyfiyyətə nəzarət edə bilirlər.

Və nəhayət, ***keyfiyyətə optimal nəzarət sistemi*** olmadan bütün bu səylər nəticəsiz qala bilər. Yəni işin hər mərhələsində - layihələndirmədən tutmuş istismara qədər - keyfiyyət göstəriciləri ölçülməli, sənədləşdirilməli və təhlil olunmalıdır. Bu nəzarət sistemi həm texnoloji, həm də inzibati səviyyədə işləməlidir.

Beləliklə, yolun keyfiyyəti - yalnız asfalt-betonun qalınlığı və hamarlığı deyil, bir bütöv sistemin düzgün işləməsinin göstəricisidir. Yalnız o zaman yollar uzunömürlü, təhlükəsiz və rahat olur ki, bütün bu amillər arasında tarazlıq və qarşılıqlı əlaqə qorunur. Bu, həm mühəndislik peşəkarlığının, həm də idarəetmə mədəniyyətinin göstəricisidir.

**Keyfiyyətə optimal nəzarət sistemi** - avtomobil yollarının tikintisində və istismarında etibarlılığı, uzunömürlülüyü və təhlükəsizliyi təmin edən əsas mexanizmdir. Sadə dildə desək, bu sistem tikinti prosesinə "göz qoyan" və hər mərhələdə işlərin düzgün aparıldığını yoxlayan ağıllı idarəetmə alətidir. Yaxşı qurulmuş nəzarət sistemi yalnız səhvləri aradan qaldırmaq üçün yox, həm də həmin səhvlərin niyə baş verdiyini anlamaq və gələcəkdə onların təkrarlanmasının qarşısını almaq üçündür.

Belə sistem dörd əsas mərhələdən ibarətdir: ilkin, istismar, qəbul və nəzarət bölmələri. İlkin mərhələdə layihə sənədləri, materiallar və texnologiyalar yoxlanılır - yəni işə başlamazdan əvvəl hər şeyin standartlara uyğunluğu təsdiqlənir. İstismar mərhələsində artıq istifadədə olan yolların vəziyyəti qiymətləndirilir: örtükdə çatlar, çökmələr, deformasiya əlamətləri və digər nasazlıqlar müəyyən edilir. Qəbul mərhələsində tikilmiş və ya təmir edilmiş yolun keyfiyyəti sınaqdan keçirilir, laboratoriya analizləri aparılır, nəticələr sənədləşdirilir. Nəzarət bölməsi isə bütün bu mərhələləri əlaqələndirir və ümumi keyfiyyət sisteminin işləməsini təmin edir.

Hazırda avtomobil yolları sahəsində tətbiq edilən nəzarət sistemi müəyyən nəticələr versə də, müasir tələblərə tam cavab vermir. Bu da onu göstərir ki, istifadə olunan metod-

lar və yanaşmalar yenilənməlidir. Elmi-texniki tərəqqi çox sürətlə gedir, buna görə də nəzarət mexanizmləri də həmin sürətə uyğunlaşdırılmalıdır. Məsələn, yeni texnologiyalar sayəsində yolun səthindəki qüsurları termoviziya kameraları, lazer skanerlər və ya xüsusi sensorlar vasitəsilə real vaxt rejimində aşkar etmək mümkündür. Bu, insan faktorundan asılılığı azaldır və qiymətləndirməni daha obyektiv edir.

Optimal nəzarət sistemi yalnız texniki yoxlama ilə məhdudlaşmamalıdır. Onun əsas məqsədi - qüsurların yaranma səbəb-lərini təhlil etmək və bu səbəblərin gələcəkdə təkrarlanmaması üçün elmi əsaslı təkliflər verməkdir. Məsələn, əgər yol örtüyündə hər il eyni yerdə çatlar əmələ gəlirsə, bu, materialın keyfiyyətindən çox, layihədə və ya drenaj sistemində olan problemi göstərir. Belə hallarda nəzarət sistemi bu problemi qeyd etməklə yanaşı, onun aradan qaldırılması üçün texniki həll təklif etməlidir.

Eyni zamanda, bu sistem qanunvericiliyə əsaslanmalıdır. "Avtomobil yolları haqqında" və "Yol hərəkəti haqqında" qanunlarda keyfiyyət, təhlükəsizlik və istismar qaydaları müəyyən edilib. Optimal nəzarət sistemi bu qanunların tələblərini praktik səviyyədə həyata keçirmək üçün vasitə rolunu oynayır. Yəni o, həm dövlətin müəyyən etdiyi normalara riayət olunmasını təmin edir, həm də yoldan istifadə edən insanların - sürücülərin, sərnişinlərin və piyadaların təhlükəsizliyini qoruyur.

Son illərdə Azərbaycanda avtomobil yollarının tikintisi sahəsində ciddi irəliləyişlər var. Müasir texnika, yeni texnologiyalar, yüksək keyfiyyətli materiallar artıq əksər yol layihələrində istifadə olunur. Amma bəzən bu yeniliklərin hamısı istənilən nəticəni vermir. Bunun əsas səbəblərindən biri - tikinti prosesinin düzgün planlaşdırılmaması və nəzarətin yetərincə səmərəli təşkil edilməməsidir.

Məsələn, tikintinin qısa zaman kəsiyində tamamlanması üçün podrat təşkilatları bəzən texnoloji tələbləri pozurlar. Bu, xüsusilə yayda yüksək temperaturda asfalt-beton qarışığının düzgün soyumadan döşənməsi, ya da yağışlı havalarda torpaq işlərinin aparılması zamanı baş verir. Belə hallarda yol ilkin mərhələdə keyfiyyətli görünsə də, istismara verildikdən bir müddət sonra deformasiya və çatlar əmələ gəlir. Bu, təkcə maliyyə itkisinə deyil, həm də yol hərəkəti təhlükəsizliyinə ciddi zərər vurur.

Bütün bunların qarşısını almaq üçün tikinti və təmir prosesinin hər mərhələsində mütləq ***laboratoriya nəzarəti*** aparılmalıdır. Yəni istifadə olunan asfalt-betonun, betonun, torpaq yatağının sıxlığının və digər fiziki-mexaniki göstəricilərin standartlara uyğunluğu rəsmi hesabatlarla təsdiqlənməlidir. Hər mərhələdən sonra müvafiq aktlar tərtib olunmalı və bu sənədlər gələcəkdə yolda yaranan problemlərin səbəblərini müəyyən etmək üçün arxivləşdirilməlidir.

Yaxşı qurulmuş keyfiyyətə nəzarət sistemi həm mühəndis, həm də idarəetmə baxımından "yolun sağlamlıq kartıdır". O, həm cari vəziyyəti izləyir, həm də gələcəkdə potensial problemlərin qarşısını almağa imkan verir. Belə sistem sayəsində yolların istismar müddəti uzanır, təmir xərcləri azalır və ən əsası - hərəkətin təhlükəsizliyi yüksəlir.

Əslində, müasir nəzarət sistemi yolun səthinə baxmaqla deyil, onun "daxili vəziyyətini" görmək bacarığına malik olmalıdır. Bu isə yalnız texnologiyanın, elmin və peşəkar təcrübənin birləşdiyi halda mümkündür.

**Yolun keyfiyyətinin təmin edilməsi** - hər bir avtomobil yolunun etibarlılığını, uzunömürlülüyünü və təhlükəsizliyini qorumaq üçün əsas məqsədlərdən biridir. Bu proses təkcə tikinti işlərinin görülməsi ilə bitmir; burada planlaşdırma, nəzarət, qiymətləndirmə və yekun qəbul mərhələləri də eyni dərəcədə vacibdir. Keyfiyyət nəzarəti, bir növ, yolun "sığortası"-dır - yəni bütün görülən işlərin dövlət standartlarına və texniki tələblərə uyğun aparıldığını sübut edən mexanizmdir.

Bu nəzarəti ***Sifarişçi*** tərəfindən akkreditasiya olunmuş dövlət qurumları, təcrübəli ekspert-mütəxəssislər və ya müvafiq lisenziyaya malik ***Konsaltinq*** təşkilatları həyata keçirməlidir. Onlar tikintinin gedişinə müdaxilə etmir, amma hər bir mərhələdə prosesin düzgün aparılmasına və standartlara riayət olunmasına nəzarət edirlər. Əslində, onların işi

həm "hakim", həm də "müşahidəçi" rolundadır - obyektiv və faktlara əsaslanan qiymətləndirmə aparmaq.

Bu nəzarət üç əsas mərhələdə həyata keçirilir: tikinti işlərinin icrasına başlamazdan əvvəl, tikinti işlərinin icrası mərhələsində və yekun mərhələdə. Hər mərhələnin öz funksiyası və məqsədi var:

***1. Tikintiyə başlamazdan əvvəl.*** Bu mərhələ hazırlıq dövrünü əhatə edir. Tikintinin keyfiyyətli başlaması üçün ilk növbədə bütün maraqlı tərəflər - sifarişçi, podratçı, mühəndislər və texniki nəzarətçilər - bir araya gəlir və layihə təqdim olunur. Bu görüşdə tikinti sahəsinin sərhədləri, görüləcək işlərin növləri, həcmləri və texnoloji ardıcıllığı müəyyənləşdirilir.

Eyni zamanda, sifarişçi ilə nəzarət formalarının razılaşdırılması vacibdir. Yəni keyfiyyətin necə ölçüləcəyi, hansı göstəricilərin izlənəcəyi, nə vaxt və kim tərəfindən yoxlama aparılacağı əvvəlcədən müəyyən olunur. Mütəxəssislər layihə-smeta və texniki sənədlərlə tanış edilir, geodeziya işlərinin düzgün aparılması qiymətləndirilir. Bu mərhələdə hər şey səliqə ilə planlaşdırılmalıdır, çünki növbəti addımların keyfiyyəti məhz bu hazırlıqdan asılıdır.

***2. Tikinti işlərinin icrası mərhələsi.*** Bu mərhələ prosesin "ürəyi" sayılır, çünki bütün tikinti və montaj işləri burada baş verir. Nəzarət orqanlarının və ekspertlərin rolu isə bu işlərin düzgün və keyfiyyətli aparıldığını təmin etməkdir.

Bu mərhələdə ilk olaraq texnoloji sənədlərin və layihə reqlamentlərinin tamlığı və düzgünlüyü yoxlanılır. Tikintidə istifadə olunan bütün planlar, xəritələr, texnoloji ardıcıllıq və tətbiq olunan metodlar müvafiq qaydalara uyğun olmalıdır.

Daha sonra materialların və konstruksiyaların keyfiyyətinə giriş nəzarəti aparılır. Məsələn, gətirilən asfalt-beton qarışığı, beton qarışığı, armaturlar və digər materiallar laboratoriya şəraitində sınaqdan keçirilir. Əgər keyfiyyətsiz və ya standartdan kənar material aşkarlanarsa, onun istifadəsinə icazə verilmir.

Eyni zamanda, operativ nəzarət vasitəsilə işin gedişi izlənir. Yəni mütəxəssislər işin hər mərhələsində yerində baxış keçirir, faktiki vəziyyətin təqvim qrafikinə uyğunluğunu yoxlayır. Əgər işlər gecikir və ya texnoloji ardıcıllıq pozulursa, bu barədə dərhal hesabat tərtib olunur.

Gizli işlər (məsələn, qrunt layının hazırlanması, drenaj borularının yerləşdirilməsi və s.) xüsusilə diqqətlə yoxlanılmalıdır. Çünki bu işlər sonradan asfalt-betonun altında qalır və onları daha sonra yoxlamaq mümkün olmur. Bu səbəbdən belə mərhələlərdə mütəxəssislər mütləq tikinti sahəsində olmalı və baxış aktı tərtib etməlidirlər.

Eyni zamanda, foto sənədləşmə aparılır-yəni yolun tikintisinin müxtəlif mərhələləri şəkillərlə sənədləşdirilir. Bu, sonradan həm hesabatlar, həm də texniki ekspertiza üçün dəyərli sübut rolunu oynayır.

***3. Yekun mərhələ.*** Tikinti işləri tamamlandıqdan sonra yekun qiymətləndirmə aparılır. Bu mərhələdə texniki tapşırığa uyğun olaraq bütün materiallar, hesabatlar, sınaq nəticələri və digər sənədlər toplanır və Sifarişçiyə təhvil verilir.

Daha sonra təhvil veriləcək yol sahəsində ilkin diaqnostika həyata keçirilir - yəni yolun faktiki vəziyyəti, örtük səthinin hamarlığı, ilişkənlik səviyyəsi, yol geyiminin möhkəmliyi və digər göstəricilər ölçülür. İşçi və Qəbul komissiyaları obyektə baxış keçirir və bütün nəticələr əsasında yekun hesabat hazırlanır. Bu hesabatda qəbul edilmiş işlərin siyahısı, aşkarlanmış qüsurlar və onların aradan qaldırılması ilə bağlı təkliflər əks olunur.

Tikintidən sonra da iş bitmir. Zəmanət müddəti ərzində obyektin vəziyyətinə texniki nəzarət davam edir. Yəni yol istismara verildikdən sonra da onun üzərində çat, dağılma və ya deformasiyalar yaranarsa, bu hallar qeydiyyata alınır və podratçı həmin qüsurları öz hesabına aradan qaldırmalıdır.

Yolun keyfiyyətinin təmin edilməsi çoxmərhələli, sistemli və elmi əsaslara söykənən bir prosesdir. Burada hər bir mərhələnin məqsədi yalnız "nəzarət etmək" deyil, həm də nəticəni yaxşılaşdırmaqdır. Bu yanaşma sayəsində tikilən yollar uzunömürlü olur, dövlət vəsaiti səmərəli xərclənir, ən əsası isə - vətən-

daşlar təhlükəsiz və rahat hərəkət şəraitinə qovuşurlar.

Yaxşı yol sadəcə asfalt zolağı deyil, o, məsuliyyət, peşəkarlıq və intizamın göstəricisidir.

***Yol-tikinti işlərinin keyfiyyətinin idarəedilməsinin kompleks sistemi*** - sadə dillə desək, bu, yol tikintisində hər bir mərhələdə keyfiyyətin qorunması, yoxlanması və daim yaxşılaşdırılmasını təmin edən vahid və düşünülmüş idarəetmə mexanizmidir. Çünki təkcə yaxşı materialdan və müasir texnikadan istifadə etmək hələ yüksək keyfiyyət demək deyil. Keyfiyyət bir sistem kimi idarə olunmalıdır: planlaşdırılmalı, izlənməli, ölçülməli və nəticələrə əsasən düzəlişlər edilməlidir.

Belə bir sistem avtomobil yollarının tikintisində uzun illərin təcrübəsi əsasında formalaşıb və ***TİKİKS - Tikinti İşlərinin Keyfiyyətinin İdarəedilməsinin Kompleks Sistemi*** adlanır. Onun əsas məqsədi - yolun tikintisi zamanı bütün proseslərin bir-birinə uyğun şəkildə aparılmasını, normativ tələblərə əməl olunmasını və nəticədə istismara verilən yolun etibarlı, uzunömürlü və təhlükəsiz olmasını təmin etməkdir.

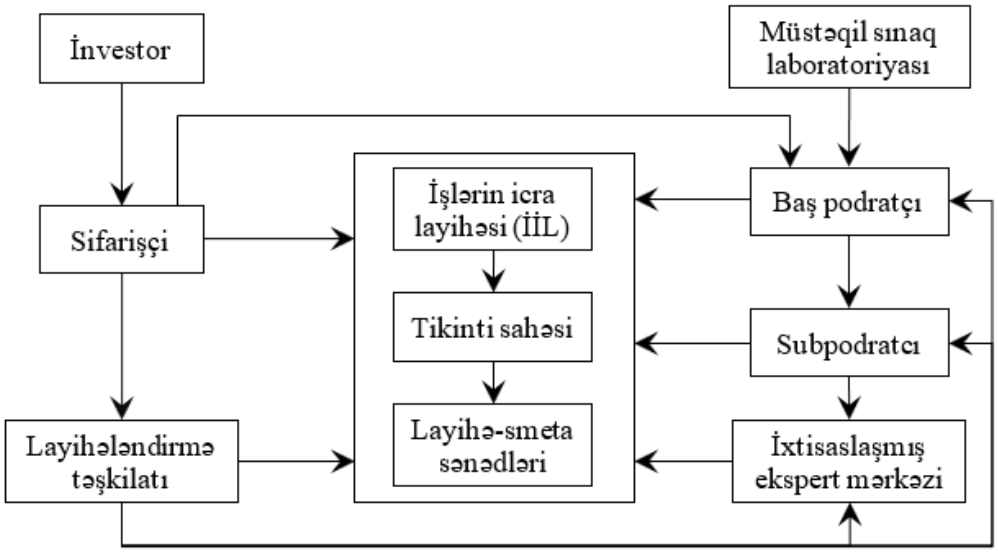
Bu sistemə yalnız texniki yox, həm də təşkilati, sosial və hüquqi elementlər daxildir. Yəni TİKİKS həm insan faktorunu (işçi heyətin peşəkarlığı, məsuliyyəti), həm idarəetməni (nəzarət mexanizmləri, hesabat sistemi), həm də texnologiyanı (istifadə olunan materiallar, tikinti üsulları, ölçmə və sınaq metodları) əhatə edir.

TİKİKS-in əsas tərkib hissələri bunlardır:

– ***Keyfiyyət yoxlamaları üzrə təlimat.*** Bu sənəd yol-tikinti prosesində hansı mərhələdə, kim tərəfindən və hansı metodlarla keyfiyyət yoxlamalarının aparılmalı olduğunu müəyyən edir. Yəni bu təlimat "yoxlama nə vaxt, necə və kim tərəfindən aparılmalıdır?" suallarına cavab verir.

– ***Müstəqil keyfiyyət nəzarətinin reqlamenti.*** Burada məqsəd odur ki, nəzarət yalnız podratçı təşkilatın öz daxilində aparılmasın. Müstəqil laboratoriyalar, dövlət nəzarət orqanları və ya akkreditasiya olunmuş ekspertlər tərəfindən obyektiv qiymətləndirmə təmin olunur. Bu, həm şəffaflıq yaradır, həm də mümkün səhvlərin və saxtalaşdırmaların qarşısını alır.

– ***Keyfiyyətin pozulmasına görə inzibati-maliyyə sanksiyaları metodikası.*** Yəni əgər tikinti zamanı normativlər pozularsa, məsul şəxslər və təşkilatlar üçün cərimələr və digər inzibati tədbirlər nəzərdə tutulur. Bu, məsuliyyət hissini artırır və keyfiyyətə biganə yanaşmanın qarşısını alır.




*Yol-tikinti işlərinin keyfiyyətinin idarəedilməsi üzrə investisiya prosesi iştirakçılarının qarşılıqlı əlaqələrinin struktur sxemi*

TİKİKS-in uğurla işləməsi üçün podrat təşkilatı əvvəlcə layihə-smeta sənədlərini və ***işlərin icra layihəsini (İİL)*** əsas götürməlidir. Bu sənədlərdə tikintinin necə aparılacağı, hansı texnologiyalardan istifadə ediləcəyi, hansı materialların uyğun olduğu və s. bütün detallı məlumatlar əks olunur.

İİL-in əsas məqsədi - nəticədə tələb olunan keyfiyyət səviyyəsini əldə etmək, yəni yolun layihədə göstərilən texniki parametrlərə tam uyğun, minimum xərc və maksimum səmərə ilə müəyyən edilmiş vaxtda istifadəyə verilməsini təmin etməkdir.

Belə sistemli yanaşma sayəsində tikinti prosesinin hər mərhələsində vəziyyətə nəzarət etmək, mümkün səhvləri vaxtında aşkar edib düzəltmək, həmçinin gələcək layihələr üçün təcrübə toplamaq mümkündür.

Sadə şəkildə desək, TİKİKS bir yolun təkcə "necə tikildiyini" deyil, həm də "necə düşünülüb idarə olunduğunu" müəyyən edir. Bu sistem düzgün işlədikdə, nəticədə biz daha təhlükəsiz, daha dayanıqlı və uzunömürlü yollar əldə edirik - yəni rahat və təhlükəsiz hərəkət üçün etibarlı infrastruktur.

**Nəticə.** Əsas fikir ondan ibarətdir ki, avtomobil yollarının keyfiyyətli və uzunömürlü olması üçün işin hər mərhələsi - ən ilkin hazırlıqdan tutmuş yolun istismara verilməsinə qədər - ciddi şəkildə planlaşdırılmalı, peşəkar nəzarət altında aparılmalı və normativ qaydalara tam uyğun şəkildə həyata keçirilməlidir. Bu, təkcə texniki məsələ deyil;, həm də təşkilati, iqtisadi və sosial məsuliyyət məsələsidir.

Avtomobil yollarının tikintisi mürəkkəb bir prosesdir. Burada bir çox amillər - layihələndirmə mərhələsində verilən qərarlar, istifadə edilən materialların keyfiyyəti, texnologiyaların düzgün seçilməsi, işçi heyətin hazırlığı, eləcə də iqlim və geoloji-qrunt şəraiti - yolun son keyfiyyətinə birbaşa təsir göstərir. Məsələn, əgər layihə mərhələsində yol konstruksiyasının möhkəmliyi, drenaj sistemi və ya asfalt-beton laylarının qalınlığı düzgün hesablanmazsa, tikintidə ən müasir texnika da istifadə olunsa, nəticə istənilən kimi olmayacaq.

Bu səbəbdən, yol-tikinti prosesinin hər mərhələsində sərişteli mütəxəssislərin iştirakı həlledici rol oynayır. Onlar yalnız işin gedişinə nəzarət etmir, həm də yaranan texniki problemlərə operativ reaksiya verir, uyğun həllər təklif edirlər. Yəni keyfiyyət təsadüfən yaranmır - o, bilik, təcrübə və məsuliyyətin birləşməsindən formalaşır.

Eyni zamanda, keyfiyyətin qorunması yalnız podratçı və mühəndislərin işi deyil. Burada sifarişçi təşkilatın, nəzarət orqanlarının və dövlətin rolu da böyükdür. Sifarişçi tərəfindən düzgün nəzarət sistemi qurulmalı, dövlət orqanları isə standartlara əməl olunmasını təmin etməlidir. Bu, həm şəffaflıq yaradır, həm də vəsaitlərin səmərəli istifadəsini təmin edir.

Əgər bu prinsiplərə riayət olunarsa, nəticədə biz təkcə bir yol deyil, ölkənin sosial-iqtisadi inkişafına xidmət edən strateji bir infrastruktur yaradırıq. Keyfiyyətli yollar yük və sərnişin daşımalarını asanlaşdırır, regionlararası əlaqəni gücləndirir, kənd təsərrüfatı və sənaye məhsullarının dövriyyəsini sürətləndirir, turizmin inkişafına şərait yaradır.

Beləliklə, avtomobil yollarının tikintisində keyfiyyətin təmin olunması - təkcə texniki məsələ deyil, həm də gələcəyə yönəlmiş iqtisadi, sosial və ekoloji əhəmiyyət daşıyan strateji bir addımdır. Yol yalnız asfalt-beton zolaq deyil; o, ölkənin inkişaf damarlarından biridir. Buna görə də onun hər bir metri elmi əsasla, texniki dəqiqliklə və məsuliyyətlə qurulmalıdır.

Belə bir yanaşma sayəsində həm müasir, həm təhlükəsiz, həm də uzunömürlü avtomobil yolları yaradılacaq - bu da gələcək nəsillər üçün dayanıqlı və rahat nəqliyyat infrastrukturu deməkdir.

**İstifadə olunmuş ədəbiyyat**

1. Əliyev Ə.M. "Avtomobil yolları və aerodromların tikintisi". 4 cilddə dərslik. – Bakı, 2014.
2. Əliyev R.M. "Avtomobil yollarının tikintisi". Bakı, Maarif. 1992, 324s.
3. Справочная энциклопедия дорожника. I том, «Строительство и реконструкция автомобильных дорог». Под ред. А.П. Васильева, Москва, 2005 – 654с.

4. Сиденко В.М., Рокас С.Ю. «Управление качеством в дорожном строительстве». - М.: Транспорт, 1981. - 252 с.
5. Ушаков В.В. «Строительство автомобильных дорог», учебник, - М.: Кнорус, 2013 - 576 с.

**Avtomobil yollarının tikintisində keyfiyyətin idarəedilməsinin bəzi məsələləri**

**ANNOTASİYA**

Məqalədə avtomobil yollarının tikintisi, yenidən qurulması və ya əsaslı təmiri proseslərində keyfiyyətin artırılması məsələləri şərh olunur. Mövzunun əsas diqqət mərkəzi-yol tikintisinin hər mərhələsində yüksək keyfiyyətin təmin olunması, nəzarət mexanizmlərinin düzgün qurulması və bu prosesdə iştirak edən bütün tərəflərin (sifarişçi, podratçı, nəzarət orqanları və s.) məsuliyyətlərinin artırılmasıdır. Məqalədə göstərilir ki, yolun keyfiyyətinə təsir edən amillər çoxşaxəlidir: istifadə olunan materialların fiziki-mexaniki göstəriciləri, tətbiq edilən texnologiyalar, mütəxəssislərin peşəkarlığı, iqlim şəraiti, hətta işin təşkilati tərəfləri belə ümumi nəticəyə birbaşa təsir edir. Bu baxımdan, keyfiyyət sadəcə tikintinin nəticəsi deyil, həm də bütün mərhələlərdə düzgün idarəetmənin və sistemli yanaşmanın məhsuludur. Həmçinin, keyfiyyətə nəzarətin həyata keçirilməsi qaydaları mərhələli şəkildə izah edilir. Bu nəzarət yalnız qüsurları aradan qaldırmağa yönəlmir, həm də həmin qüsurların yaranma səbəblərini aşkara çıxarmaq, gələcəkdə onların təkrarlanmaması üçün elmi-texniki həllər işləyib hazırlamaq məqsədi daşıyır. Yəni söhbət reaktiv deyil, proaktiv (önləyici) keyfiyyət idarəçiliyindən gedir. Müasir və uzunömürlü avtomobil yolunun yaradılması üçün texniki, təşkilati və iqtisadi baxımdan kompleks yanaşma tələb olunur. Keyfiyyət anlayışı yalnız yolun səthinin hamar və ya dayanıqlı olması ilə məhdudlaşmır - o, həm də təhlükəsizlik, ekoloji uyğunluq, istismar xərclərinin azlığı və ümumi nəqliyyat komfortu kimi göstəricilərlə müəyyən olunur.

Beləliklə, məqalə oxucuya avtomobil yollarının tikintisində keyfiyyətin yüksəldilməsi məsələsinə yalnız texnoloji tərəfdən deyil, həm də idarəetmə, planlaşdırma və elmi yanaşma baxımından geniş bir baxış təqdim edir. Məqsəd təkcə yaxşı yol tikmək deyil - uzunömürlü, təhlükəsiz və iqtisadi cəhətdən səmərəli yol infrastrukturunun formalaşdırılmasıdır.

***Açar sözlər:*** *avtomobil yolları, tikintiyə keyfiyyət nəzarəti, yolların keyfiyyəti, keyfiyyətə optimal nəzarət sistemi, nəzarətin həyata keçirilməsi qaydaları, keyfiyyətin idarəedilməsinin kompleks sistemi.*

**Qaraisayev S.N.**

*Azerbaijan University of Architecture and Construction*

*sanangaraisayev@gmail.com*

**Quality management of road construction**

**ANNOTATION**

The article addresses issues related to improving quality in the construction, reconstruction, and major repair of roads. It focuses on ensuring high quality at every stage of road construction, the proper organization of control mechanisms, and increasing the accountability of all participants in the process the client, contractor, supervisory bodies, etc.). The article emphasizes that road quality is influenced by a wide range of factors, including the physical and mechanical properties of materials used, applied technologies, the professionalism of specialists, climatic conditions, and even organizational aspects of the work - all of which directly affect the final outcome. In this regard, quality is not merely the end result of construction, but a product of proper management and a systematic approach at all stages. Furthermore, the article provides a detailed review of the stages of quality control implementation. This control is aimed not only at eliminating defects but also at identifying their root cau-

ses and developing scientific and technical solutions to prevent their recurrence in the future. In other words, the approach emphasizes proactive rather than reactive quality management. Creating modern and durable roads requires a comprehensive approach from technical, organizational, and economic perspectives. The concept of quality is not limited to the smoothness or strength of the pavement - it also includes indicators such as safety, environmental sustainability, low maintenance costs, and overall travel comfort.

Thus, the article provides readers with a broad perspective on improving quality in road construction - not only from a technological standpoint but also from managerial, planning, and scientific perspectives. The goal is not merely to build a good road, but to develop a durable, safe, and economically efficient road infrastructure.

***Keywords:*** *highways, construction control, quality of road construction, economy in road construction.*

*Məqaləyə AzMİU-nun*
*"Nəqliyyat" fakültəsinin dekanı,*
*dosenti E.N. Yusifzadə rəy vermişdir.*

**UOT 658**

**BAĞIROV B.İ., DİBİROV Ə.M.**

*Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti*

*bulud.baghirov@azmiu.edu.az , aliaga.dv@gmail.com*

## QARABAĞ REGIONUNUN YAŞAYIŞ VƏ SOSIAL-MƏDƏNI OBYEKTLƏRIN BƏRPASINA LOQISTIK ŞIRKƏTLƏRIN CƏLB OLUNMASI MƏSƏLƏSI

Bildiyimiz kimi, Azərbaycan dövləti Vətən müharibəsində qələbə qazanmaqla bərabər öz çiyinlərinə 30 il ərzində vəhşicəsinə dağıdılmış əraziləri bərpa etmək kimi ağır bir yükü alıb.

2021-ci ilin dövlət büdcəsi işğaldan azad edilmiş ərazilərdə bərpa-quruculuq işlərini nəzərdə tutan ilk büdcəmizdir. 2021-ci ilin büdcəsində işğaldan azad olunmuş ərazilərin bərpasının təmin edilməsi, yəni, şəhər və kəndlərin yenidən qurulması, müasir infrastrukturların yaradılması, yol, işıq,su, qaz, rabitə və digər zəruri infrastrukturların, eləcə də təhsil, səhiyyə, mədəniyyət obyektlərinin, yaşayış evlərinin tikintisi və mədəni-tarixi abidələrin bərpası və s. bu kimi məsələrin həlli üçün 2,2 milyard manat vəsait ayrılıb [2]. İşğaldan azad edilmiş ərazilərdə bərpa-quruculuq tədbirlərini maliyyələşdirmək üçün nəzərdə tutulan vəsaitin istifadəsi zamanı şəffaflığın, nəzarətin və hesabatlılğın gücləndirilməsi, görüləcək işlərin effektivliyi və nəticələrin səmərəliliyini artırmaqdan ötrü dövlət-özəl sektorun fəaliyyətinin effektiv kombinasiyasına nail olunması mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Yəni işğaldan azad olunmuş ərazilərin bərpasına təkcə hökumətin 2,2 milyard manat vəsait ayırması ilə iş bitmir. Həmin işlər yüksək keyfiyyətlə həyata keçirilməli, özəl sektorun bu sahəyə cəlb olunmasına maraq və şərait yaradılmalıdır. Bu tədbirlər lazımi səviyyədə həyata keçirilsə, özəl sektor, həm yerli həm də xarici investorlar Qarabağa yetərincə sərmayə qoymaya başlayacaq və həmin vəsaitin məbləği dövlət sərmayələri ilə məhdudlaşmayıb 2,2 milyard manatdan çox olacaq. Ümumilikdə, ekspertlərin ilkin proqnozlarına görə Qarabağ reqionunun bərpası və yenidən qurulması ən azı 10 il vaxt və təqribən 60 milyard manata qədər maliyyə vəsaitinin qoyuluşunu tələb edir.

Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi post-konflikt ərazilərinin bərpası və yenidənqurması böyük maliyyə vəsaiti və resursların səfərbərliyini tələb edən uzunmüddətli bir prosesdir. "İqtisadi İslahatların Təhlili və Kommunikasiya Mərkəzi"nin fikrincə dövlət qurumları və özəl sektorun əməkdaşlığı Qarabağın dirçəlişinə çox böyük dəstək ola bilər. Belə ki, dövlətin maliyyə və iqtisadi resurslarının sərhədsiz olmadığını nəzərə alsaq, planlaşdırılan müxtəlif layihələrə özəl şirkətlərin (yerli və

xarici) cəlb olunması iqtisadi bərpa prosesini həm tezləşdirə və eyni zamanda qurulan infrastruktur layihələrinin müasirliyini və rəqabət qabiliyyətliliyini artıra bilər. Bunu bir daha dövlətimizin prezidenti İlham Əliyev 2020-ci ilin yekunlarına həsr olunmuş videoformat müşavirəsində danışarkən qeyd etmişdir [1].

Qarabağ reqionunda bərpa-qurucu işlərin uğurla aparılması üçün ilk növbədə həmin ərazidə işləyəcək şirkətləri böyük həcmdə lazımi xammal və materiallarla təmin etmək lazımdır.

İlk baxışdan bu elədə problemli bir məsələ kimi görünmür. Lakin qoyulan maliyyə vəsaitlərinə maksimal qənayətlə yanaşma və yenidən qurulan obyektlər və infrastrukturun müasirliyi, rəqabət qabiliyyətliliyi tələblərini nəzərə alsaq bu o qədər də asan deyil, çünki, istifadə olunan xammal bir tərəfdən mümkün qədər müasir və keyfiyyətli, digər tərəfdən isə onun başa gələn maya dəyəri mümkün qədər aşağı olmalıdır.

Bunları aşağıdakı misalla izah etmək olar. Bildiyimiz kimi, malın son dəyərinin formalaşmasına müxtəlif amillər təsir göstərir. Belə ki, xammalın öz ilkin maya dəyərinin üzərinə onun tələb olunan yerlərə daşınması, yükləmə-boşaldılması və saxlanması ilə əlaqədar olan xərclər əlavə olunur Xammal və mal-materialın ilkin maya dəyəri onun keyfiyyətindən və və bir ədədin əldə olunmasına sərf edilən vəsaitin miqdarından asılıdır. Onların seçimi zamanı keyfiyyətlə əldə edilməyə çəkilən xərclərin düzgün vəhdətini, yəni optimal bir variantı tapmaq lazımdır (bunun üçün malın keyfiyyətinin sonrakı mərhələlərdə nə dərəcədə önəmli ol-duğu nəzərə alınmalıdır).

Hər hansı bir növ nəqliyyatda daşımanın son maya dəyərini tapmaq üçün həmin daşımanın müəyyən dövr ərzində həyata keçirilməsi ilə əlaqədar olan ümumi xərcləri həmin dövr ərzində yerinə yetirilən nəqliyyat işnin həcminə bölmək lazımdır:

$$S = \sum S_{hes} / \sum P \quad man/t{\cdot}km \ (man/sərn{\cdot}km)$$

burada: $S$ – daşımanın maya dəyəri, *man/t·km (man/sərn·km)*: $\sum S_{hes}$ - daşımanın müəyyən dövr ərzində həyata keçirilməsi ilə əlaqədar olan ümumi xərclər; $\sum P$ - həmin dövr ərzində yerinə yetirilən nəqliyyat işnin həcmi.

Daşımanın həyata keçirilməsi ilə əlaqədar ümumi xərclər aşağıdakılardan ibarətdir: dəyişən, daimi, yükləmə-boşaltma və yol xərcləri. Nümunə üçün avtomobil nəqliyyatını götürək.

**Dəyişən xərclər** istismar materiallarına (yanacaq, yağ, soyuducu maye və s.), texniki qulluq, təmir işləri və avtomobilin amortozasiyası, təkərlərin alınması və sair hallarla əlaqəli xərclərdir (avtomobilin 1 km yürüşünə hesablanır).

**Daimi xərclər** müəssisənin binalarının saxlanmasına, təssərrüfata, vergilərə, sürücülərin və texniki işçilərin əmək haqqına çəkilən xərclərdir.

**Yükləmə-boşaltma xərcləri** bu işlərin yerinə yetirilməsi ilə əlaqədar (işçilərin əmək haqqı, sürtkü və istismar materialları, texniki avadanlıq və mexanizmlərin təmiri, amortizasiya və s.) olan xərclərdir.

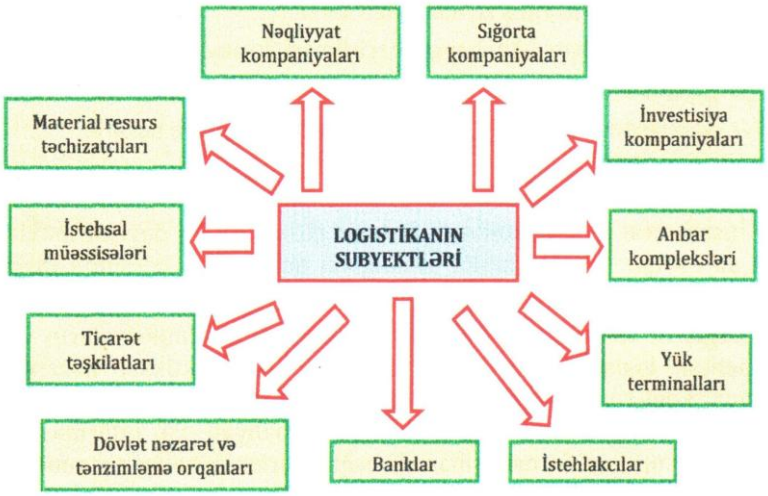
**Yol xərclərinə** yolların tikintisi, təmiri və saxlanması ilə əlaqədar olan xərclər aid edilir.

Qeyd olunan xərclərin içində malın son dəyərinin formalaşmasına əsas təsir göstərən amil – avtomobilin istismar materiallarına və amortizasiyasına çəkilən xərclərdir. Bunların içində birinci yerdə yanacaqla əlaqəli olan xərclərdir. Avtomobilin 1 km yürüşünə hesabladıqda onun həcmi NV-nin növündən, daşıma məsafəsindən, yol şəraitindən, çatdırma sürətindən və s. amillərdən asılıdır. Daşımada avtomobil nəqliyyatından istifadə edildikdə, birinci növbədə onun markasını düzgün seçmək lazımdır (bu zaman daşınan yüklərin ümumi həcmi, avtomobilin yük götürmə qabiliyyəti, ya da yük tutumu, yükləmə-boşaltma işlərinin mexanikləşdirilməsi imkanları nəzərə alınmalıdır). İkinci mərhələdə daşımanın hansı marşrutla həyata keçiriləciyi (əgər bir neçə variant varsa) müəyyən edilməlidir. Bu zaman müqaisə edilən marşrutların uzunluqları, keçiləcək ərazilərin relyefi, iqlim və yol şəraiti, çatdırmaya qoyulan vaxt limiti və s. faktorlar nəzərə alınmalıdır.

Yuxarıda göstərilən sadə bir misal əsasında aydın görmək olur ki, təkçə xammal və

mal-materialların düzgün seçilməsi və onların effektiv və səmərəli daşınmasının təşkili üçün müxtəlif sahələrdə xüsusi biliklərə və yüksək peşakarlığa malik olan çoxlu sayda mütəxəssislər tələb olunacaq. Bununla bərabər bu mütəxəssislərin qarşıda qoyulmuş ümumi məqsədə çatmaq üçün bir vahid komanda kimi işləməsini təmin etmək lazımdır. Bu nöqteyi nəzərdən, bizim fikrimizcə, Qarabağ reqionunda görüləcək bərpa-quruculuq işlərinin həyata keçirilməsinə respublikada və xaricdə fəaliyyət göstərən loqistik şirkətlərin cəlb olunması çox vacibdir.

Bildiyimiz kimi, loqistik şirkətlər fəaliyyət prosesində əsasən **təchiza**t (xammal və material resursların alınması prosesinin idarə edilməsi), **istehsal** (məhsulun texnoloji hazırlanma prosesi çərçivəsində material və informasiya axınlarının idarə edilməsi) və **satış** (hazır məhsulun sonuncu alıcıya çatdırılmasının loqistik təşkili) funksiyalarını yerinə yetirirlər. Son nəticədə bu fəaliyyətin məqsədi – sifarişçinin tələblərini lazımi keyfiyyətlə, lazımi vaxtda, minimal xərclərlə yerinə yetirməkdir [3.s.21]. Yalnız bu şərtlər ödəndikdə loqistik şirkətin fəaliyyəti uğurla həyata keçmiş sayılır.




*Şəkil 1. Loqistikanın subyektləri*

Bu məqsədə çatmaq üçün loqistik şirkət aşağıdakı əsas məsələləri həll etməlidir [3.s.13; 4].

- müəssisənin material axınlarının səmərələşdirilməsi;
- istehlakçının sifarişləri ilə istehsal gücünün maksimal yüklənməsi;
- material axınının bütün mərhələlərində material resurslarına qənaət edilmə;
- istehsal və hazır məhsulun reallaşdırılması xərclərinin optimallaşdırılması.

Dünya təcrübəsi göstərir ki, loqistik şirkətlər müxtəlif sahələrdə sifarişlərin yerinə yetirilməsi ilə məşqul olduqlarından, onlarda əsas ixtisas sahələri üzrə (məsələn, iqtisadiyyat, informasiya texnoloqiyaları, daşımaların təşkili, kömrükdə sənədləşmə və s.) təcrübəli və peşəkar mütəxəssislər vardır. Bunlar vahid

*Şəkil 2. Loqistik daşımalarda nəqliyyatın növləri*

bir komanda kimi işlədiyindən və bir-gə mərkəzdən idarə olunduğundan qarşılarında qoyulan məsələləri tez bir zamanda və yüksək keyfiyyətlə həll edirlər.

Qarabağda quruculuq işlərinin aparılacaq ərazinin kifayət qədər böyük olmasını, xammal və material resursların uzun müddət və

böyük həcmlərdə tələb olunmasını nəzərə alaraq, loqistik baxımdan onların daşınmasının əsasən iki növ nəqliyyatla həyata keçirilməsi məqsədə uyğun olardı:

– dəmir yolu nəqliyyatı;
– avtomobil nəqliyyatı.

Perspektivdə, Bərdəyə qədər gedən dəmir yolu xəttinin Ağdama kimi uzadılacığını və gələcəkdə Naxçıvana dəmir yolu xəttinin tikilməsini nəzərə alsaq, görərik ki, Qarabağ regionunun dirçəlişində dəmir yolu nəqliyyatının böyük imkanları vardır (həm yük daşınması, həm də sərnişin daşınması baxımından).

Gələcəkdə, Fizuli rayonunda aeroportun tikilməsindən sonra, beynalxalq sərnişin daşımalarında hava nəqliyyatının istifadəsi də məqsədyönlü olardı.

Loqistik fəaliyyətin vacib istiqamətlərindən biridə ehtiyyatlar və ambarlaşma loqistikasıdır. Böyük həcmdə tikinti işlərinin planlaşdırıldığını nəzərə alaraq, xammal və material resurslarının optimal miqdarda ehtiyyatlarının yaradılması və onların yerləşdirilməsi üçün anbarların yaradılması zəruridir. Əsas məsələ bu anbarların yerləşmə ərazisini düzgün təyin etmək və onları müasir texnoloji avadanlıqla (yükləmə-başaltma işləri aparmaq üçün) təmin etməkdir.

Bizim fikrimizçə, ilkin olaraq onları Bərdədə (dəmir yolu xəttinin olmasını nəzərə alaraq), Ağdama dəmir yolu çəkildik- dən sonra isə orada yerləşdirmək olardı. Həmin anbarlardan maddi resurslar lazımi ərazilərə avto- mobil nəqliyyatı vasitəsi ilə çatdırıla bilər [3.s.128,157].

Loqistik baxımdan, quruculuq işlərinin sürətlənməsi və maliyyə vəsaitinə qənaətin təmin olunması üçün, tikinti sahəsində istifadə olunacaq əsas materialların istehsalını azad olunmuş ərazilərdə təşkil edilməsi və istehsal prosesində yerli xammalın istifadəsinə üstünlük verilməsi (əlbətdə ki, keyfiyyət tələblərini nəzərə almaqla) vacib şərtlərdən biridir.

Nəhayyət, görüləcək işlərin səmərəliliyin artırılması, yarana biləcək müxtəlif problemlərin operativ həlli üçün vacib şərtlərdən biridə Qarabağ reqionunda iri loqistik şirkət -

*Şəkil 3. Müasir loqistik terminal.*

lərin nümayəndiklərinin yaradılmasıdır. Bildiyimiz kimi, prezidentin göstərişinə əsasən hal-hazırda Ələt rayonunu ərazisində iri loqistik terminalın yaradılmasına başlanmışdır. Bizim fikrimizcə belə bir loqistik terminalın gələcəkdə Qarabağın ərazisində yaradılması da çox önəmli olardı. Bu loqistik terminal Ağdam rayonunun ərazisində yerləşdirilə bilərdi (orada nəqliyyat qovşaqlarının yaradılmasını nəzərə alaraq)

## ƏDƏBIYYAT

1. ”İlham Əliyevin azad edilmiş torpaqlarla bağlı PLANLARI”, Turkustan.info, 07 yanvar 2021-ci il.
2. "İşğaldan azad olunmuş ərazilərin bərpasına 2,2 milyard manat vəsait ayırmaqla iş bitmir...", Moderator.az, 24 dekabr 2020-ci il.
3. Namazov B.F., Məmmədov R.T. Loqistikanın əsasları, dərslik, -Bakı-2019, “ECOprint” nəşriyyatı, 270 s.
4. Логистика. Учебное пособие для бакалавров /под ред. Б.А. Аникина и Т.А. Родкиной. – Москва: Проспект, 2014. – 509 с.

## XÜLASƏ

2021-ci ilin dövlət büdcəsi işğaldan azad edilmiş ərazilərdə bərpa-quruculuq işlərini nəzərdə tutan ilk büdcəmizdir. Bu büdcədə işğaldan azad olunmuş ərazilərin bərpasının təmin edilməsi ilə əlaqədar məsələlərin həlli üçün 2,2 milyard manat vəsait ayrılıb. Bu ərazilərdə görüləcək işlərin effektivliyi və nəti-

cələrin səmərəliliyini artırmaqdan, ayrılan vəsaitin qənaətlə istifadəsini təmin etməkdən ötrü dövlət-özəl sektorun fəaliyyətinin effektiv kombinasiyasına nail olunması mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Təkçə xammal və mal-materialların düzgün seçilməsi və onların effektiv və səmərəli daşınmasının təşkili üçün müxtəlif sahələrdə xüsusi biliklərə və yüksək peşəkarlığa malik olan çoxlu syda mütəxəssislər tələb olunacaq. Bununla bərabər bu mütəxəssislərin qarşıda qoyulmuş ümumi məqsədə çatmaq üçün bir vahid komanda kimi işləməsini təmin etmək lazımdır. Bu nöqteyi nəzərdən, bizim fikrimizcə, Qarabağ reqionunda görüləcək bərpa-quruculuq işlərinin həyata keçirilməsinə respublikada və xaricdə fəaliyyət göstərən loqistik şirkətlərin cəlb olunması çox vacibdir.

***Açar sözlər:*** *büdcə, quruculuq, xammal və material, daşımalar, loqistik fəaliyyət*

**ANNOTATION**

The state budget for 2021 is our first budget for reconstruction in the liberated territories.This budget allocates 2.2 billion manat to address issues related to the restoration of the liberated territories. It is important to achieve an effective combination of public-private sector activities to increase the efficiency of the work to be done in these areas and the effectiveness of the results, to ensure the economical use of allocated funds.

Large number of specialists with specialized knowledge and high professionalism in various fields will be required for the correct selection of raw materials and organization of their efficient and effective transportation. At the same time, it is necessary to ensure that these specialists work as a single team to achieve the overall goal.From this point of view, in our opinion, it is very important to involve loqistics companies operating in the country and abroad in the implementation of reconstruction work in the Karabakh region.

***Key words:*** *budget, construction, raw materials, transportation, loqistics.*

*Məqaləyə AzMİU-nun "Nəqliyyat və loqistika" kafedrasının dosenti E.B. Quliyev rəy vermişdir.*

**UOT: 69743**

**KƏRİMOV A.K., HÜSEYNLİ F.E.,**

*Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti*

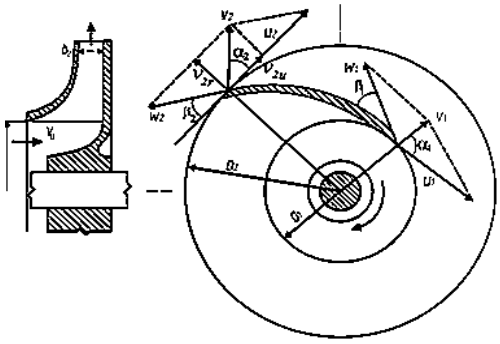
## SU TƏCHİZATI SİSTEMİNDƏ İSTİFADƏ OLUNAN MƏRKƏZDƏNQAÇMA NASOSUNUN İŞİNİN NƏZƏRİ ƏSASLARI

Maye mərkəzdənqaçma nasosunun iş çarxına val oxu istiqaməti boyunca, giriş sürəti *v* ilə daxil olur. İş çarxında maye axınının istiqaməti dəyişərək əvvəlcə oxboyu, daha sonra isə val oxuna perpendikulyar – yəni radial istiqamət alır . Çarxın daxilində maye kanallara $v_1$ sürəti ilə daxil olur və ləpələrarası kanallardan keçdikcə sürət artır; çıxış nöqtəsində isə $\mathbf{v_2}$ qiymətinə çatır. Burada indeks *1* giriş parametrlərini, *2* isə çıxış parametrlərini ifadə edir.

Maye hissəcikləri çarx kanalları boyunca hərəkət etdikdə, iki növ hərəkət yerinə yetirir:

- çarxla birlikdə fırlanma – çevrə üzrə periferik sürətlə,
- ləpə səthlərinə nəzərən nisbi hərəkət – *w* sürəti ilə.

Nisbi sürət müəyyən nöqtədə ləpənin səthinə toxunan istiqamətdə yönəlir, periferik sürət *u* isə həmin nöqtənin yerləşdiyi çevrə xətti üzrə tangensial istiqamətdə istiqamətlənir. Beləliklə, maye çarxın daxilində mürəkkəb – həm fırlanma, həm də irəliləmə hərəkəti həyata keçirir və bu proses nəticəsində mərkəzdənqaçma qüvvəsinin təsiri ilə enerji qazanır (şəkil 1).



*Şəkil 1. Mərkəzdənqaçma nasosunun iş çarxında maye hərəkətinin sxemi*

İş çarxından çıxışda periferik sürət aşağıdakı kimi müəyyən edilir:

$$u_2=\pi D_2 n,$$

burada: $D_2$ – iş çarxının diametri, *m*; $n$ – çarxın fırlanma tezliyi, $s^{-1}$.

Təxmin edilir ki, iş çarxında maye axını ləpə konturlarına uyğun trayektoriya ilə hərəkət edir. Bu fərziyyəyə əsaslanaraq alınan nəticələr daha sonra real axın şəraitini əks etdirən düzəlişlər tələb edə bilər.

Maye hissəciklərinin mütləq sürəti vvv onun komponentlərinin cəmi kimi təyin olunur:

$$v = w+u.$$

Radial (meridional) komponent:

$$v_r=v \sin \alpha$$

burada *α/alphaα* – maye hissəciklərinin ləpədən ayrıldığı (və ya daxil olduğu) nöqtədə mütləq sürət v ilə həmin nöqtənin çevrə tangenti arasındakı bucaqdır.

Periferik (tangensial) komponent:

$$v_u = v \cos \alpha,$$

Bir saniyə ərzində maye kütləsinin hərəkət momenti:

$$m=\rho Q,$$

burada: $\rho$ – maye sıxlığı; $Q$ – nasosun tutumu.

İş çarxının oxuna nisbətən hərəkət momenti giriş kəsiyində, həmin kəsiydə maye sürəti $v_1$ olduqda, belə müəyyən olunur:

$$M_1=\rho Q v_1 r_1$$

Çıxış kəsiyində hərəkət momenti isə:

$$M_2=\rho Q v_2 r_2,$$

burada $r_1$ *və* $r_2$ müvafiq olaraq giriş və çıxış sürət vektorlarının iş çarxının oxundan olan məsafələridir.

Bu ifadələr iş çarxında mayenin hərəkət etdiyi trayektoriyanın və sürət componentlərinin nasosun enerji ötürmə qabiliyyətinə birbaşa təsirini göstərir. Çəki qüvvələrinin momenti həmişə sıfırdır, çünki bu qüvvələrin qüvvə qolu sıfırdır (onlar çarxın fırlanma oxundan keçir). Hesablama kəsiklərində təzyiq qüvvələrinin momenti də sıfırdır.

İş çarxı tərəfindən mayeyə ötürülən güc, yəni hərəkət momenti $M_k$ ilə nisbi sürətin hasilinə bərabərdir və bu, nasos tərəfindən yaradılan nəzəri təzyiq *Pt* ilə axın həcminin *Q* hasilinə bərabərdir:

$$M_k w = Q p_{\mathrm{T}}.$$

Mərkəzdənqaçma nasosunun əsas tənlikləri göstərir ki, nasos tərəfindən yaradılan nəzəri təzyiq və təzyiq hündürlüyü iş çarxının xarici çevrəsindəki periferik sürət artdıqca artır; yəni çarxın diametri, fırlanma tezliyi və ləpələrin çıxış bucağı $\beta_2$ nə qədər böyükdürsə, iş çarxının ləpələri bir o qədər dik bucaq altında yerləşir və nəticədə nəzəri təzyiq də artmış olur.

Realdakı təzyiq və təzyiq hündürlüyü nəzəri dəyərlərdən aşağıdır, çünki nasosun faktiki iş şəraiti ideal qəbul edilən şəraitdən fərqlənir. Ləpələrin sonlu sayı nəzərə alınaraq $v_2$ sürətinin azalma dərəcəsini göstərən korreksiya əmsalı kkk tətbiq edilir. Hidravlik itkilərdən yaranan təzyiq azalması isə faydalı hidravlik səmərəlilik əmsalı ilə nəzərə alınır. Bu düzəlişlər tətbiq edildikdə tam təzyiq belə ifadə olunur:

$$p_t=\rho u^2 v^2$$

***Mərkəzdənqaçma nasosunun nəzəri axın tutumu:*** Mərkəzdənqaçma nasosunun nəzəri axın tutumu $Q_T$, $m^3$*/saat*, axının

dayanıqlılıq tənliyindən istifadə etməklə müəyyən edilə bilər:

$$Q_T = F\, v_{cp}$$

Bu düstur praktik olaraq nasos layihələndirilməsində əsas baza hesab olunur və nəzəri axın tutumu nasosun konstruksiyası və iş şəraiti nəzərə alınmaqla real axınla müqayisədə müəyyən qədər fərqlənə bilər.

Mərkəzdənqaçma nasosunun iş çarxından çıxışdakı axının real kəsik sahəsi (ləpələrin tutduğu sahə nəzərə alınmadan) silindrin yan səthi kimi hesablanır. Silindrin diametri çarxın diametrinə $D_2$, hündürlüyü isə çarx kanalının eni $b_2$ bərabərdir. Beləliklə, kəsik sahəsi:

$$F=\pi D_2 b_2$$

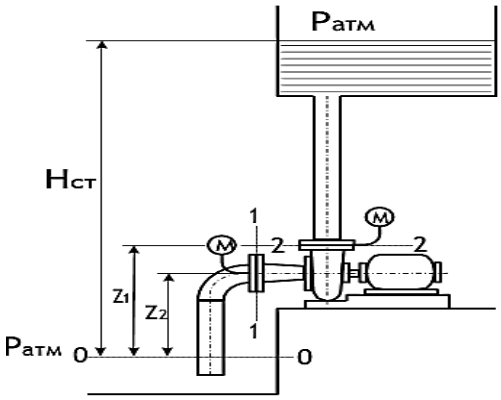
Bu səthə normal olan axın sürəti isə meridional sürət adlanır.

Bu yanaşma nasosun hidravlik analizində geniş istifadə olunur və nəzəri hesablamalar üçün sadələşdirilmiş, lakin praktikada kifayət qədər dəqiq nəticə verir. Sistemdə nasosun işi mayenin spesifik enerjisinin artmasına səbəb olur, yəni maye kütləsinin hər 1 kq-ına düşən enerji. Nasosa daxil olan mayenin ümumi spesifik enerjisi belə ifadə olunur:

$$e = \frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} + gh$$

Bu düstur, hər bir maye növü üçün spesifik enerjini hesablayır və nasosun hidravlik analizində istifadə olunur. Həmçinin, nasosun işini qiymətləndirmək və sistemdə enerji artımını təyin etmək üçün əsaslı bir göstəricidir. Bu parametrlər nasosun çıxışında mayenin enerji vəziyyətini müəyyən etməyə və onun sistemdə yaratdığı təzyiq və axın hündürlüyünü hesablamağa imkan verir (şəkil 2).

***Mərkəzdənqaçma nasosunun xüsusiyyətləri.*** "Əsas texniki göstəricilərin (təzyiq hündürlüyü, güc, faydalı səmərəlilik, sorucu hündürlük) axın tutumu ilə qrafik asılılığı, iş çarxının fırlanma tezliyi, mayenin viskozluğu və sıxlığı sabit olduqda, nasosun xarakteristikası adlanır". Nəzəri xarakteristikalar mərkəzdənqaçma nasosunun əsas tənliklərindən istifadə etməklə əldə edilir, real iş şəraitinə uyğun düzəlişlər tətbiq olunur. Nasosun faktiki iş parametrləri isə eksperimental yolla, zavod (stend) sınaqları zamanı müəyyən edilir. Nasoslar zavod sınaq stansiyalarında yoxlanılır. Nasosların sınaq metodikası DÜST 6134–71 ilə tənzimlənir.



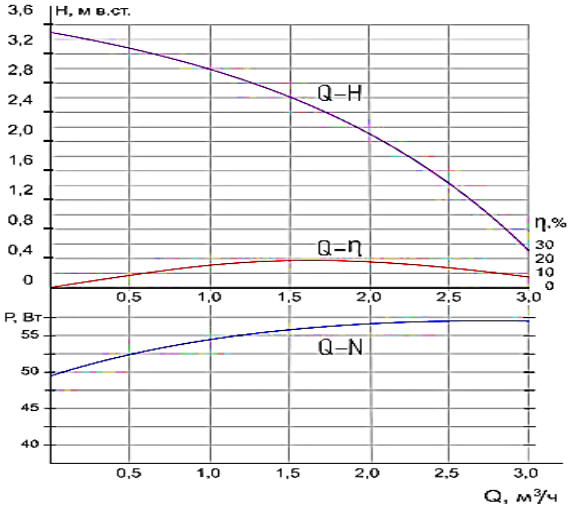

*Şəkil 2. Mərkəzdənqaçma nasosunun iş prinsipi və axının hərəkət sxemi*

Əldə olunan sınaq dəyərləri – axın tutumu Q, təzyiq hündürlüyü *H* və güc *N*, həmçinin bu dəyərlərdən hesablanan faydalı səmərəlilik (*η/etaη*) qrafik üzərində göstərilir və hamar əyrilərlə birləşdirilir. Adətən bütün üç əyrilər eyni qrafikdə, ordinata oxunda fərqli miqyaslarla çəkilir.

Nasos xarakteristikalarının bir neçə xüsusi nöqtəsi və bölgəsi mövcuddur. Xarakteristikanın başlanğıc nöqtəsi nasosun təzyiq borusundakı klapan bağlı olduqda (*Q=0*) işləməsini göstərir. Bu halda nasos müəyyən təzyiq hündürlüyü *H* yaradır və güc *N* sərf edir. Sərf olunan güc (təxminən nominalın 30%-i) mexaniki itkilər və nasosda suyun qızdırılması üçün istifadə olunur. Bağlı klapanla nasosun işi yalnız qısa müddət ərzində (bir neçə dəqiqə) mümkündür.»

Əlavə olaraq, bu mərhələdə nasosun işləmə parametrləri haqqında qrafiklərin düzgün təhlili mühüm əhəmiyyət kəsb edir, çünki onlar enerji səmərəliliyinin və hidravlik performansın optimallaşdırılmasına birbaşa təsir göstərir (şəkil 3).

Xarakteristikanın optimal nöqtəsi faydalı sə mərəliliyin (*η/etaη*) maksimum dəyərinə uyğun gəlir. Çünki *Q–η* əyrisi optimal nöqtə




*Şəkil 3. Mərkəzdənqaçma nasosunun xarakteristikası*

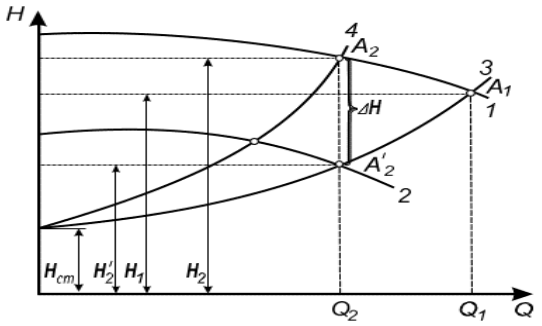
zonasında nisbətən şaquli deyil, praktikada nasosun işində xarakteristikanın o hissəsindən istifadə olunur ki, burada onun işləməsi tövsiyə olunur.

Xarakteristikanın iş hissəsi faydalı səmərəliliyin icazə verilən azalma səviyyəsindən asılıdır; adətən bu, maksimum səmərəliliyin 2–3%-dən çox olmur. *Q–H* əyrisinin son nöqtəsi axın tutumu dəyərinə uyğun gəlir ki, bundan sonra nasos kavitasiya rejiminə keçə bilər.

Nasosun xarakterikasının görünüşü onun sürət əmsalından (nəzəri sürətinə görə) asılıdır.

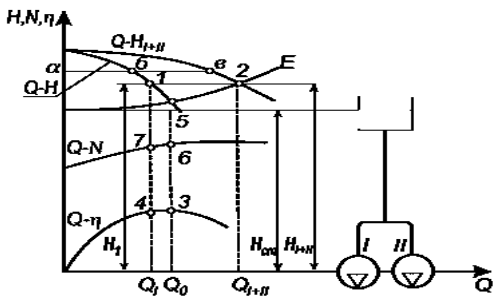
**Nasos qurğularının iş rejimləri:** «Su tələbatı artdıqca axın tutumu da artırılmalıdır. Bu zaman borulardakı təzyiq itkisi artır. Bu itkini kompensasiya etmək üçün nasos qurğusu tərəfindən yaradılan təzyiq artırılmalıdır. Su tələbatı və axın tutumunun uyğunlaşdırılması işləyən nasosların sayının dəyişdirilməsi, təzyiq borularındakı klapanların açılma dərəcəsi ilə həyata keçirilir. Müasir dövrdə isə nasos çarxlarının fırlanma tezliyi tez-tez tezliklə tənzimlənən elektrik sürücüsü vasitəsilə idarə olunur.»

«Klapanı qismən bağlamaq və ya açmaqla borunun *Q-H* xarakterikasının meylliyi dəyişdirilir (şəkil 10), bu da onun hidravlik müqavimətindən asılıdır. Klapanı qismən bağladıqda borunun xarakterikasının meylliyi artır, nəticədə nasosun iş nöqtəsi $A_1$ mövqeyinə keçir (şəkil 4). Bu halda axın tutumu $Q_2$-yə qədər azalır, nasosun yaratdığı təzyiq $H_2$-yə yüksəlir, klapandan sonra borudakı təzyiq isə $H_2$-yə düşür. Klapandan sonra təzyiqin azalması $\Delta H$ təzyiq itkiləri hesabına baş verir.»




*Şəkil 4. Mərkəzdənqaçma nasosunun iş rejiminin tənzimlənməsi.*

«Nasos qurğularının iş rejimi nasos və boru xarakteristikalarından istifadə edilməklə analiz olunur. Bir neçə nasosun paralel və ya ardıcıl işlədiyi qurğuların iş rejimini təhlil etmək üçün ümumi (toplam) xarakteristikalar istifadə olunur.Paralel iş rejimində nasoslar suyu eyni təzyiqli su borusuna və ya bir boru sisteminə verirlər. Paralel işləyən nasosların *Q–H* ümumi xarakteristikası hər bir nasosun təzyiq üçün abssissələrinin toplanması ilə qurulur, çünki onların ümumi axın tutumu hər nasosun axın tutumlarının cəminə bərabərdir. Məsələn, eyni tip iki nasosun *Q-H* ümumi xarakteristikasında bir nöqtəni tapmaq üçün ab seqmentini iki dəfə artırmaq kifayətdir, yəni *2ab* (şəkil 5).» Bu üsul nasos sistemlərinin idarə olunmasında balanslaşdırma və enerji səmərəliliyinin optimallaşdırılması üçün geniş tətbiq olunur.




*Şəkil 5. İki eyni paralel işləyən nasos və boru kəmərinin birlikdə işləmə qrafiki.*

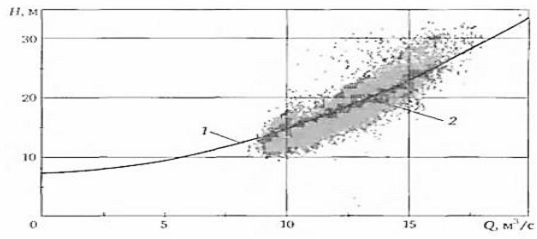
«İki mərkəzdənqaçma nasos ardıcıl işlədikdə, onların biri mayeni digərinin sorucu manjetinə ötürür, digər nasos isə mayeni boru kəməri sisteminə göndərir. Ardıcıl işləyən nasosların *Q–H* cəmi xarakteristikası, onların hər birinin eyni axın həcmində yaratdığı xarakteristikaların ordinatalarının toplanması yolu ilə qurulur, çünki hər bir nasosun yaratdığı təzyiqin cəmi ümumi təzyiqi təşkil edir. Boru kəməri vasitəsilə maye axını ilə bu axını təmin etmək üçün tələb olunan təzyiq arasındakı asılılıq boru kəmərinin xarakteristikası adlanır.

Qrafik olaraq boru kəmərinin xarakteristikası *E* parabol xətti ilə göstərilir. Ardıcıllıqla birləşdirilmiş bir neçə boru kəmərinin cəmi xarakteristikası həmin boru kəmərlərinin xarakteristikalarının ordinatalarının eyni axın həcmində toplanması yolu ilə, paralel birləşdirilmiş boru kəmərlərin cəmi isə eyni ordinatlarda (təzyiqlərdə) abssisslərin toplanması yolu ilə qurulur.

Nasos və boru kəmərinin *Q–H* xarakteristikalarının kəsişdiyi nöqtə nasosun iş nöqtəsini müəyyən edir. Bu nöqtənin *Q–H* müstəvisində koordinatları nasos və boru kəmərinin həmin iş rejimindəki axın həcmi və təzyiqinə uyğun gəlir»

Şəbəkənin mürəkkəb konfiqurasiyası, su istehlakının zaman və məkan üzrə dəyişməsi, hündürlük fərqlərinin mürəkkəbliyi $N_c=f(Q)$ asılılığını qeyri-müəyyən edir. Nəticədə, parabolik əyrinin əvəzinə təsadüfi nöqtələrdən ibarət bir sahə alınır ki, bu da $N_c=f(Q)$ asılılığını xarakterizə edir.

Şəkil 6-da nasos stansiyasının təzyiqi ilə axın həcmi arasındakı real asılılıq göstərilmişdir. Eyni axın həcmi *Q* fərqli zamanlarda müxtəlif təzyiq dəyərlərinə Nc malik ola bilər. Eyni şəkildə, eyni təzyiq $N_c$ müxtəlif axın həcm dəyərlərinə *Q* uyğun gəlir. Nasos qurğularının şəbəkə ilə birlikdə işləmə rejimlərini öyrənmək üçün "su təchizatı şəbəkəsinin ekvivalent xarakteristikası" anlayışı tətbiq olunur. Ekvivalent xarakteristika – nasosun təzyiq kollektorunda tələb olunan təzyiqlərin orta asılılığıdır, hansı ki, normal axını təmin edir. Normal axın isə şəbəkənin nəzarət nöqtələrində təyin edilmiş təzyiq dəyərlərinin saxlanması deməkdir; bu dəyərlər real su istehlakının dəyişmə diapazonunda aşağı düşməməlidir.




*Şəkil 6. Su təchizatı şəbəkəsinin ekvivalent xarakteristikası.*

Şəbəkənin ekvivalent xarakteristikası su təchizatı sisteminin ümumi göstəricilərini müəyyən etmək üçün istifadə olunur: nasos stansiyalarının çıxışında tələb olunan təzyiqlər, normal axın həcmi, enerjiyə qənaət və ya enerji sərfiyyatı, hesablanmış dövr ərzində vahid enerji istehlakı, eləcə də axın və təzyiq diapazonlarının mümkün dəyişmə aralığını təyin etmək.

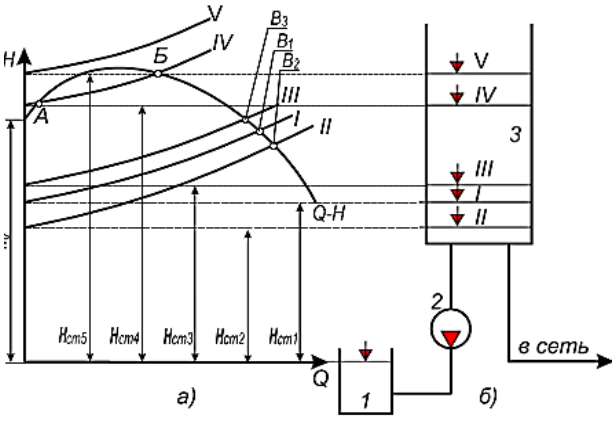
Nasos qrupunun iş rejimi $Q–H_{1+n}$ cəmi xarakteristikasının boru kəməri (boru sistemi) xarakterikası ilə kəsişməsi ilə müəyyən edilir. Bu rejimə uyğun nöqtə 2-dir və onun koordinatları belədir: axın həcmi – $Q_{1+11}$, təzyiq – $H_{1+11}$ .

Paralel işləyən eyni nasosların hər birinin iş rejimi isə belə müəyyən olunur: nöqtə 2-dən abssis oxuna paralel xətt çəkilir. Bu xəttin bir nasosun *Q–H* xarakterikası ilə kəsişdiyi nöqtə 1 həmin paralel işləyən nasoslardan birinin iş nöqtəsini göstərir. Nöqtə 1-in koordinatları hər bir nasos üçün axın həcmi $Q_{I-II}$ və təzyiq $H_{I-II}$-ə uyğun gəlir.

Bu rejimə uyğun nasosun səmərəliliyi *Q–η* əyrisi ilə nöqtə 1-dən endirilmiş perpendikulyarın kəsişmə nöqtəsi olan nöqtə 4-ün ordinatası ilə müəyyən edilir. Həmçinin, hər bir nasosun istehlak etdiyi güc *Q–N* əyrisi ilə eyni perpendikulyarın kəsişdiyi nöqtə 7-in ordinatası ilə hesablanır (şəkil 7).

**Nasos qurğularında enerji itkiləri:** Nasos qurğuları boru sisteminin hidravlik müqavimətinin artması, qəbul və təzyiq rezervuarlarındakı maye səviyyəsinin dəyişməsi, həmçinin nasosların iş rejiminin maye təchi-

zatı və ya istehlak rejimi ilə uyğun gəlməməsi səbəbindən yüksək təzyiqdə işləyir. Hidravlik müqavimətin dəyişməsi nəticəsində təzyiqin artması maye axın həcminə bağlıdır və nasos qurğusu tərəfindən yaradılan dinamik təzyiq komponenti $v^2/(2g)$-yə təsir edərək boru kəmərinin xarakteristikasının əyilməsini dəyişdirir.




*Şəkil 7. Nasosun işləmə stabilliyi*

Boru kəmərlərində hidravlik müqavimətin artmasının geniş yayılmış səbəblərindən biri onların daxili korroziyasıdır. Korroziya nəticəsində boruların keçid qabiliyyəti azalır və nasos stansiyası tərəfindən yaradılan təzyiq artırılmalıdır ki, artan hidravlik müqavimətə baxmayaraq eyni həcmdə maye təmin edilsin.

Korroziyadan əlavə hidravlik müqavimətin artmasının səbəbi boruların aşağı keyfiyyəti və nasos sisteminin diqqətsiz montajıdır. Ölçü və forma standartlarından kənara çıxmış borular bir-birinə qoşulduqda sədlər əmələ gətirir ki, bu da boru kəmərinin hidravlik müqavimətini artırır. Aşağı keyfiyyətli qaynaq tikişləri də eyni şəkildə mənfi təsir göstərir.

Əlavə hidravlik müqavimətin yaranmasının digər səbəbləri nasos qurğularının və boru sisteminin aşağı səviyyədə istismarıdır. İstismar heyətinin diqqətsizliyi nəticəsində klapanlar və şütklər tam açılmaya bilər. Bəzən təmir işləri bitdikdən sonra bəzi klapanlar bağlı qalır. Hidravlik müqavimətin artması -nın mənbələrini şəbəkənin su xətləri, magistrallar və fərdi borular üzrə planlı və seçmə planlaşdırılmamış sınaqlar zamanı müəyyən etmək mümkündür. Bu sınaqlar zamanı boru kəmərinin xarakteristikaları qurulur və hesablama nəticələri ilə müqayisə edilir.

**Nasos qurğularının enerji sərfiyyatının hesablanma metodikası.** Nasos qurğuları tərəfindən sərf olunan elektrik enerjisi mayeni qaldırmaq və boru kəmərində hidrodinamik müqaviməti aşmaq üçün istifadə olunur. Bundan əlavə, elektrik enerjisinin bir hissəsi nasos qurğularında sərf olunur: nasosların salnik və rulmanlarında sürtünmə qüvvələrini aşmaq, elektromotorun maqnit nüvəsini və sargılarını isitmək, ventilyasiya üçün və s.

Nasos qurğusunda istifadə olunan faydalı elektrik enerjisinin şəbəkədən alınan elektrik enerjisinə nisbəti qurğunun faydalı iş əmsalı ilə xarakterizə olunur. Müasir nasos qurğularında, onların gücü, təyinatı və digər faktorlar nəzərə alınmaqla, faydalı iş əmsalı 0,3-dən 0,9-a qədər dəyişir. Nasos tərəfindən sərf olunan güc (kVt) aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$N = 9.81\frac{QH}{\eta n}$$

## XÜLASƏ

Mərkəzdənqaçma nasosları su təchizatı sistemlərində mayeni effektiv şəkildə ötürmək, təzyiq yaratmaq və axın həcmini tənzimləmək üçün əsas komponentdir. Nasosun iş performansı onun konstruksiya parametrlərindən, iş çarxının xüsusiyyətlərindən və boru şəbəkəsinin hidravlik müqavimətindən birbaşa asılıdır. Realdakı iş şəraiti nəzəri hesablamalardan fərqləndiyindən hidravlik itkilər və nasos parametrləri nəzərə alınmaqla düzəlişlər tətbiq olunur. Optimal iş rejimi faydalı iş əmsalını maksimuma çatdıraraq enerji sərfiyyatını azaldır və sistemdə tələb olunan təzyiq və axın həcmini təmin edir. Paralel və ardıcıl işləmə rejimləri nasos qruplarının tənzimlənməsinə imkan verir, hidravlik müqavimət isə enerji itkisini artıran əsas amildir.

***Açar sözlər:*** *su təchizatı, nasoslar, mərkəzdənqaçma nasos, korroziya*

**АННОТАЦИЯ**

Центробежные насосы являются основным компонентом систем водоснабжения для эффективной перекачки жидкости, создания давления и регулирования объема потока. Рабочие характеристики насоса напрямую зависят от его конструктивных параметров, характеристик рабочего колеса и гидравлического сопротивления трубопроводной сети. Так как условия работы в реальном отличаются от теоретических расчетов, применяются корректировки с учетом гидравлических потерь и параметров насоса. Оптимальный режим работы снижает энергопотребление за счет максимизации полезного рабочего коэффициента и обеспечивает требуемый объем давления и расхода в системе. Параллельный и последовательный режимы работы позволяют регулировать группы насосов, при этом гидравлическое сопротивление является основным фактором, увеличивающим потери энергии.

***Ключевые слова:*** *водоснабжение, насосы, центробежный насос, коррозия*

**SUMMARY**

Centrifugal pumps are a key component for effectively transferring fluid in water supply systems, creating pressure and regulating flow volume. The working performance of the pump directly depends on its structural parameters, the characteristics of the working wheel and the hydraulic resistance of the pipe network. Since the operating conditions in real differ from theoretical calculations, adjustments are applied taking into account hydraulic losses and pump parameters. The Optimal operating mode reduces energy consumption by maximizing the useful working coefficient and provides the required volume of pressure and flow in the system. Parallel and sequential modes of Operation allow the adjustment of pump groups, while hydraulic resistance is the main factor that increases energy loss.

***Keywords:*** *water supply, pumps, centrifugal pump, corrosion*

**ƏDƏBİYYAT**

1. Vəliyev S. A. su nasos stansiyalarında nasosların işinin tənzimlənməsi.: Stroyizdat, 1949. 84səh.
2. Krivchenko G. I. hidravlik maşınlar və nasoslar. 2-ci nəşr., Energoatomizdat, 1983. 320səh.
3. Lomakin A. A. mərkəzdənqaçma nasoslar. 2-ci nəşr., Maşınqayırma, 1966. -364 s.
4. Maryshev A. N. akkumulyatorlu nasos qurğuları (kənd təsərrüfatı su təchizatı sistemləri üçün). - Alma-Ata: Kainar, 1979. - 104 S.
5. Pfleiderer K. mayelər və qazlar üçün avar maşınları. Per. onunla.: Maşgiz, 1960. - 684 S.
6. Lobachev P.V. nasoslar və nasos stansiyaları. 2-ci nəşr., pererab. və əlavə: Stroyizdat, 1983. - 191 S.
7. Turk V. I., Minaev A.V., Karelin V.Y nasoslar və nasos stansiyaları. Stroyizdat, 1977. - 296 S.

*Məqaləyə*
*AzMİU-nun "Mühəndis sistemləri və qurğularının tikintisi" kafedrasının dosenti, t.e.n. R.T. İsmayılov rəy vermişdir.*

**UOT 624.**

**ТАСТЕМИРОВА ЖУЛДЫЗ**

*Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,*
*Алматы, Қазақстан*
*E-mail: zhuldyz_tastemirova@mail.ru*

# ҚОЛДАНЫСТАҒЫ ҒИМАРАТТАРДЫ СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚОРҒАУ ӘДІСТЕРІН ТАЛДАУ

**Кіріспе.** Қазіргі заманғы сейсмотұрақты ғимараттардың конструктивтік жүйелері ғимараттар мен құрылыстардың жобалық сейсмикалық жүктемелерге төтеп беруіне мүмкіндік беретін қабылданатын сейсмотұрақтылық деңгейін қамтамасыз етеді. Дегенмен, сейсмоқорғау жүйелерімен жабдықталған құрылыстардың да жобалық сейсмикалық жүктемелер әсерінен қираған жағдайлары белгілі. Мұның мысалы ретінде 1995 жылы Жапонияның Кобэ қаласында болған, Рихтер шкаласы бойынша 6,9 баллдық жер сілкінісін келтіруге болады, сол кезде 180 000-ға жуық ғимарат қираған. Бұл сейсмоқорғаудың баламалы әдістерін әзірлеу қажеттілігі туралы ойлануға мәжбүр етеді. [1-5]

Сейсмоқорғаудың баламалы жүйелерін іздеу қажеттілігі көптеген бірегей ғимараттардың, тарихи сәулет ескерткіштерінің, сондай-ақ атомдық және жылу электр станцияларының сейсмикалық қауіпті аймақтарда орналасуымен де байланысты. Олардың конструктивтік ерекшеліктері кейбір жағдайларда тиімді сейсмоқорғау жүйелерімен жабдықтауға мүмкіндік бермейді. Мұндай жағдайда ғимаратты немесе ғимараттар тобын сейсмикалық толқындардан қорғау қажеттілігі туындайды. Бұл мәселені шешудің бір әдісі – объектілерді қоршайтын және оларға толқынның таралуына кедергі келтіретін сейсмикалық бөгеттер құру. [8]

Жүргізілген зерттеу негізінде сейсмоқорғау әдістерінің күшті және әлсіз жақтарын, сондай-ақ ҚМ-де (ҚР) қолдануға тереңірек зерттеуді қажет ететін бағыттарды анықтауға болады.

Зерттеу барысында сейсмоқорғау әдістерін бағалау үшін кешенді тәсіл қолданылды. Әдеби шолу арқылы дәстүрлі және баламалы технологиялар зерттеліп, сейсмикалық толқындардың таралу динамикасын математикалық модельдеу жүргізілді. Түрлі әдістердің тиімділігі салыстырмалы талдау арқылы бағаланып, техникалық-экономикалық негіздемесі қарастырылды. Инженерлік есептеулер арқылы тік, көлденең және дискретті барьерлердің ғимараттар мен құрылыстарға әсері талданды. Сондай-ақ, Васко-да-Гама (Португалия) және Рион-Антирион (Греция) көпірлеріндегі сейсмикалық барьерлердің қолдану тәжірибесі зерттелді. [7]

**Нәтижелер мен талқылаулар.** Құрылыстарды сейсмикалық және сыртқы вибрациялық әсерлерден қорғаудың дәстүрлі әдістерін шартты түрде екі топқа бөлуге болады:

1. Рэлея және Лява акустикалық беткі толқындарының, сейсмикалық энергияның негізгі бөлігін тасымалдайтын толқындардың, қорғалатын объектілерге енуіне тосқауыл қою [4-11];
2. Сейсмотұрақты құрылыстарды жасауға бағытталған конструктивтік шешімдер.

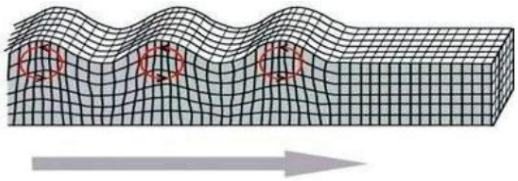
Зерттеу тақырыбы бірінші топтағы әдістерге бағытталған. Егер екінші топта көптеген әртүрлі әдістер мен шешімдер болса, бірінші топ бойынша жарияланған еңбектер саны әлдеқайда аз.

Рэлея толқындары (R-толқындар) – серпімді денелердің бетінде динамикалық әсерлер кезінде пайда болатын толқындар, оларды 100 жылдан астам уақыт бұрын британдық физик және механик Джон Уильям Стретт, Лорд Рэлея ашқан. Бұл толқындар қатты дененің бос бетінің ма -

ңында таралуы мүмкін [4].

Мұндай толқындардың фазалық жылдамдығы бетке параллель бағытталған, ал оның маңындағы ортаның тербелетін бөлшектері векторлық орын ауыстырудың көлденең (бетке перпендикуляр) және бойлық құрамдас бөліктеріне ие.

Бұл бөлшектер тербелу кезінде бетке перпендикуляр жазықтықта эллипстік траекториялар сипаттайды. Бойлық және көлденең тербелістердің амплитудалары ортаға тереңдеген сайын экспоненциалды заңдарға сәйкес әртүрлі сөну коэффициенттерімен төмендейді.



*Сурет 1 – Рэлея толқындары*

[4] Лява толқындары (Lq) – беткі толқындардың тағы бір түрі. Мұндай толқындар қабатты орталарда таралады. Мысалы, бұл біртекті жартылай кеңістіктегі төмендетілген жылдамдыққа ие біртекті қабат болуы мүмкін.

Лява толқындарында таралатын орта бөлшектері толқын таралу бағытына перпендикуляр бағытта кері-ілгері қозғалыс жасайды (1-сурет), бірақ тек горизонталь жазықтықта, оларда тік құрамдас бөлік болмайды.

Көлемдік толқындардан қорғау үшін ең тиімді шешімдер – бос орлар немесе құрамында акустикалық толқынның жылдамдығы қоршаған топырақтағы толқын жылдамдығынан айтарлықтай төмен материалмен толтырылған орлар болар еді. Алайда, Рэлея толқындары таралған кезде бос орды айналып өту құбылысы байқалады.

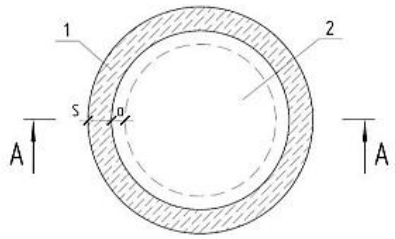
Қойылған мақсатқа қол жеткізу үшін сейсмикалық әсерлерден ғимараттар мен құрылыстарды қорғауға арналған экран қолданылады. Бұл экран ғимаратты немесе құрылысты қоршап тұратын, топыраққа батырылған қабықтан тұрады. Қабық темірбетон секцияларынан жасалып, олардың шеткі бөліктері өзара қосылған және олардың дөңес жақтары тербелістерге қарсы бағытталған. Әрбір қабық секциясы L-тәрізді формада орындалады, ал қабықтың ішіндегі топырақ массасы ғимараттың немесе құрылыстың массасына тең болады.

Сондықтан бұл барьерлер темірбетоннан жасалады. Айта кету керек, мұндай типтегі барьерлер ең алдымен көлік қозғалысы, жарылыстар және басқа да антропогендік сейсмикалық толқындардан қорғау тәжірибесінде жиі қолданылады [4-5].

*Сурет 2 – Көлденең тосқауыл*

Тәжірибе жүзінде көлденең барьер – бұл қасиеттері өзгертілген беткі қабат. Қасиеттердің модификациясы әртүрлі әдістермен жүзеге асырылуы мүмкін. Мұндай әдістердің бірі-берілген қасиеттері бар қабат жасау.

Бұл барьер түрі Чедуик теоремасын (1977) қолдануға негізделген [11].



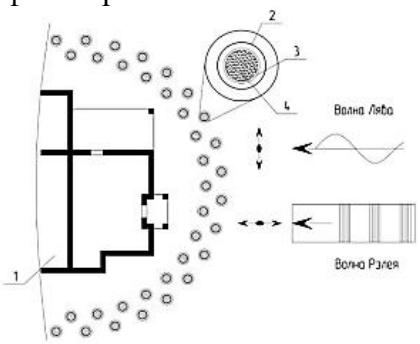

*Сурет 3 – Көлденең тосқауыл*
*1 – тосқауыл, 2 – қорғалатын аймақ*

Дискретті барьерді жасау үшін үлкен диаметрлі шеңберлік қадаларды пайдалану ұсынылады. Бұл қадалар концентрлік қабаттардан тұрады, олардың қасиеттері бір-біріне қарама-қайшы болады.

Мұндай барьердің негізгі функциясы– сейсмикалық толқындардың энергиясын сейілту.

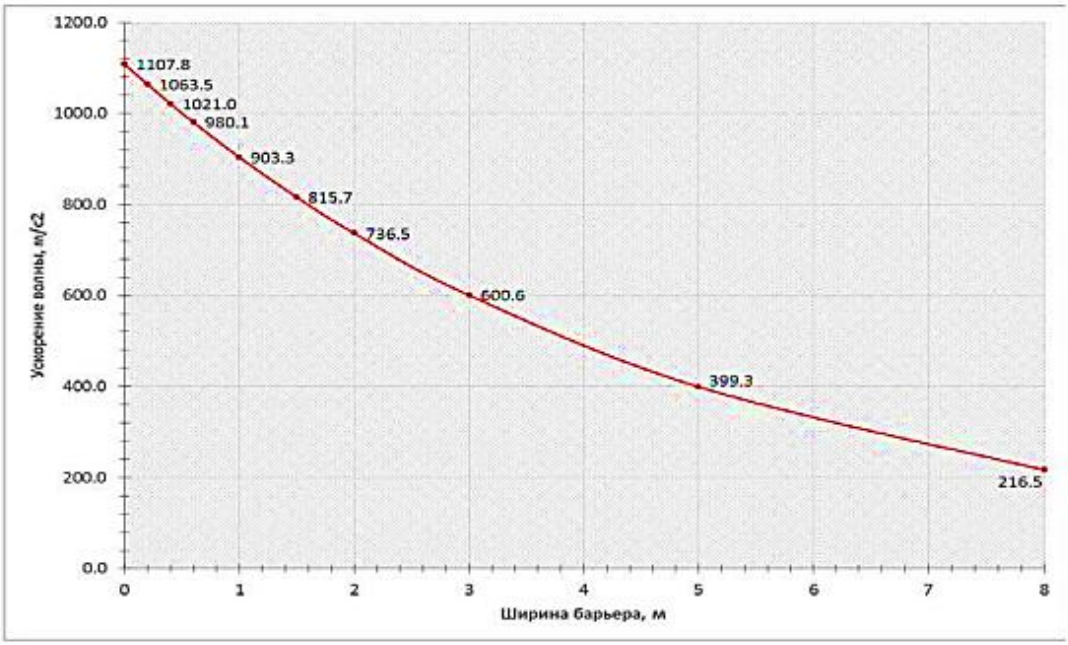
Болжам бойынша, бұл типтегі барьерлер алғаш рет Васко-да-Гама (Португалия) және Рион-Антирион (Греция) көпірлерінің тіректерін салу кезінде қолданылған.

Төменде дискретті тосқауылдың еніне байланысты толқынның үдеуінің өзгеру графигі берілген.




***Сурет 4 –*** *Дискретті кедергінің жалпы көрінісі*
*1 – қорғалатын ғимарат, 2 – ұңғыма, 3 – серпімді қабық, 4 – қорғаныс материалы*

Ғимараттар мен құрылыстарды сейсмикалық әсерлерден қорғаудың қазіргі заманғы әдістерін зерттеу нәтижесінде әдістерді жүйелеуге және олардың әртүрлі пайдалану жағдайларындағы тиімділігін бағалауға мүмкіндік туды. Жұмыста екі негізгі әдіс тобы бөлінген: бірінші топ – Рэлея және Лява беткі толқындарының, сейсмикалық энергияның негізгі бөлігін тасымалдайтын толқындардың қорғалатын объектілерге енуін болдырмауға бағытталған; екінші топ – құрылыс конструкцияларын сейсмотұрақты етуге арналған конструктивтік шешімдер. Бұл зерттеу бірінші топ әдістеріне назар аударады, себебі дәстүрлі конструктивтік шешімдерге қарағанда осы тақырып бойынша жарияланған жұмыстар саны әлдеқайда аз, бұл таңдалған тақырыптың өзектілігін көрсетеді [4-6].




*Сурет 5 – Толқын үдеуінің тосқауыл еніне тәуелділігі*

Бірінші топ әдістері шеңберінде барьерлік технологияларға ерекше көңіл бөлінді. Темірбетон конструкцияларынан жасалған тік барьерлер сейсмикалық толқындардың таралуына кедергі келтіреді, көлденең барьерлер топырақтың беткі қабатының қасиеттерін өзгертеді, ал қасиеттері әртүрлі қабаттардан тұратын шеңберлік дискретті барьерлер сейсмикалық толқын энергиясын тиімді түрде сейілтеді. Рэлея және Лява толқындарының жұмыс принциптері, олардың таралу сипаттамалары, сондай-ақ барьерлердің тербелістердің амплитудасы мен динамикасына әсері қарастырылды, бұл

модельдеу деректері мен әлемдік тәжірибе арқылы расталды.

Дискретті барьерлерді Васко да Гама (Португалия) және Рион–Антирион (Греция) көпірлерінде қолдану тәжірибесі олардың конструктивтік элементтерге түсетін сейсмикалық жүктемені төмендетудегі жоғары тиімділігін көрсетті. Топырақты модификациялау арқылы қолданылатын көлденең барьерлер сейсмикалық толқындардың әсерін шектеулі түрде төмендетсе де, қорғалатын объектілерге әсері айтарлықтай болады. Әртүрлі типтегі барьерлерді жергілікті жағдайлар мен ғимараттардың конструктивтік ерекшеліктеріне бейімдеп қолдану сейсмозащита тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді [9-11].

Барьерлік жүйелерді қолданудың тек техникалық емес, экономикалық аспектілері де маңызды. Дискретті барьерлер жобалау және салу кезінде елеулі материалдық және уақыттық шығындарды талап етеді, бірақ олардың жоғары тиімділігі сейсмоқауіпті аймақтарда және маңызды объектілерде, мысалы атомдық және жылу электр станциялары, тарихи-мәдени ескерткіштер мен ерекше инженерлік құрылыстар үшін қолдануды ақтайды. Көлденең барьерлер мен топырақ модификацияларын басқа әдістермен біріктіріп қолдану шығындарды оңтайландырып, жалпы сейсмотұрақтылықты арттыруға мүмкіндік береді.

## Қорытынды

Зерттеу нәтижелері барьерлік технологияларды Қазақстан жағдайына бейімдеудің және әрі қарай дамыту қажеттілігін көрсетеді. Атап айтқанда, барьерлік жүйелердің параметрлерін, олардың орналасуын және конструкциясын жергілікті геологиялық және сейсмикалық жағдайларды ескере отырып оңтайландыруға бағытталған эксперименттік және сандық зерттеулер жүргізу маңызды. Сонымен қатар, конструктивтік шешімдерді барьерлік әдістермен біріктіретін кешенді сейсмозащита жүйелерін әзірлеудің перспективалы бағыттары анықталды, бұл сейсмоқауіпті аймақтардағы ғимараттар мен құрылыстардың қауіпсіздігі мен ұзақ мерзімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Осылайша, барьерлік технологияларды сейсмозащитаға баламалы тәсіл ретінде қолдану инженерлік тәжірибе мен ғылыми зерттеулердің перспективалы бағыты болып табылады. Бұл әдістерді заманауи ғимараттар мен құрылыстарды жобалау және салуға енгізу сейсмикалық әсерлерден болатын қауіп-қатерді азайтып, материалдық және адам ресурстарын сақтап, елдің инфрақұрылымының тұрақтылығы мен сенімділігін арттырады.

## Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. В.М., Бондаренко. Общий курс геофизических методов разведки. Москва: Недра, 1986. – 452 с.
2. А.Э., Нафасов. Сейсмичесие барьеры для защиты уникальных исторических зданий и сооружений. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва: б.н., 2012 г., с. 2-16.
3. А.С., Алешин. Способ защиты зданий и сооружений от вибраций. Патент от 21 02 2006 г. – 5 с.
4. С.В., Кузнецов. Барьер для защиты застроенных территорий от поверхностных сейсмических волн. Патент от 14 04 1989 г. – 3 с.
5. А.В, Русинов. Экран для защиты зданий, сооружений от сейсмических воздействий. Патент от 29 06 1990 г. – 4 с.
6. В.Г., Баженов. Численное моделирование задач взаимодействия сооружений с двухслойным грунтовым основанием при сейсмических воздействиях. Пролбемы прочности и пластичности, №67, 2015 г., с. 8-11.
7. Х.М., Сапарлиев. Сейсмические барьеры: обзор методов и конструктивных решений. Сейсмоизоляция и другие инновационные технологии сейсмозащиты, № 7, 2025 г., с. 15-16.

8. В.И., Смирнов. Современные методы сейсмозащиты сооружений. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, № 4, 2023 г., с. 2-5.
9. В.В., Орехов. Некоторые аспекты изучения применения траншейных барьеров для уменьшения энергии поверхностных волн в грунте. Вестник МГСУ, №3, 2013 г., с. 1-4.
10. Demetriu, Sorin. Time-Frequency Representations of Earthquake Motion Records. An. St. Univ. Ovidius Constanta, Vol. 11(2), 2023 г., с. 1-8.
11. Л.Д., Гик. Изменение декремента затухания сейсмических волн при решении задач нефтегазовой сейсморазведки. Технологии сейсморазведки. ИНГГ СО РАН, Новосибирск, № 3, 2021 г., с. 23-28

## АННОТАЦИЯ

Мақалада ғимараттар мен құрылыстарды сейсмикалық әсерлерден қорғаудың заманауи әдістері қарастырылып, сейсмоқорғаудың баламалы тәсілдеріне ерекше назар аударылады. Дәстүрлі әдістер талданып, олар шартты түрде екі топқа бөлінеді: Рэлея және Лява акустикалық беткі толқындарының енуінен қорғау, сондай-ақ құрылыстардың сейсмотұрақтылығын арттыруға бағытталған конструктивтік шешімдер [4-6].

Бірінші топтағы әдістердің ішінде әртүрлі барьерлік технологияларға ерекше көңіл бөлінеді. Тік, көлденең және дискретті барьерлердің үш негізгі түрі сипатталған. Тік барьерлер сейсмикалық толқындардың таралуына кедергі келтіретін темірбетон құрылымдардан тұрады. Көлденең барьерлер топырақтың беткі қабатының қасиеттерін өзгертудің негізінде жұмыс істейді. Дискретті барьерлер сейсмикалық толқындардың энергиясын тиімді түрде сейілтетін, әртүрлі қасиеттерге ие қабаттардан тұратын үлкен диаметрлі шеңберлік қадалардан жасалады.

Мұндай барьерлердің әлемдік тәжірибеде қолданылу мысалдары келтірілген, соның ішінде дискретті барьерлердің Васко-да-Гама (Португалия) және Рион-Антирион (Греция) көпірлерінің тіректерін салуда қолданылуы қарастырылған. Әртүрлі сейсмоқорғау әдістерінің артықшылықтары мен кемшіліктері айқындалып, болашақ зерттеулердің негізгі бағыттары көрсетілген. [1-5]

***Түйінді сөздер:*** *сейсмоқорғау, сейсмотұрақтылық, сейсмикалық барьерлер, Рэлея толқындары, Лява толқындары, вибрациялық қорғаныс, конструктивтік шешімдер.*

**УДК 624.**

**ТАСТЕМИРОВА ЖУЛДЫЗ**

*Казахский национальный технический исследовательский университет имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан*
*E-mail: zhuldyz_tastemirova@mail.ru*

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЙ
**(перевод предыдущий статьи на русском языке)**

**Введение.** Современные конструктивные системы сейсмостойких зданий обеспечивают приемлемый уровень сейсмостойкости, позволяющий сооружениям выдерживать расчётные сейсмические нагрузки. Однако известны случаи разрушений зданий, оснащённых системами сейсмозащиты, под воздействием тех же расчётных сейсмических нагрузок. Примером может служить землетрясение в городе Кобе (Япония) в 1995 году магнитудой 6,9 балла по шкале Рихтера, в результате которого было разрушено около 180 000 зданий. Это заставляет задуматься о необ-

ходимости разработки альтернативных методов сейсмозащиты [1-5].

Необходимость поиска альтернативных систем сейсмозащиты также обусловлена тем, что многие уникальные здания, историко-архитектурные памятники, а также атомные и тепловые электростанции расположены в сейсмоопасных районах. Их конструктивные особенности в ряде случаев не позволяют оснастить их эффективными системами сейсмозащиты. В таких условиях возникает потребность защитить здание или группу зданий от воздействия сейсмических волн. Одним из способов решения данной задачи является создание сейсмических барьеров, которые окружают объект и препятствуют распространению волн к нему. [8]

На основе проведённого исследования можно определить сильные и слабые стороны методов сейсмозащиты, а также направления, которые требуют более глубокого изучения для применения в строительной практике Республики Казахстан.

В ходе исследования для оценки методов сейсмозащиты был применён комплексный подход. Путём анализа литературных источников были изучены традиционные и альтернативные технологии, а также выполнено математическое моделирование динамики распространения сейсмических волн. Эффективность различных методов оценивалась посредством сравнительного анализа, а также рассматривалось их технико-экономическое обоснование. Инженерные расчёты позволили проанализировать влияние вертикальных, горизонтальных и дискретных барьеров на здания и сооружения. Кроме того, была изучена практика применения сейсмических барьеров на мостах Васко да Гама (Португалия) и Рион–Антирион (Греция) [7].

Традиционные методы защиты сооружений от сейсмических и внешних вибрационных воздействий можно условно разделить на две группы:

1. Препятствование проникновению акустических поверхностных волн Рэлея и Лява, которые переносят основную часть сейсмической энергии, к защищаемым объектам [4-11];

2. Конструктивные решения, направленные на создание сейсмостойких сооружений.

Исследование сосредоточена на методах первой группы – волны Рэлэя. В то время как по второй группе (волны Лява) существует множество различных методов и технических решений и опубликованных работ. Однако по методам первой группы опубликованных научных трудов значительно меньше.

Волны Рэлея (R-волны) – это волны, возникающие на поверхности упругих тел под воздействием динамических нагрузок. Они были открыты более 100 лет назад британским физиком и механиком Джоном Уильямом Стреттом, лордом Релеем. Эти волны распространяются в окрестности свободной поверхности твёрдого тела. [4]

Фазовая скорость таких волн направлена параллельно поверхности, тогда как колеблющиеся частицы среды вблизи поверхности обладают вектором смещения, включающим поперечную (перпендикулярную поверхности) и продольную составляющие.

При колебании эти частицы описывают эллиптические траектории в плоскости, перпендикулярной поверхности. Амплитуды продольных и поперечных колебаний уменьшаются по мере углубления в среду согласно экспоненциальным законам, причём с различными коэффициентами затухания.

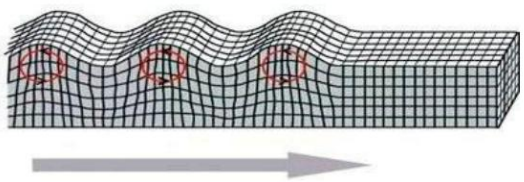


*Рисунок 1 – Волны Рэлэя*

[4] Волны Лява ($L_q$) – это ещё один тип поверхностных волн. Такие волны распространяются в слоистых средах. Например, это может быть однородный

слой с пониженной скоростью, расположенный в однородном полупространстве.

В среде, по которой распространяются волны Лява, частицы совершают возвратно-поступательное движение перпендикулярно направлению распространения волны (рис. 1), однако только в горизонтальной плоскости – вертикальная составляющая отсутствует.

Наиболее эффективными решениями для защиты от объемных волн были бы пустые траншеи или траншеи, заполненные материалом, скорость распространения акустических волн в котором значительно ниже, чем в окружающем грунте. Однако при распространении волн Рэлея наблюдается явление их огибания пустой траншеи.

Для достижения поставленной цели используется экран, предназначенный для защиты зданий и сооружений от сейсмических воздействий. Такой экран представляет собой оболочку, заглублённую в грунт и окружающую здание или сооружение. Оболочка выполняется из железобетонных секций, крайние части которых соединены между собой, а их выпуклые стороны ориентированы против направления вибраций. Каждая секция оболочки имеет L-образную форму, а масса грунта внутри оболочки равна массе здания или сооружения.

Поэтому такие барьеры изготавливаются из железобетона. Следует отметить, что барьеры данного типа чаще всего применяются в практике защиты от вибраций, вызванных транспортным движением, взрывами и другими антропогенными сейсмическими волнами. [4-5]

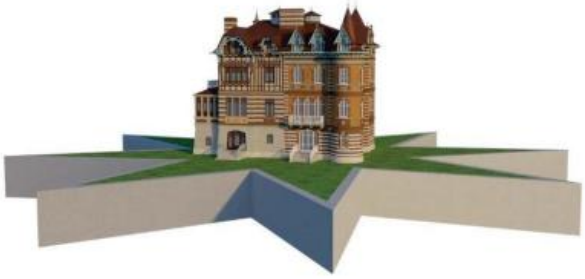


*Рисунок 2 – Горизонтальный барьер*

На практике горизонтальный барьер представляет собой модифицированный по своим свойствам поверхностный слой. Изменение свойств может выполняться различными способами. Одним из таких способов является создание слоя с заданными характеристиками. Этот тип барьера основан на применении теоремы Чедуика (1977) [11].

Для создания дискретного барьера предлагается использовать кольцевые сваи большого диаметра. Такие сваи состоят из концентрических слоёв, свойства которых противоположны друг другу.

Основная функция подобного барьера – рассеивание энергии сейсмических волн.

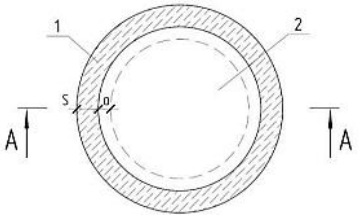



*Рисунок 3 – Горизонтальный барьер*
*1 – барьер, 2 – защищаемая зона*

По имеющимся данным, барьеры данного типа впервые были применены при сооружении опор мостов Васко да Гама (Португалия) и Рион–Антирион (Греция).

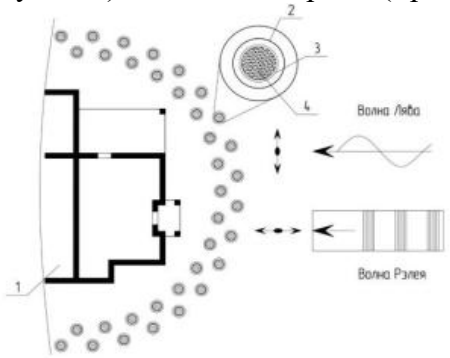



*Рисунок 3 – Общий вид дискретного барьера*
*1 – защищаемое здание, 2 – скважина, 3 – упругая оболочка, 4 – защитный материал*

Ниже приведён график изменения ускорения волны в зависимости от ширины дискретного барьера.

Проведённое исследование современных методов защиты зданий и сооружений от сейсмических воздействий позволило систематизировать подходы и оценить их эффективность с учётом различных условий эксплуатации.

В работе рассмотрены две основные группы методов: первая направлена на предотвращение проникновения поверхностных волн Рэлея и Лява, которые переносят основную часть сейсмической энергии, к защищаемым объектам; вторая включает конструктивные решения, обеспечивающие сейсмостойкость сооружений. Данное исследование сосредоточено на методах первой группы, поскольку количество публикаций по этой теме значительно меньше, чем по традиционным конструктивным решениям, что подчёркивает актуальность выбранной темы. [4-6]

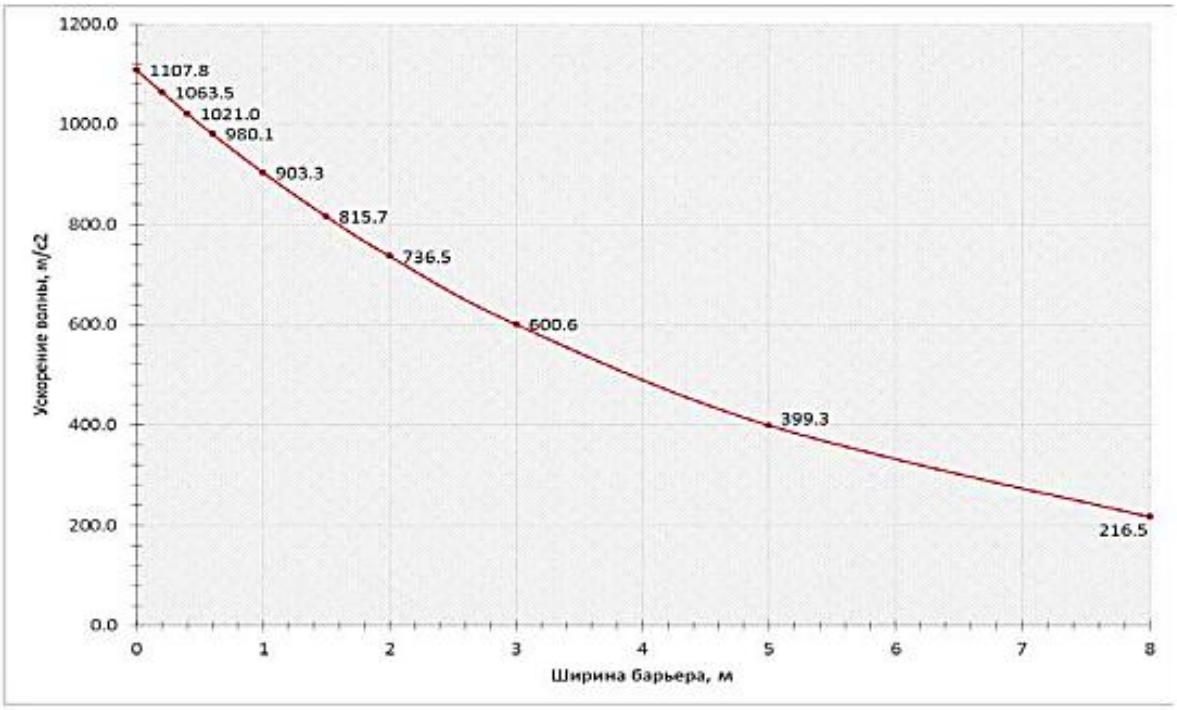



*Рисунок 5 – Зависимость ускорения волны от ширины барьера*

В рамках первой группы особое внимание уделено барьерным технологиям. Вертикальные барьеры из железобетонных конструкций препятствуют распространению сейсмических волн, горизонтальные барьеры изменяют свойства поверхностного слоя грунта, а дискретные барьеры из кольцевых свай с различными свойствами слоёв эффективно рассеивают энергию сейсмических волн. Рассмотрены принципы работы волн Рэлея и Лява, их характер распространения, а также влияние барьеров на амплитуду и динамику колебаний, что подтверждается данными моделирования и мировой практикой.

Анализ применения дискретных барьеров на примере мостов Васко да Гама (Португалия) и Рион–Антирион (Греция) показал высокую эффективность таких систем в снижении сейсмической нагрузки на конструктивные элементы сооружений. Горизонтальные барьеры, применяемые на основе модификации грунта, демонстрируют ограниченное, но существенное снижение воздействия сейсмических волн на защищаемые объекты. Установлено, что комбинированное использование различных типов барьеров, адаптированных под конкретные условия местности и конс-

трuктивные особенности зданий, позволяет достичь наибольшей эффективности сейсмозащиты. [8-10]

Важно отметить, что использование барьерных систем имеет не только технические, но и экономические аспекты.

Дискретные барьеры требуют значительных материальных и временных затрат на проектирование и строительство, однако их высокая эффективность оправдывает применение в сейсмоопасных зонах и для особо важных объектов, таких как атомные и тепловые электростанции, историко-культурные памятники, а также уникальные инженерные сооружения. Горизонтальные барьеры и модификации грунта могут применяться в сочетании с другими методами для оптимизации затрат и повышения общей сейсмостойкости [9-11].

## Заключение

Результаты исследования позволяют сделать вывод о необходимости дальнейшего развития и адаптации барьерных технологий для условий Республики Казахстан. В частности, целесообразны экспериментальные и численные исследования, направленные на оптимизацию параметров барьерных систем, их расположения и конструкции с учётом местных геологических и сейсмических условий. Кроме того, выявлены перспективные направления для разработки комплексных систем сейсмозащиты, сочетающих конструктивные решения с барьерными методами, что позволит повысить уровень безопасности и долговечности зданий и сооружений в сейсмоопасных регионах.

Таким образом, использование барьерных технологий, как альтернативного подхода к сейсмозащите, является перспективным направлением инженерной практики и научных исследований. Внедрение этих методов в проектирование и строительство современных зданий и сооружений обеспечит снижение риска разрушений при сейсмических воздействиях, сохранение материальных и человеческих ресурсов, а также повышение устойчивости и надежности инфраструктуры страны в целом.

## Список использованной литературы

1. В.М., Бондаренко. Общий курс геофизических методов разведки. Москва: Недра, 1986. – 452 с.
2. А.Э., Нафасов. Сейсмичесие барьеры для защиты уникальных исторических зданий и сооружений. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва: б.н., 2012 г., с. 2-16.
3. А.С., Алешин. Способ защиты зданий и сооружений от вибраций. Патент от 21 02 2006 г. – 5 с.
4. С.В., Кузнецов. Барьер для защиты застроенных территорий от поверхностных сейсмических волн. Патент от 14 04 1989 г. – 3 с.
5. А.В, Русинов. Экран для защиты зданий, сооружений от сейсмических воздействий. Патент от 29 06 1990 г. – 4 с.
6. В.Г., Баженов. Численное моделирование задач взаимодействия сооружений с двухслойным грунтовым основанием при сейсмических воздействиях. Проблемы прочности и пластичности, №67, 2015 г., с. 8-11.
7. Х.М., Сапарлиев. Сейсмические барьеры: обзор методов и конструктивных решений. Сейсмоизоляция и другие инновационные технологии сейсмозащиты, № 7, 2025 г., с. 15-16.
8. В.И., Смирнов. Современные методы сейсмозащиты сооружений. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, № 4, 2023 г., с. 2-5.
9. В.В., Орехов. Некоторые аспекты изучения применения траншейных барьеров для уменьшения энергии поверхностных волн в грунте. Вестник МГСУ, № 3, 2013 г., с. 1-4.
10. Demetriu, Sorin. Time-Frequency Representations of Earthquake Motion Records. An. St. Univ. Ovidius Constanta, Vol. 11(2), 2023 г., с. 1-8.

11. Л.Д., Гик. Изменение декремента затухания сейсмических волн при решении задач нефтегазовой сейсморазведки. Технологии сейсморазведки. ИНГГ СО РАН, Новосибирск, № 3, 2021 г., с. 23-28

## АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены современные методы защиты зданий и сооружений от сейсмических воздействий, при этом особое внимание уделено альтернативным способам сейсмозащиты. Проанализированы традиционные методы, которые условно разделены на две группы: защита от проникновения акустических поверхностных волн Рэлея и Лява, а также конструктивные решения, направленные на повышение сейсмостойкости сооружений [4-6].

Среди методов первой группы особое внимание уделяется различным барьерным технологиям. Описаны три основных типа барьеров: вертикальные, горизонтальные и дискретные. Вертикальные барьеры представляют собой железобетонные конструкции, препятствующие распространению сейсмических волн. Горизонтальные барьеры работают на основе изменения свойств поверхностного слоя грунта. Дискретные барьеры изготавливаются из кольцевых свай большого диаметра, состоящих из слоёв с различными характеристиками, которые эффективно рассеивают энергию сейсмических волн.

Приведены примеры применения подобных барьеров в мировой практике, включая использование дискретных барьеров при возведении опор мостов Васко да Гама (Португалия) и Рион-Антирион (Греция). Определены преимущества и недостатки различных методов сейсмозащиты, а также обозначены основные направления будущих исследований [1-5].

***Ключевые слова:*** *сейсмозащита, сейсмостойкость, сейсмические барьеры, волны Рэлея, волны Лява, вибрационная защита, конструктивные решения.*

*Отзыв дал на статью доцент кафедры «Строительный конструкции» Аз.АСУ Сеидов Н.Г.*

## MÜNDƏRİCAT

### ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION
### EKOLOGİYA VƏ ƏTRAF MÜHİTİN MÜHAFİZƏSİ

*Məmmədov N.Y., Rzayev M.F.* Qarabağ və Şərqi Zəngəzurda günəş enerjisindən istifadə imkanlarının elmi-texniki təhlili ..... 7

*Məcidov E.İ.* Plastik tullantılarının innovativ təkrar emal texnologiyasının tətbiqi ilə alınan kompozit beton-plastik materialların xassələrinin öyrənilməsi ..... 13

*Фатьянова Н.В.* Экологически - безопасные лакокрасочные материалы нового поколения для защиты металлических конструкций в судостроении и машиностроении ..... 21

*Qafarbəyli K.Ə., Məhərrəmli Q.P.* Muğan düzü torpaqlarının aqroekoloji qiymətləndirilməsi ..... 26

*Əhmədov N.Q.* Azərbaycan Respublikasının qaz kondensatı mədəninin resursları və onların səmərəli istifadəsinin planlaşdırılması ..... 31

### HYDROTECHNICS AND AMENITIES
### HİDROTEXNİKA VƏ MELİORASİYA

*Musayev Z. S., Zərbəliyev M.S., Quliyeva T.Q., Zərbəliyeva Ş.M.* Süni intellekt prinsipləri əsasında Azərbaycanda su ehtiyatlarının idarə olunması ..... 35

*Həsənov E.E., Babayev M.R.* Hidrotexniki və yol tikintisində tətbiq edilən qabion tipli istinad divarlarının dayanıqlığa hesablanması ..... 43

*Guvalov A.A., Zeynallı R.R.* Composition adhesives for foam concrete ..... 48

*Əhmədov N.M., Sədiyev R.B.* Dağ çaylarında su nizamlayıcı qurğuların parametrlərinin təhlili ..... 54

*Guvalov A.A., Zeynalli R.R.* Development Of Foam Concrete Composition Based On Composition Adhesives..... 61

*Məmmədova V.V., Quliyeva T.Q., İdrisov S.T.* Hidrotexniki qurğularda aşağı biyefinin istismar etibarlığının artırılması barədə ..... 65

*Kərimov A.K., Hüseynov N.H.* Yerüstü su mənbələrinin keyfiyyəti ..... 71

*Mürsəlov A.Ə., Quliyeva T.Q., Xəlilzadə N.A., Abbasov Ş.İ.* Yeni konstruksiyalı daxili drenajları olan ekranlı torpaq bəndlərin gövdəsinin sızmaya hesablanma metodikası ..... 78

**ENGINEERING FACILITIES AND CONSTRUCTION STRUCTURES**

**MÜHƏNDİS QURĞULARI VƏ İNŞAAT KONSTRUKSİYALARI**

*Қабдылманап Д.Н., Наширалиев Ж.Т.* Темірбетон қабырғалы ғимараттарға сейсмикалық әсерлерді ескеру ..... 83

*Қабдылманап Д.Н., Наширалиев Ж.Т.* Учёт сейсмических воздействий для зданий с железобетонными стенами (перевод предыдущий статьи на русском языке) ..... 89

*Qaraisayev S.N.* Avtomobil yollarının tikintisində keyfiyyətin idarəedilməsinin bəzi məsələləri ..... 93

*Bağırov B.İ., Dibirov Ə.M.* Qarabağ regionunun yaşayış və sosial-mədəni obyektlərin bərpasına loqistik şirkətlərin cəlb olunması məsələsi ..... 100

*Kərimov A.K., Hüseynli F.E.,* Su təchizatı sistemində istifadə olunan mərkəzdənqaçma nasosunun işinin nəzəri əsasları ..... 104

*Тастемирова Жулдыз.* Қолданыстағы ғимараттарды сейсмикалық қорғау әдістерін талдау ..... 111

*Тастемирова Жулдыз.* Анализ методов сейсмической защиты существующих зданий (перевод предыдущий статьи на русском языке)..... 115

## Tələb olunan qaydalar

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetində "Ekologiya və su təsərrüfatı" adlı jurnal nəşr olunur. Jurnal Ədliyyə Nazirliyindən 20.07.2004-cu il tarixli İE-26-1232 saylı qeydiyyatdan keçib.

Jurnalda elmi-tədqiqat xarakterli məqalələr, reklamlar və elanlar nəşr olunur. Məqalələr 9 səhifədən az olmayaraq 1,5 intervalla, 14 şriftlə, A-4 formatda, disketlə (Word-2010, Times New Roman) birlikdə 1(bir) nüsxədə təqdim olunmalıdır.

Məqalə, reklam və elanların çap olunması ödənişlidir. Reklam və elanların çap olunmasının qiyməti jurnalda hansı səhifədə yerləşdirilməsindən asılı olaraq müəyyən edilir. Hər məqalə üçün 1 (bir) ədəd jurnal pulsuz verilir. Məqalələr, reklam və elanlar aşağıdakı ünvana təqdim olunmalıdır.

Bakı –AZ 1073, A.Sultanova 5, AzMİU, "Su təsərrüfatı və mühəndis kommunikasiya sistemləri" fakültəsi.
Tel : (+994 55) 238-26-19 (II korpus II mərtəbə)

**E-mail address:** estj2019@mail.ru; zakirmusayev1947@gmail.com

## Requirements

"Ecology and Water Economy" Journal is published in the Azerbaijan University of Architecture and Construction. The journal was registered by the Ministry of Justice on July 20, 2004 under the number IE-26-1232.

The journal publishes articles, advertisements and announcements of scientific research. Articles should be submitted in 1 (one) copy with an interval of 1,5 14 fonts, A-4 format, a diskette (Word-2010, Times New Roman) of at least 9 pages.

Publication of articles and advertisements paid. The price of ads and advertisements is determined depending on which page is placed in the Journal. 1 (one) number for each article is provided free of charge. Articles, ads and advertisements must be submitted to the following address.

Baku-AZ 1073, A. Sultanova 5, AzUAC, Faculty of "Water Management and Engineering Communication Systems"

Tel: (+994 55) 238-26-19 (2 nd building, II floor)
**E-mail address:** estj2019@mail.ru; zakirmusayev1947@gmail.com

## Gerekli düzenlemeler

Azerbaycan Mimarlık ve İnşaat Üniversitesi'nde "Ekoloji ve su ekonomisi" dergisi yayınlanıyor. Dergi 20 Temmuz 2004 tarihinde IE-26-1232 sayılı Adalet Bakanlığı tarafından tescil edilmiştir.

Dergi makaleler, reklamlar ve bilimsel araştırma duyuruları yayınlar. Makaleler (1) kopya, 1 aralık, 14 yazı tipi, A-4 formatı, disket (Word-97, Times New Roman) ve 9 sayfadan az olmamalıdır.

Makalelerin, reklamların ve reklamların yayınlanması ücretlidir. Reklamların ve reklamların fiyatı, dergide hangi sayfanın yerleştirildiğine bağlı olarak belirlenir. Her makale için 1 (bir) numara ücretsizdir. Makale, ilan ve duyurular aşağıdaki adrese gönderilmelidir.

Bakü-AZ 1073, A.Sultanova 5, AzMİU, "Su ekonomisi ve mühendislik komunikasyon sistemleri" fakültesi.

Tel: (+994 55) 238-26-19 (2-ci yapı II kat)

AZEC GROUP
AZEngineering Consulting

**E-mail address:** estj2019@mail.ru; zakirmusayev1947@gmail.com
Jurnal "AZEC GROUP AZEnginering Consuitaing"-nin dəstəyi ilə nəşr olunur

Yığılmağa verilib: 03.06.2024. Çapa imzalanıb: 12.12.2025.
Format 60x84 1/8. F.ç.v. 15.0 Sifariş 30.
Kağız əla növ. Tiraj 100 nüsxə. Qiyməti müqavilə ilə.
***"ART-print" MMC-nin mətbəəsi***