

eISSN 2709-4766
ISSN 2709-4758

№5 (143)

ҚазҰТЗУ
ХАБАРШЫСЫ

КазНИТУ
ВЕСТНИК

KazNRTU
VESTNIK

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



ҚазҰТЗУ ХАБАРШЫСЫ _____

_____ ВЕСТНИК КазННТУ

VESTNIK KazNRTU _____

№ 5 (143)

Научные редакторы:

Рысбеков Канай Бахытович, к.т.н., ассоц.проф., директор Института металлургии и промышленной инженерии, КазННТУ (Алматы, Казахстан);

Азат Сейтхан, доктор PhD, ассоц.проф., руководитель Лаборатории инженерного профиля КазННТУ (Алматы, Казахстан);

Елемесов Касым Коптлеуович, к.т.н., ассоц.проф., директор Института управления проектами КазННТУ, (Алматы, Казахстан);

Бекботаева Алма Анарбековна, доктор PhD, ассоц.проф., заведующая кафедрой «Геологическая съемка, поиск и разведка месторождений полезных ископаемых» Института геологии, нефти и горного дела им. К.Турысова КазННТУ (Алматы, Казахстан);

Сейлова Нургул Абадуллаевна, к.т.н., ассистент-профессора, заведующая кафедрой «Кибербезопасность, обработка и хранение информации» КазННТУ (Алматы, Казахстан);

Редакционная коллегия:

Ракишев Баян Ракишевич, д.т.н., проф., академик НАН РК, кафедра «Горное дело», Института геологии, нефти и горного дела им. К.Турысова КазННТУ, Алматы, Казахстан, **h-индекс: 4**;

Енсепаев Талгат Аблаевич, к.г.-м.н., доктор PhD, член-корреспондент НАН РК, заведующий кафедрой «Геология нефти и газа» Института геологии, нефти и горного дела им. К.Турысова КазННТУ, Алматы, Казахстан, **h-индекс: 1**;

Сыздыков Аскар Хамзаевич, доктор PhD, проф., директор Института геологии, нефти и горного дела им. К.Турысова КазННТУ, Алматы, Казахстан, **h-индекс: 2**;

Абетов Ауэз Егембердыевич, к.г.-м.н., проф., член-корреспондент НАН РК, заведующий кафедрой «Геофизики» Института геологии, нефти и горного дела им. К.Турысова КазННТУ, Алматы, Казахстан, **h-индекс: 3**;

Уалиев Жомарт Разханович, доктор PhD, ассоциированный профессор, кафедра «Робототехника и технические средства автоматизации» Института промышленной автоматизации и цифровизации КазННТУ, **h-индекс: 3**;

Столповских Иван Никитович, д.т.н., ассоц.проф., кафедра «Технологические машины, транспорт и логистика» Института металлургии и промышленной инженерии КазННТУ, **h-индекс: 4**;

Кубекова Шолпан Накишбековна, к.т.н., ассоц.проф., заведующая кафедрой Химических Процессов и Промышленной Экологии Института химических и биологических технологий КазННТУ, **h-индекс: 5**;

Рафикова Хадичахан Сабиржановна, доктор PhD, ассоц.проф., заведующая кафедрой Химическая и биохимическая инженерия Института химических и биологических технологий КазННТУ, **h-индекс: 6**;

Селенова Багдат Саматовна, д.х.н., проф., кафедра «Химическая и биохимическая инженерия» Института химических и биологических технологий КазННТУ, **h-индекс: 3**;

Мухамедиев Равиль Ильгизович, д.т.н., проф., кафедра «Программная инженерия» Института кибернетики и информационных технологий КазННТУ, **h-индекс: 5**;

Калтаев Айдархан, д.ф.-м.н., заведующий кафедрой «Прикладная механика и инженерная графика» Института кибернетики и информационных технологий КазННТУ, **h-индекс: 8**;

Seltmann Reimar, доктор PhD, профессор, Директор Отдел Наук о Земле, Центр Российских и Среднеазиатских Минеральных Исследований (CERCAMS), Великобритания, **h-индекс: 36**;

Евгений Левин, доктор PhD, ассоц.проф., Мичиганский технологический университет, США, **h-индекс: 51**;

Лозинский Василий Григорьевич, Доцент кафедры горной инженерии и образования, Национальный технический университет «Днепропетровская политехника», Украина, **h-индекс: 16**;

Бодин Олег Николаевич, д.т.н., профессор, Пензенский государственный университет, Россия, **h-индекс: 5**;

Сладковски Александр Валентинович, д.т.н., профессор, зав.кафедрой "Логистики и транспортных технологий", Силезский технический университет, Польша, **h-индекс: 7**;

Зорин Владимир Александрович, д.т.н., профессор, зав.каф. «Производство и ремонт автомобилей и дорожных машин», Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, Россия, **h-индекс: 8**;

Кольга Анатолий Дмитриевич, д.т.н., профессор кафедры "Горных машин и транспортно-технологических комплексов", Магнитогорский государственный технический университет, Россия, **h-индекс: 4**;

Атаманова Ольга Викторовна, д.т.н., проф., ФГБОУ ВО "Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.", Россия, **h-индекс: 2**;

Монтаев Сарсенбек Алиакпарович, д.т.н., проф., академик НИА РК, Директор института энергосбережения ЗКАТУ им. Жангир хана, г.Уральск, Казахстан, **h-индекс: 5**;

Селяев Владимир Павлович, д.т.н., проф., академик РААСН, зав.кафедрой «Строительные конструкции», Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, Россия, **h-индекс: 4**;

Rosa Busquets Santacana, доктор PhD, ассоц.проф., Kingston University, Великобритания, **h-индекс: 17**;

Leticia Fernandez Velasco, доктор PhD, исследователь, Royal Military Academy, Бельгия, **h-индекс: 17**;

Vassilis Inglezakis, доктор PhD, University of Strathclyde, Великобритания, **h-индекс: 32**;

Nicolas Kalogerakis, доктор PhD, проф., Technical University of Crete, Греция, **h-индекс: 53**;

Galaev Igor, доктор PhD, DSM Food Specialties, Нидерланды, **h-индекс: 52**;

Mohamed Othman, доктор PhD, проф., Университет Путра, Малайзия, **h-индекс: 20**;

Bagher Babaali, доктор PhD, проф., Университет Тегерана, **h-индекс: 5**;

Гнатюк Сергей Александрович, д.т.н., доцент, Национальный авиационный университет, Украина, **h-индекс: 15**;

Калимолдаев Максат Нурадилович, д.ф.-м.н., проф., академик НАН РК, Советник генерального директора РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК, **h-индекс: 3**;

Мамырбаев Оркен Жумажанович, доктор PhD, ассоц.проф., зам.генерального директора РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК, **h-индекс: 3**;

Учредитель:

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева

Регистрация:

Министерство информации и общественного развития Республики Казахстан
№ KZ22VPY00030188 от 15.12.2020г.

Официальный сайт: <https://vestnik.satbayev.university/index.php/journal/>

Основан в августе 1994 г. Выходит 6 раз в год

Адрес редакции:

г. Алматы, ул. Сатпаева, 22
тел.: 292-63-46

¹M. Nurpeissova*, ¹K.B. Rysbekov, ²E. Levin, ¹K. Derbisov, ¹Zh. Nukarbekova

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²Michigan Technological University, USA

*e-mail: marzhan-nurpeissova@rambler.ru

STUDY OF SLOW MOTIONS OF THE EARTH SURFACE

Abstract. Information about copper deposits of Kazakhstan, development of which is carried out in the Saryarka region and its role in the development of the mining industry are considered in the article. Geological, structural and tectonic features of the deposits are presented. Research results on improvement methods of studying and geomechanical processes management in the development of mineral resources are presented. It is shown that the problem of geomechanical processes management can be solved on the basis of methodology for rock condition geomonitoring considered in this article, which provides comprehensive accounting and analysis of all natural and technogenic factors, as well as use of control tools developed by the authors.

The article presents technical solutions to ensure operational safety during the development of Saryarka region field reserves, which occur in difficult mining and geological conditions. Ore bodies of the deposit have different sizes and are located at different depths, therefore, seismic surveys are carried out. The geodetic network of provisional seismic surveys at the field has been substantiated. It is proposed to conduct surveys using modern geodetic instruments, such as satellite technologies, electronic, digital geodetic instruments. The geodetic survey methods proposed by the authors provide information on the bowels of the earth with a high degree of accuracy.

Key words: copper ore deposits, geology, structure, tectonics, disturbance, fracturing of rocks, seismic exploration, geodetic network, geodetic surveys, satellite systems, electronic tacheometers, laser scanners.

Introduction. In recent years, objects with complex geology and great stratification depth have been increasingly included in the development and operation of ore deposits, which requires special conditions for the development of these objects. The percentage of drilled “empty” wells does not decrease, which is also largely due to the complexity of the structure of the prospective ore objects under study. On the other hand, practical experience has proved the presence of ore deposits at great depths.

In his work named « Dzhezkazgan copper - ore region and its mineral resources » (1932) and during creating of metallogenic forecast map of Kazakhstan (1950) K.I. Satpayev wrote: «.... copper reserves accounted for today have not yet exhausted all the possibilities of the Dzhezkazgan ore-bearing region. Here I do not take into account the deposits of the Zhilandinsky group: Kipshakpai and Saryoba, ore reserves in them are laid very deeply and they need huge finance and technologies for their development. I will leave them for future generations» [1].

We see prophecies of prominent scientist today.

The content of the work. The bowels of Kazakhstan are rich in mineral deposits, including copper. The Saryoba deposit (Vostochnaya and Zapadnaya) located 30-35 km north of the Zhezkazgan mine is the special among them [2-6].

In general, ore field has been explored and approved reserves in categories B + C1 + C2 in quantities that allow it to be nominated as large industrial facility. Ore field structure includes equal red-colored complex of interstratified rocks with ore-bearing deposits of the Taskuduk horizon of the Middle Carboniferous Formation Taskuduk and Serpukhov layer of the Lower Carboniferous. 11 ore deposits were discovered in the ore field where 109 ore bodies were explored. The largest deposits are confined to the Taskuduk horizon. Their stretch is northeastern, with length of up to 3200 m, thickness of 0.5 to 17 m, and dip size of up to 1400 m (Fig. 1).

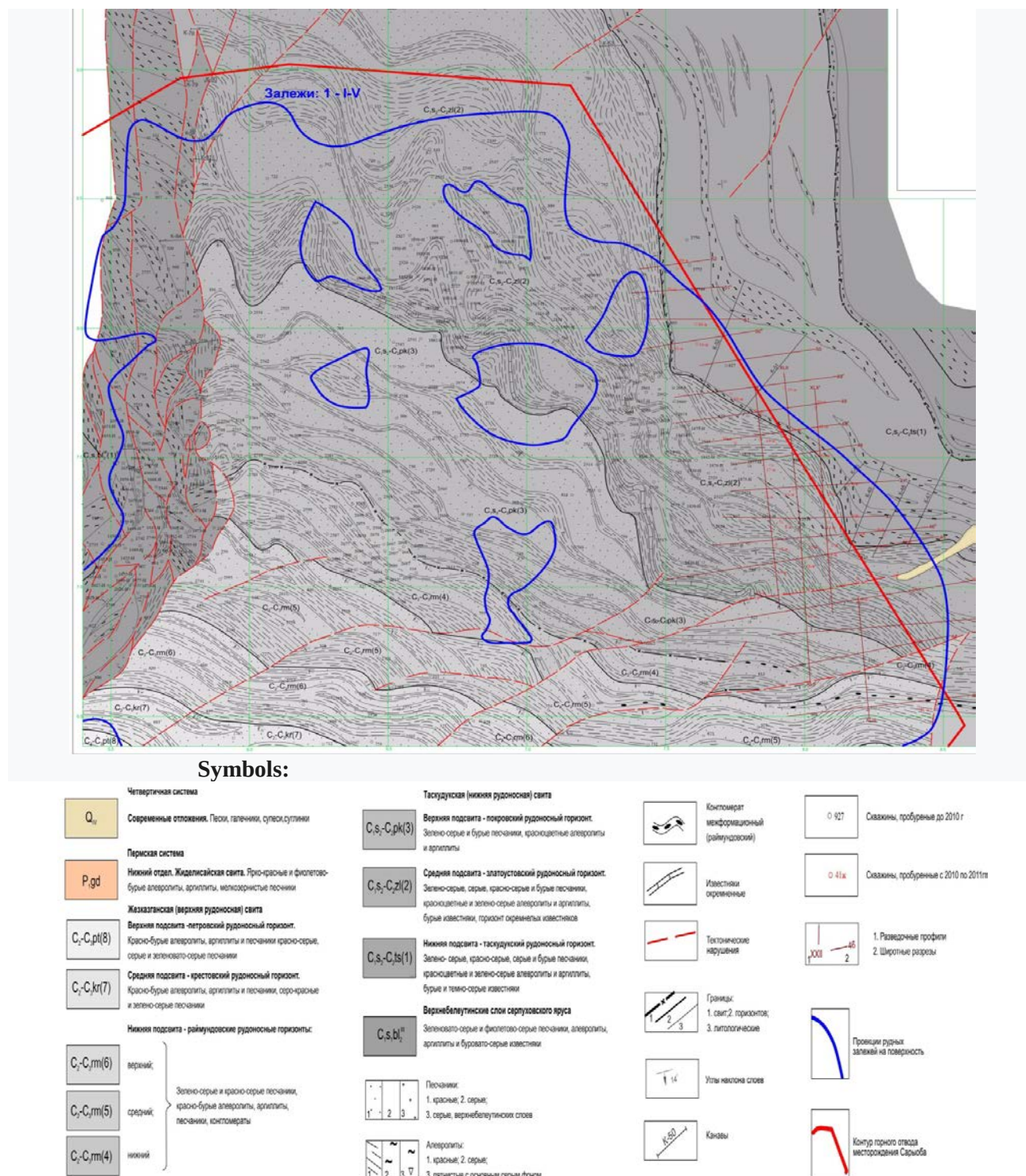


Fig.1. Geological map of the East Saryoba field

In addition, they are complicated by both pre-ore and post-ore disjunctive dislocation which greatly complicates their exploration. At the initial stage of development of mineral deposits, use of seismic exploration is important for the sustainable development of the territory. This method has proved to be powerful tool for detecting geostructures that concentrate deposits in the bowels of the Earth, contributing to optimal planning of mining and reducing the number of wells. Moreover, effectiveness of seismic exploration (as well as any geological and geophysical method) directly depends on the quality of its geodetic support. In other words, how accurately point's position of explosion and geophones is determined

in the coordinate space position in plan and height (depth) of any geostructures will be so accurately determined [7-11].

In this regard, in recent years, regulatory requirements for the quality of geodetic support for seismic surveys have been tightened. Creation of information geological and geophysical space involves the representation of it in uniform spatial coordinates.

The analysis of methodology state for conducting geodetic observations on mine territory particularly related to the lack of effective methods for determining deformations scale which necessitates methodology improvement of geodetic observations of rock deformations using modern instruments. Geodetic observations provide opportunity to identify the massif deformation, which is essential for geomechanical situation assessment in mining area. But they do not provide complete picture of deformation processes in time. This can be done only with using integrated methodology of geomonitoring of adjacent rock mass (Fig. 2)

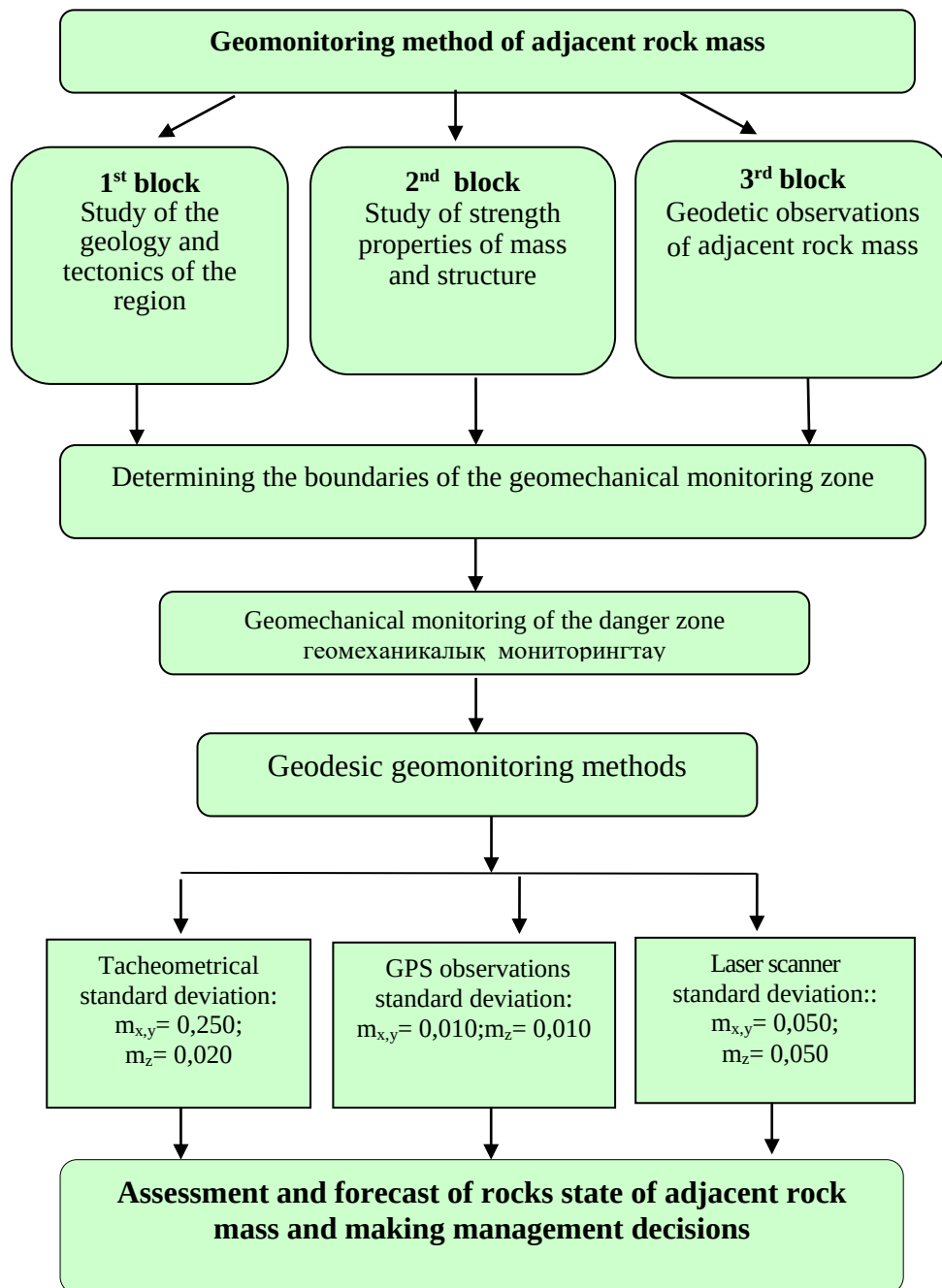


Fig.2. Scheme of complex geomonitoring methodology

According to 1st and 2nd blocks of recommended methodology (Fig. 2), engineering-geological and mining-technical conditions of development and geomechanical state of the instrument arrays, structural-tectonic features and physical-mechanical properties of rocks of the field were studied in detail [12-15].

Monitoring of mountain massif state (3rd block), especially during exploration processes on the territory of giant copper deposit, occupying large area, consisting of several deposits and occurring in various deep horizons requires creation of highly accurate geodetic control. Basis for network creation of geodetic points is topographic map of area. Total area of mining allotment of Saryoba deposit, which was left to us by K.I. Satbayev - is 24 479 373, 66 m² (Fig.3). Depth of the mountain allotment of East Saryob is 510 m, the absolute elevation is 60 m. Based on the materials of existing cartogram object and existing coordinates, total area is calculated 2447, 94 ha.

Figure shows the triangulation points location (441, 465, 466, 470, 424, and 451) of the State Geodesic Network (SGN). Bridging process is done based on these points of SGN. In order to provide huge area using classic option of geodetic networks creation on fields is quite laborious and requires large financial costs. During large-scale and long-term development of deposits, geodynamic processes along with geomechanical deformation processes can be developed)[8]. Therefore, geodynamic testing ground is created during development of deep-lying ore bodies, where repeated geodetic observations are carried out.

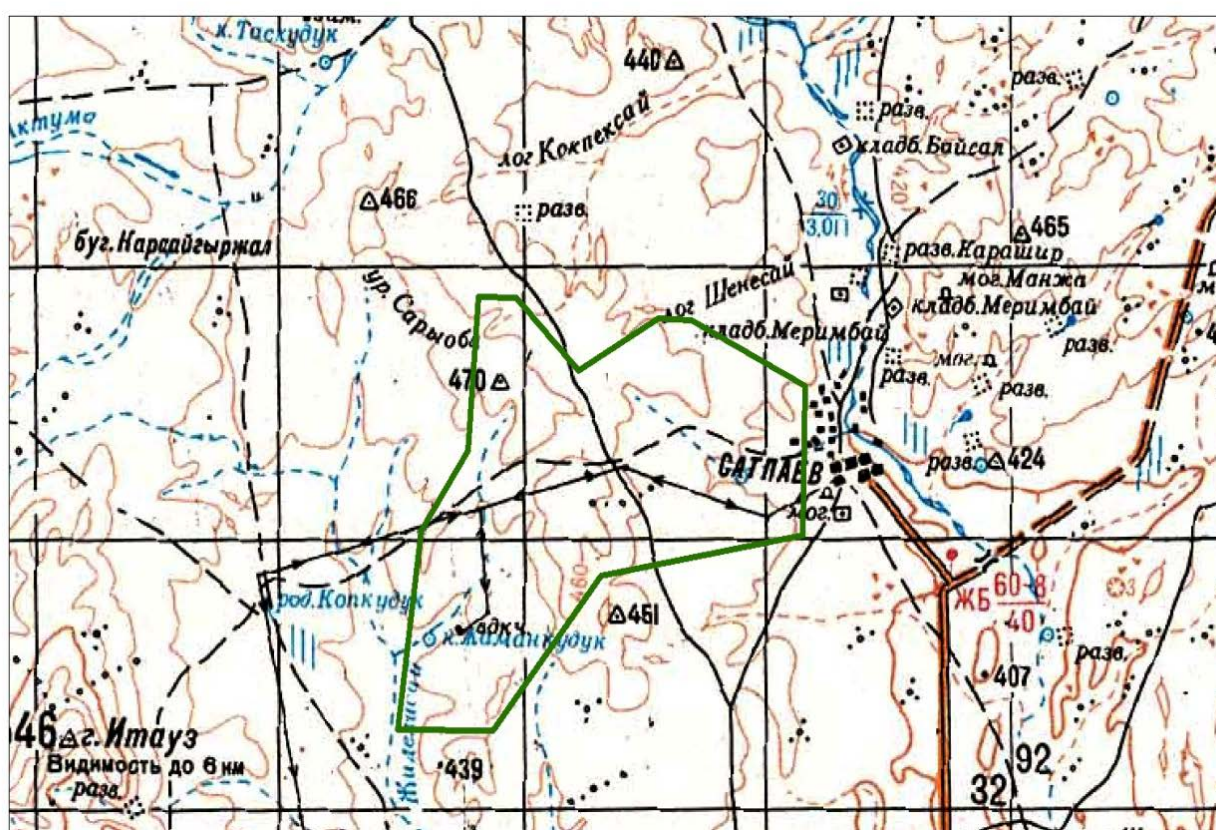


Fig.3. Topographic base and boundary of mining allotment

In this regard, we propose to replace long leveling lines with local geodetic constructions in the form of profile lines and control “bushes” of geodetic and leveling points. Complex application of ground and space geodetic methods will allow covering by monitoring observations the entire territory of the field, as well as increase observations efficiency and reduce capital costs of their production.

Thus, for differentiated study of geodynamic and geomechanical processes development that occupy large area and intended for deep tabulars, we propose creating “nodal” branches consisting of *basic* (reference), *control* (initial) and *deformation geodetic and leveling* points (Fig. 4) [6].

All nodal points are located in accordance with the ore veins (see fig. 1) and are tied to SGN points (see fig. 3)

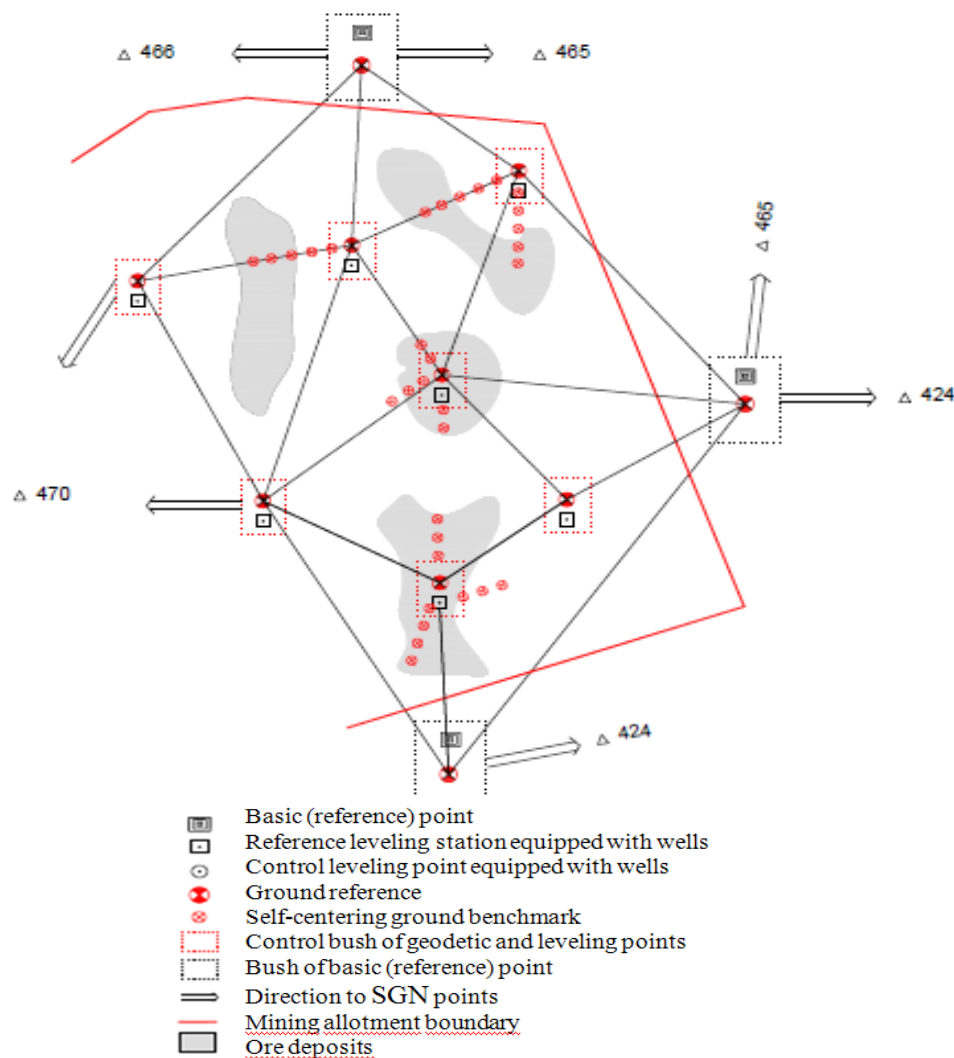


Fig.4. Structural diagram of the observation network of the geodynamic test site

Network of basic (reference) points is designed to assess the geodynamic state of the deposit territory on regional scale and serves as the initial geodetic basis for the network development of *control* (initial) points. In this regard, basic (reference) points should be located outside the field and influence zone of technogenic geomechanical processes due to its development, as well as at distance from tectonic fault zones. Basic point's quantity is determined as following from of deposit outline configuration of the field and should be at least two. Their coordinates are determined relative to GNSS stations included in the international reference geodetic network[10].

Network of control (initial) points is the initial geodetic basis for observing geomechanical and modern geodynamic processes in zones of tectonic disturbances, as well as for assessing the geodynamic state of the field's territory. We propose to locate control (initial) leveling points vertically off-line of the field under conditions that exclude the impact of geomechanical processes on their stability. Exploration wells existing in the field (abandoned or being put into conservation), base of which is buried below developed deposits can be used as control (initial) points.

Network of deformation points is designed for observation of technogenic, geomechanical and modern geodynamic processes.

All these works are carried out using modern geodetic technologies. Moreover, high efficiency of geodetic works is achieved only through satellite technology (Fig. 5). Use of modern technical equipment opens up great opportunities for solving problems of geodetic support for seismic exploration at qualitatively new level. Rapid development of geodetic base centralization, profiles production on the

ground with high accuracy, measurement and automation of data processing, ability to work in difficult physical, geographical and climatic conditions is carried out only on the basis of modern instruments [11].



Fig.5. Coordinates determination of points (a) and boreholes (b) by GPS technology

At the moment experimental works on the experimental site “Vostochnaya Saryoba” is being completed. Also, ore mining works are being carried out at Zhylandy field, remote from Zhezkazgan deposit: “Vostochny Saryoba”, “Itauyz”, “Zapadny Saryoba”, “Kipshakbai” and “Karashoshak”. “Kazakhmys” corporation successfully continues investment projects.

Conclusions. 1. On the basis of analysis of domestic and foreign scientific and technical literature, work experience in the field of studying geomechanical and geodynamic processes, as well as deformation monitoring tools, complex geomonitoring technique using modern highly-accurate geodetic instruments is recommended.

2. According to the 1st and 2nd blocks of recommended methodology, geology and tectonics of deposit area were studied, researches on strength properties and structural features of rocks massif were conducted. Geological, structural and tectonic features of the giant copper deposit in Kazakhstan “Vostochnaya Saryoba” are presented.

3. Modern approach to setting and making observations of geodynamic and geomechanical processes in solid mineral deposits is analyzed. New "nodal" method for constructing geodetic observation systems at geodynamic test site has been substantiated, which allowing covering of monitoring control of ongoing seismic surveys as well as increasing observations efficiency and reducing capital costs for their production.

This research has been/was/is funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant №AP08857097)».

REFERENCES

- [1.] Satbayev K. I. Main results of complex geological study and questions of Genesis of Dzhezkazgan. Geology of ore deposits, 1962, No. 3.
 - [2]. Working draft. Pit mining "East Saryoba", volume 2, book 1. Zhezkazgan Design Institute, 2016.
 - [3]. Project "Geological and geophysical search criteria for detecting copper mineralization of Zhezkazgan type in Central Kazakhstan", Zhezkazgan, 2018.
 - [4] Копобаева А. Н., Сатбекова С. Б. et al. On the Genesis of the Zhezkazgan Field // Young Scientist. - 2016. - No. 5. - S. 244-250.
 - [5]. Nurpeisova M.B., Kurmanbayev O.S. Patterns of development of geomechanical processes at the Maykayn deposit // News of the National Academy of Sciences of Kazakhstan. A series of geology and technical sciences, No.6, 2016. - P.109-115.
 - [6] Nurpeisova M., Kyrgyzbaeva G., Aitkazinova Sh. The methodology of monitoring the earth surface displacements during the development of the subsoil// // News of the National Academy of Sciences of Kazakhstan. A series of geology and technical sciences, No.4, 2015. - P.95-100.
 - [7] Environmental and industrial safety of subsoil development / under the general revision of M. Nurpeisova. - Almaty: KazNRTU, – 2016. – 435 p.
 - [8] Mikhailova N.N., Uzbekov A.N. Tectonic and technogenic earthquakes in Central Kazakhstan // News of the National Academy of Sciences of Kazakhstan. A series of geology and technical sciences, No.3, 2018. - P.137-145.
- safety of subsoil development / under the general revision of M. Nurpeisova.-Almaty: KazNRTU, – 2016. – 435 p.

[9] Turumbetov T., Bekseitova P., Kurmanbaev O. Geodesic substantiation of exploration works at "Eastern Saryoba" field. – Almaty: Vestnik KazNTU, 2019. Vol.6. - P. 25-29.

[10] Instructions for the production of surveying works: [RD 06-603-03: introduction. 29.06.2003]. - Moscow: state unitary enterprise " STC "Industrial safety", 2003. - 120 s.

[11] Turumbetov T., Bekseitova R. T., Kasymkanova H. M. Geodesic works at seismic exploration of the Eastern Saryoba Deposit/ / Collection of works of the Russian Federation..scientific. Conf. "Prospects for innovation in science, education and production".- Odessa, 2019-P. 6-9.

¹М.Б. Нұрпейісова*, ¹Қ.Б.Рысбеков, ²Е.Левин, ¹Қ.Н.Дербісов, ¹Ж.М.Нукарбекова

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²Мичиган технологиялық университеті, АҚШ

*e-mail: marzhan-nurpeisova@rambler.ru

ЖЕР БЕТІНІҢ БАЯУ ҚОЗҒАЛЫСТАРЫН ЗЕРТТЕУ

Андатпа. Мақалада күрделі кен-геологиялық жағдайда және терең қабаттарда, Жезқазған аймағында игеріліп жатқан, Шығыс Сарыоба мыс кен орны, оның тау-кен өндірісін дамытудағы рөлі туралы ақпарат қарастырылған. Шығыс Сарыоба кен орнының қорларын игеру кезінде қиын геологиялық жағдайларда қауіпсіз жұмыс жағдайларын қамтамасыз етудің техникалық шешімдер ұсынылған.

Ақпараттық геологиялық-геофизикалық кеңістікті құруға тек бірыңғай кеңістік координаталар жүйесін ғана мүмкіндік жасайды. Игеріліп жатқан кенорны аумағында геодезиялық бақылаулар жүргізу әдіснамасының жай-күйіне талдау жасуда, ең алдымен, деформацияланудың масштабын анықтайтын тиімді әдістердің жоқтығына байланысты, бұл бақылауды тек кешенді геомониторинг әдісі негізінде ғана жүргізуді қажет етеді.

Жер беті қозғалыстарына геодинамикалық мониторинг жүргізу үшін Сарыарқа мыс кенінің аймағының пландық және биіктік негіздерін құру мәселелері қарастырылған. Мақалада геодинамикалық полигонында геодезиялық байқау жүйесін құрудың жаңа «бұталы» әдісі негізделеді, ол сейсмикалық және тау-кен жұмыстарының мониторингін бақылауға, сонымен қатар бақылаудың жылдамдығы мен тиімділігін арттыруға, сонымен қатар, кен өндіруге кететін шығындарды азайтуға мүмкіндік береді. Бұл әдісті тек қатты пайдалы қазбаларды кең көлемде игеруде ғана емес, сонымен бірге мұнай мен газ кен орындарын игеруде де осындай проблемаларды шешу үшін қолдануға болады.

Негізгі сөздер: мыс кенорнындары, геология, құрылым, тектоника, бұзылыстар, тау жыныстарының жарықшақтылығы, сейсмикалық барлау, геодезиялық торап, геодезиялық түсірістер, жерсеріктірі жүйелер, электронды тахеометрлер, лазерлі сканерлер.

¹М.Б.Нурпейісова*, ¹Қ.Б.Рысбеков, ²Е.Левин, ¹Қ.Н.Дербісов, ¹Ж.М.Нукарбекова

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²Мичиганский технологический университет, США

*e-mail: marzhan-nurpeisova@rambler.ru

ИЗУЧЕНИЕ МЕДЛЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Аннотация. В статье рассматривается информация о медных месторождениях Казахстана, освоение которого осуществляется в регионе Сарыарки, его роли в развитии горнодобывающей промышленности. Представлены геологические, структурные и тектонические особенности месторождений.

Приведены результаты исследования по совершенствованию методов изучения и управления геомеханическими процессами при освоении недр. Показано, что проблема управления геомеханическими процессами может быть решена на основе рассмотренной в данной статье методике ведения геомониторинга состояния массива горных пород, предусматривающей комплексный учет и анализ всех природных и техногенных факторов, а также использования разработанных авторами средств контроля.

В статье представлены технические решения, позволяющие обеспечить безопасность работы при освоении запасов месторождения Сарыарки, залегающих в сложных горно-геологических условиях. Рудные тела месторождений имеют разные размеры и расположены на различных глубинах, поэтому проводятся сейсморазведочные работы. Обоснована геодезическая сеть, провордимых сейморазведочных работ на месторождении. Предложены проводить съемки с использованием современных геодезических приборов, как спутниковые технологий, электронные, цифровые геодезические приборы.. Предложенные авторами геодезические методы съемки позволяют получить информацию о недрах земли с высокой степенью точности.

Ключевые слова: меднорудные месторождения, геология, структура, тектоника, нарушенность, трещиноватость горных пород, сейсмическая разведка, геодезическая сеть, геодезические съемки, спутниковые системы, электронные тахеометры, лазерные сканеры.

Е.Б.Кеукенов*, К.М.Джаналеева

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

*e-mail: komorymoroni@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОРЕСУРСОВ КАРКАРАЛИНСКИХ ГОР

Аннотация. Низкогорные массивы Центрального Казахстана в последние годы - наименее изученные территории. Растительный мир является составной частью геосистем и служит основным показателем естественных и антропогенных изменений. Целью данной работы является проведение обзора по использованию биоресурсов Каркаралинских низкогорий и Каркаралинского Государственного Национального Природного Парка (КГНПП). В ходе написания был использован описательный метод исследования, первая часть которой посвящена физико-географическому описанию данной местности, а также среды обитания. Далее, основное внимание автор акцентирует на метод экологической оценки лесного массива и метод оценивания биологического разнообразия, их значение. В целях сохранения растительного сообщества и животного мира в Каркаралинских низкогорьях необходимо проводить оценку текущего состояния биоразнообразия, оценить их структуру и возможность рационального использования. В ходе написания статьи были приведены причины экологической напряженности на территории КГНПП как антропогенного, так и природного характера. Проведенный обзор использования биоресурсов территории дает возможность проведения мониторинга биоразнообразия в рамках КГНПП в будущем. Завершает автор статью перечнем рекомендаций по решению проблем использования биоресурсов Каркаралинских гор.

Ключевые слова: ландшафт; геосистема; природный комплекс; фиторазнообразие; природная зона.

Введение. Первые исследования геосистем Каркаралинских гор были проведены профессором Казанского университета А.Я.Гордягиным [1]. Именно тогда было выдвинуто предположение о том, что леса, расположенные островками, наследуют бывший единый лесной массив, который имел связь с лесами тайги на севере. Затем, это же предположение было выдвинуто И.М. Крашенинниковым, который считал, что островные леса Каркаралинских низкогорий являются остатками лесостепного пояса, простиравшегося от Южного Урала до Алтая [2]. Большое количество бореальных реликтов был обнаружен В.Н. Сукачевым в кокчетавских лесах [3]. Ботанические исследования данной территории были проведены и Б.А.Быковым [4], который в своей книге подробно охарактеризовал растительный покров Центрального Казахстана, а также его развитие в эпоху кайнозоя.

В настоящее время детальные (средние и крупномасштабные) региональные ландшафтно-географические исследования территории Каркаралинских гор практически отсутствуют. Несмотря на имеющиеся материалы, которые были накоплены в ходе предыдущих ботанических исследований региона, остаются малоизученными и требуют дальнейшего уточнения и обоснования следующие вопросы: особенности ландшафтогенеза, ландшафтное разнообразие, разработка решений экологических проблем с учетом особенностей ландшафтной структуры. Все это определяет актуальность данного исследования. Биоразнообразие – один из самых важных невозобновимых ресурсов, более того, незаменимое условие жизни человека. Лишних типов в природе нет, поэтому ценность фиторазнообразия заключена в самом его существовании. Для интенсивно опустыненного Казахстана вопрос сохранения и возобновления фиторазнообразия считается не просто актуальной, но и жизненно необходимой.

Низкогорья Каркаралы формировались под воздействием эндогенных и экзогенных процессов. Эндогенные процессы лежат в глубине этих низкогорий. Данная макроструктура сформировалась под воздействием эндогенеза. В мезозое, когда вся территория Казахстана покрылась морем, на склонах этих низкогорий сформировались мощные рыхлые осадочные отложения. Наиболее важные части макроструктур сформировались в четвертичный период. Но основной этап формирования макроструктуры Каркаралинских гор – это неоген и четвертичный период. В связи с тем, что высота низкогорий составляет чуть более 1500 метров, геосистемы Каркаралинских гор считаются молодыми. То есть вся динамика их относится к четвертичному времени. В связи с этим, на территории Каркаралинских низкогорий сформирован рельеф, где происходит чередование участков пенеплена с четвертичными отложениями, остаточными древними пенепленизированными участками, которые изменены под воздействием экзогенных факторов.

Геосистемы Каркаралинских низкогорий расположены в восточной части Казахского мелкосопочника, на территории Каркаралинского района Карагандинской области. Они представляют собой мелкосопочный рельеф с изолированными массивами низкогорий, простирающийся с севера — северо-запада на юго-восток на 30–35 км, шириной 20–25 км. Горы являются одними из наиболее высоких в Центральном Казахстане и состоят из отдельных грядовых гор (Жиренсакал, Актерек, Мырзашоки, Каркаралы, Бугулы, Коктюбе, Шанкоз). Самый высокий пик — Комсомольский с высотой 1403 м над уровнем моря, входящий в южную гряду Жиренсакал. Юго-восточнее этой гряды расположены горы Актерек высотой 1230 м над уровнем моря и Мырзашоки высотой 1170 м над уровнем моря. Севернее расположены: зубчатая гряда Каркаралы высотой до 1115 м над уровнем моря (давшая название всему горно-лесному массиву), гряда Бугулы (1323 м над ур.моря) и гряда Шанкоз высотой до 1360 м над ур.моря. На западе расположена семивершинная Коктюбе (1254 м над ур.моря). Каркаралинский горно-лесной массив разделен широкими межгорными долинами Кендара, Курозек, Каратока и другие, богат пресными подземными водами.

Разнообразие рельефа, почвенного покрова определило развитие фиторазнообразия.

Рассматриваемая местность практически полностью располагается в подзоне сухой степи степной ландшафтно-климатической зоны [5]. В Каркаралинских низкогорьях произрастают, в основном, сосновые леса с подлеском из *Rosa spinosissima*, *Rosa majalis*, *Juniperus communis*, *Lonicera tatarica*, *Padus avium*, *Crataegus sanguinea*. На их долю приходится 71,3% от общей площади горных лесов. Березняки (*Betula pendula*, *B. pubescens*) приурочены к склонам северной и северо-восточной экспозиции, к межсопочным долинам, вдоль рек и ручьев. Они занимают 10% лесопокрытой территории, около 2% лесистой территории приходится на осинники (*Populus tremula*), приуроченные к депрессиям рельефа, долинам речек и ручьев, основанию круглых склонов.

Сосновые леса (*Pinus sylvestris*) представлены, по большей части, лишайниковым, разнотравным, мохово-разнотравным типами, они расположены по крутым склонам узких ущелий и занимают межгорные долины. По дну ложбин имеются маленькие участки с участием в травяно-кустарничковом ярусе бореального мелкотравья *Chimaphilla umbellata*, *Moneses uniflora*, *Orthillia secunda*, *Pyrola chlorantha*, по склонам встречаются боровые виды *Solidago virgaurea*, *Trifolium lupinaster*. На выветрелых гранитах в сосняках растут мезоксерофиты: *Allium nutans*, *A. lineare*, *Veronica incana*, *Orostachis spinosa*, *Melandrium viscosa*. В лишайниковых сосняках травянистые растения имеются необильно: *Carex supine*, *Antennaria dioica*, *Archyrophorus maculate*, *Dracocephalum nutans*, *Fragaria vesca*. В описанных степных лесах, помимо типичных представителей бореальной флоры, встречаются также неморальные реликты, в их числе некоторые виды, свойственные широколиственным и хвойно-широколиственным лесам: сердечник (*Cardamine impatiens*) мятлик дубравный (*Poa nemoralis*), копытень европейский (*Asarum europaeum*) [6].

Но несмотря на имеющееся биоразнообразие данного региона, имеются проблемы использования биоресурсов. Для выявления имеющихся экологических проблем нужно применить метод оценки биоразнообразия лесных массивов.

Объектом изучения являются геосистемы гор Каркаралы.

Предмет исследования — особенности фиторазнообразия геосистем Каркаралинских низкогорий.

На основе вышеизложенного, цель данного исследования состоит в анализе использования биоресурсов геосистем гор Каркаралы и разработке решений проблем.

Материалы и методы исследования. В качестве информационной базы исследования были использованы: литературные источники, материалы предыдущих ботанических исследований, фондовые и опубликованные материалы республиканских и областных ведомств и учреждений (Институт географии РК, РГП «Управление природных ресурсов и регулирования природопользования» и др.); данные летописи природы за 2019 год КГНПП, геоботаническая карта КазССР, 1933; Ландшафтная карта КазССР, 1979; топографическая карта КазССР, 1984; космоснимки и данные их дешифрирования; карта растительности КГНПП (Рис. 1)

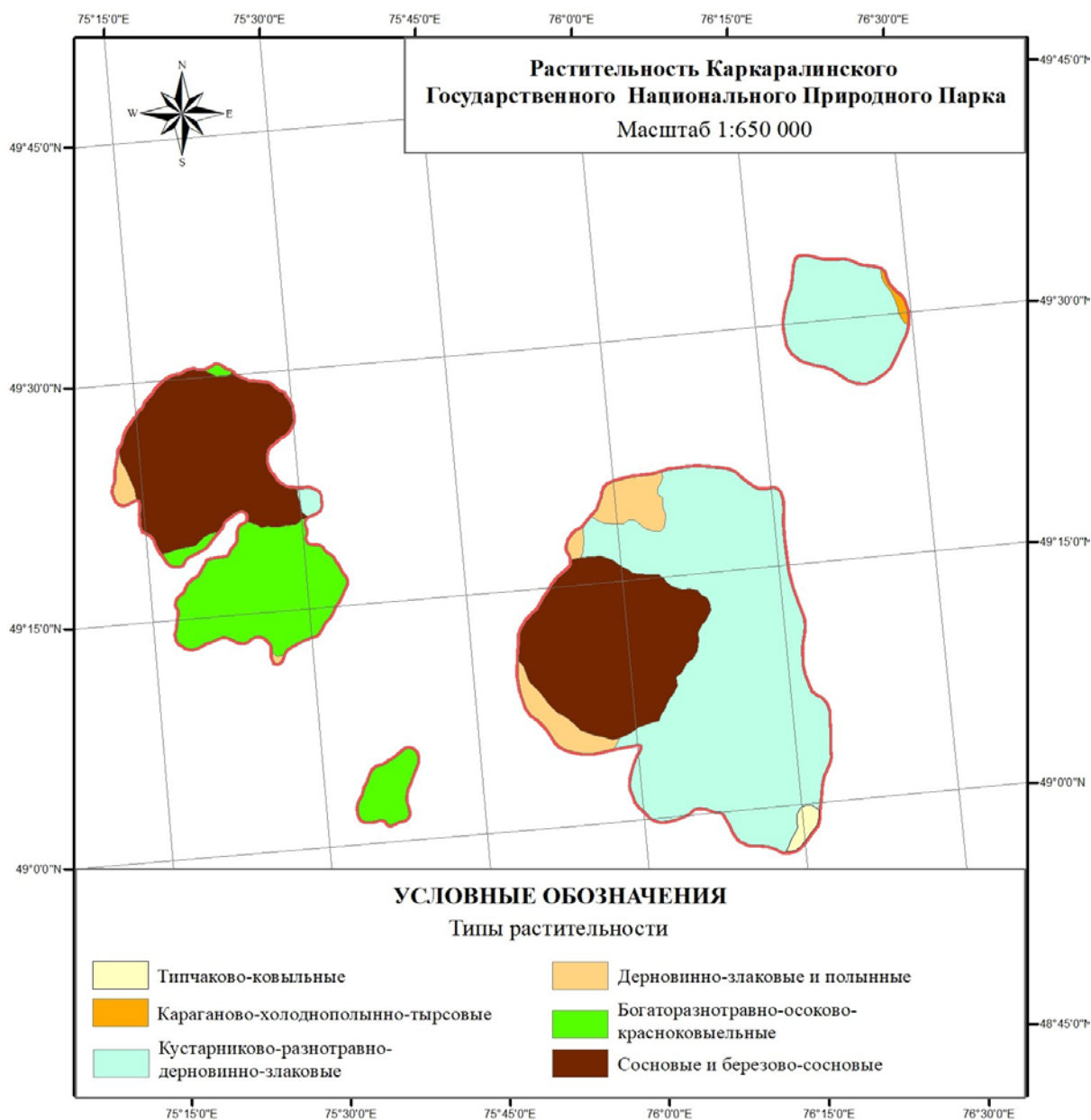


Рисунок 1. Карта растительности КГНПП

Результаты и обсуждение. Контроль над биологическим разнообразием требует его измерения, а измерение только тогда становится возможным, когда качественные признаки могут быть описаны количественно, в величинах, которые можно сравнивать.

На уровне интуиции кажется, что разнообразие сообщества тропического леса больше разнообразия сообщества тайги. Но видимая простота оценки разнообразия не позволяет удовлетвориться качественными сравнениями: более разнообразное и менее разнообразное сообщество. В экологии и математике разработано множество моделей и индексов для измерения разнообразия, которые требуют различной интерпретации.

Оценивание биологического разнообразия имеет важное прикладное значение, так как позволяет контролировать сохранение генетического потенциала, а также дает представление о состоянии экосистем на территории Каркаралинских низкогорий.

Одна из важных задач экологии – оценка разнокачественности, разнообразия сообществ. Любое сообщество – не просто сумма образующих его видов, но и совокупность взаимодействий между ними. Одним из важных свойств сообщества, которое отражает его сложность и

структурированность, принято считать его разнообразие. Видовое разнообразие отражает сложность строения и структуру сообщества. Понятие «биоразнообразия», хотя и является сложным, многогранным и достаточно неопределенным, описывается двумя компонентами.

Компоненты биоразнообразия: число видов и относительное обилие видов. Разнообразие принято оценивать либо путем подсчета видов, измерения их относительного обилия, либо мерой, объединяющей эти два компонента. Однако оценка разнообразия только простым подсчетом видов мало информативна, так как ни одно сообщество не состоит из видов равной численности. Из общего числа видов какого-либо трофического уровня или сообщества в целом обычно лишь немногие бывают доминирующими, т. е. имеют значительную численность (большую биомассу, продуктивность или другие показатели), подавляющая же часть относится к редким видам (т. е. имеет низкие показатели «значимости»). Таким образом, большинство видов в сообществе малочисленны, численности других умеренны и лишь немногие обильны.

При оценке альфа-разнообразия принимаются во внимание два фактора: видовое богатство и выравнивание обилий видов. Видовое богатство – число видов, для сравнения отнесенное к определенной площади. Выравнивание – равномерность распределения видов по их обилию в сообществе.

Видовое разнообразие в разных местах часто зависит от шкалы измерения разнообразия [7]. Например, в 1 м² полустепных европейских пастбищ может быть больше видов, чем в нижнем ярусе дождевого тропического леса в бассейне Амазонки. Разнообразие видов на 1 км² и более будет выше в тропическом лесу. Видовое разнообразие увеличивается при увеличении размеров изучаемой площади.

Помимо метода оценки биоразнообразия следует применить метод экологической оценки лесного массива.

Экологическая оценка – процесс систематического анализа и оценки экологических последствий намечаемой деятельности, консультаций с заинтересованными сторонами, а также учет результатов этого анализа и консультаций в планировании, проектировании, утверждении и осуществлении данной деятельности [8]

Экологическая оценка характеризуется следующими особенностями:

- представляет собой процесс получения информации, а не его результат;
- это процесс систематический, следующий определенным правилам;
- охватывает как этап планирования, так и этап осуществления намечаемой деятельности.

Процесс экологической оценки включает следующие основные компоненты на территории Каркаралинских низкогорий:

- анализ (прогноз) потенциальных воздействий намечаемой деятельности на окружающую среду и оценка их значимости. Эта составляющая называется *оценкой воздействия на окружающую среду* (ОВОС);

- консультации с заинтересованными сторонами с целью поиска взаимоприемлемых решений;
- использование результатов прогноза воздействий и консультаций в процессе принятия решений, относящихся к намечаемой деятельности. Эта составляющая выражается в виде проведения экологической экспертизы и выработке заключения по воздействию на окружающую среду (ЗВОС).

Касаемо геосистем Каркаралинских низкогорий, работа по расширению сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) ведется очень медленно. Из имеющихся ООПТ, по словам академика Н.Ержанова, финансируются исключительно КГНПП и Буйратау и то, в недостаточном объеме. На территории Каркаралы не уделяется достаточного внимания биотехническим мероприятиям по сохранению и улучшению биоресурсов, не смотря на то что их численность уменьшается из-за браконьерства и ухудшения условий обитания. Сейчас одной из важнейших задач сохранения природы и биоресурсов является охрана генофонда флоры и фауны, потому что утрата каждого вида может нанести ощутимый вред социально-экономическим и эколого-географическим интересам общества. Во всех районах Центрального Казахстана наблюдается обеднение флоры и фауны. Для редких и исчезающих видов растительного и животного мира неумеренный промысел, браконьерство и разрушение их естественных местообитаний грозит полным уничтожением. Отсутствуют или явно недостаточны широкие и системные инвентаризационные исследования флоры и фауны [9].

В деле обеспечения сохранности в естественном состоянии типичных, редких и уникальных природных комплексов со всей совокупностью их компонентов, существуют угрозы природным комплексам национального природного парка

Суровые зимы происходят с периодичностью 2-3 раза в каждом десятилетии и приводят к вымиранию серой куропатки. Наблюдается миграция млекопитающих территории ООПТ (лосей, кабанов, косуль). В результате выхода данных видов животных вне пределов ООПТ они подвергаются браконьерству. Суровые зимы и чередование неурожая семян сосны обыкновенной влечет за собой уменьшение количества белки, по всем территориям КГНПП. Немалые проблемы доставляют и штормовые явления. Регулярно наблюдаются по всем территориям КГНПП. При ветрах силой 24-28 м/сек и обильное выпадение снега провоцирует ветровал сосны обыкновенной.

Браконьерство в национальном парке отсутствует, но имеет место в прилегающих территориях к охранной зоне. Животные, населяющие территорию КГНПП (лоси, кабаны) мигрируют за пределы ООПТ в юго-западных юго-восточных направлениях (Павлодарскую и Восточно-Казахстанскую область) и по пути следования подвергаются факторам беспокойства и браконьерства со стороны местных жителей. Следует отметить, что за последние годы значительно улучшилась материально-техническая оснащенность инспекторского состава ООПТ. Это прежде всего лошади, оружие, обеспеченность стационарной и мобильной связью, форменное обмундирование.

Очень важную роль в охране играет расположение кордонов по всему периметру КГНПП. Все это позволяет в настоящее время не допускать фактов браконьерства на основных территориях КГНПП. Последние 5 лет практически не наблюдается вырубка молодняка сосны обыкновенной местными жителями, что обусловлено хорошей охраной и эколого-просветительской деятельностью. Основными видами нарушения режима являются посетители ООПТ, находящиеся на территории без наличия пропуска. Это связано с тем, что контрольно-пропускные пункты находятся в зоне ограничено-хозяйственной деятельности, расположенные на дорогах, ведущих в дома и зоны отдыха. А так как г. Каркаралинск примыкает к лесному массиву, наблюдаются нарушения режима ООПТ.

Одним из самых опасных угроз для КГНПП также являются пожары. Следует отметить, что чаще всего пожары возникают во второй декаде апреля и первой половине мая, и до первой декады ноября сохраняется пожароопасный период. Основной угрозой для лесного массива являются степные пожары, которые возникают на территориях личных сельскохозяйственных объединений и хозяйств.

Немаловажный фактор, оказывающий на биоразнообразие ООПТ является антропогенный (Табл. 1). На основной территории проводится на выделенных участках лесного фонда, в зоне ограничено-хозяйственной деятельности местными жителями и для служебного пользования закреплены участки для государственных инспекторов. На сопредельных с ООПТ территориях (это в основном охранный зона) существующие крестьянские хозяйства занимаются сенокошением. В связи с тем, что полная инвентаризация флоры в охранной зоне не закончена, возникает угроза растительным сообществам, которые можно отнести к редким региональным видам. Проблемным вопросом стоит вопрос выделения служебных наделов в заповедных территориях Кентского лесничества в охранной зоне, в связи с тем, что вокруг находятся частные хозяйства, которые граничат с территорией ООПТ.

Немалый вред на территорию данной местности также оказывает и неорганизованный туризм. Серьезной угрозе, со стороны отдыхающих зон отдыха и «диких» туристов подвергаются

- Горное лесничество, район горных озер «Шайтанколь» и «Бассейн», пещера первобытного человека в урочище «Маликсай»;

- Каркаралинское лесничество, урочище Комиссаровка где основными посетителями являются посетители выходного дня, которые располагаются на бивачной поляне. Количество посетителей в летний период располагающихся в палатках иногда превышает свыше 200-х сот человек/день, что сильно влияет на флору и фауну данного участка. К тому же в данном урочище расположен оздоровительный лагерь «Романтик» с вместимостью до 180 человек, и зона отдыха «Медик», с емкостью до 120 человек.

Одним из угроз являются местные жители, и приезжающие к ним гости. Примыкание к городу Каркаралинску лесного массива с северо-западного направления, дает возможность неорганизованным туристам посещать территорию ООПТ, что в свою очередь сказывается на лесной экосистеме (Табл. 2)

Таблица 1. Влияние источников воздействия на флору и растительность

Место и время наблюдения воздействия	Объекты и факторы воздействия	Описание и оценка результатов воздействия	Пояснения	Принимаемые меры и рекомендуемые мероприятия
1	2	3	4	5
Ур. Комиссаровка, левый берег р. Назар	Объект: туристский лагерь на левом берегу р. Назар Устройство костров в лагере и за пределами нарушения режима ООПТ туристами.	захламление территории КГНПП мусором и бытовыми отходами (до 500м. от лагеря). выламывание сучьев для кострищ (300-400 м. от лагеря) вытаптывание растительности в периметре до 3 км вокруг лагеря.		Сокращение числа посетителей
Прилегающие к г. Каркаралинску территории национального парка	Неорганизованный выпас крупного (коровы) и мелкого(бараны, козы) скота	Происходит уплотнение почвенного покрова, увеличение синантропных видов растительности.	Выпадение из травостоя первоцветов (прострел поникающий, адонис волосистый, тюльпан поникающий, рябчик маленький и др.) увеличение площадей типчака.	Ограничение доступа крупного и мелкого скота на территорию национального парка путем огораживания наиболее уязвимых территорий в местах прохода скота.

Таблица 2. Влияние источников воздействия на животный мир

Место и время наблюдения воздействия	Объекты и факторы воздействия	Описание и оценка результатов воздействия	Пояснения	Принимаемые меры и рекомендуемые мероприятия
Окрестности действующих д/о , г. Каркаралинска	Посетители КГНПП создают фактор беспокойства.	Животные покидают привычные места обитания, нарушается жизненный цикл	Неорганизованное посещение территории национального парка	Ограничение доступа посетителей во время гнездового периода, периода выкармливания детенышей.

Кроме того, в Каркаралинском районе в 12-15 км от территорий ООПТ в поселке Карагайлы располагается горно-обогатительный комбинат, Казахмыс, который занимается добычей руды и переработкой барита. В дни с сильным ветром восточного направления, на территорию КГНПП выносятся баритная пыль, что влияет на экологическую систему, в частности территорию ООПТ.

Регулирующие и биотехнические мероприятия. Постоянное уничтожение волка в охранной и сопредельной территории национального парка, что не может, не отразится на общем состоянии фаунистических составляющих природных комплексов.

К тому же местное население, проживающее на территории охранной зоны, то есть г. Каркаралинска с созданием ООПТ выпас скота на территории охранной зоны не был достаточно проработан. Основное население города Каркаралинска выпас скота производит в степной восточной части. Скот населения западной части выходит на выпас к границам лесного массива, что приводит к деградации пастбищ, многие кормовые растения вытесняются малоценными, сорными, что ухудшает качество травостоя и в совокупности влияет на экосистемы данных участков.

Не определены нормы выпаса скота, содержащегося на территории д/о Шахтер и поселка Комиссаровка, что влияет на растительные сообщества и экосистемы в целом.

Нахождение подсобного хозяйства ООПТ в Каркаралинском лесничестве, урочище Актопрак приводит к деградации данных участков.

На некоторых участках лесного фонда примыкающих к генетическому резервату гос. инспектора содержат личные подсобные хозяйства, что в свою очередь влияет на лесной и степной биоценоз.

Судя по данным инвентаризации вредных выбросов [10] в атмосфере Каркаралинского национального природного парка, загрязняющие вещества не улавливаются, не обезвреживаются и не утилизируются. Кроме того, при их инвентаризации отсутствуют данные о количестве загрязняющих атмосферу, воду и почву источников промышленного и сельскохозяйственного назначения, размещенных в г. Каркаралинске и близрасположенных поселках, в том числе в пос. Карагайлы. Все это, безусловно, негативно сказывается на сохранение природного биоразнообразия Каркаралинского национального природного парка.

Для сохранения биоразнообразия, необходима деятельность, направленная на разработку и внедрение научных методов сохранения биологического разнообразия, природных комплексов, охраны историко-культурных объектов в условиях рекреационных нагрузок, а также прогноза экологической обстановки по данным мониторинга.

Итак, для восстановления и поддержания ресурсного биоразнообразия необходимо:

- углублённое и всестороннее изучение флористического состава Каркаралинских низкогорий;
- восстановление почв, нарушенных пахотным использованием на территории Каркаралинских низкогорий. Рекультивация позволяет вернуть нарушенные земли в состав сельскохозяйственных угодий, использовать их под леса, водоемы, зоны отдыха, жилищное и промышленное строительство. Рекультивации могут подлежать выемки карьеров, торфоразработки, породные отвалы шахт и карьеров, площадки буровых скважин и т.п. При соблюдении научнообоснованных технологий рекультивации нарушенных земель возможно в течение 3-5 лет превратить в высокопродуктивные угодья.
- улучшение климата (лесопосадки). Лесовосстановление применяется для создания новых лесов или улучшения состава древесных пород в уже существующих.
- улучшение гидрохимического и гидрологического режимов с использованием эффективных биофильтров от удобрений, пестицидов и животноводческих стоков (леса и ветланды –травяные болота и влажные луга);
- формирование системы полезных симбиотических связей⁷

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гордягин А.Я. О Кокчетавских лесах // Записки Западно-Сибирского Отделения Русского географического общества. – 1897. – Т. 22. – С. 1-18.
- [2] Крашенинников И.М. Основные пути развития растительности Южного Урала в связи с палеогеографией северной Евразии в плейстоцене и голоцене // Советская ботаника. – 1939. – № 6-7. – С. 67-99.
- [3] Сукачев В.Н. Кокчетавские горные леса // Землеведение. – 1948. – Т. 3. – С. 5-34.
- [4] Быков Б.А. Растительный покров Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1966 – 165 с.
- [5] Чупахин В.М. Страна природных контрастов – Алма-Ата: Казахстан, 1973. – 139 с.
- [6] Горчаковский П.Л. Лесные оазисы Казахского мелкосопочника. – М.: Наука, 1987. – 157 с.
- [7] Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. - М.: Мир, 1992. – 184 с.
- [8] Масленникова, И.С., Кузнецов Л.М. Экологический менеджмент и аудит : учебник и практикум для бакалавриата и специалитета. — М.: Юрайт, 2019. — 328 с.
- [9] Габов Ю.А., Кист В.Э., Хамзин Б.С., Обухов Ю.Д., Смагулов Б.А. Центральный Казахстан: проблемы и решения. – Алматы: Эверо, 2020. – 268 с.
- [10] Инвентаризация источников выбросов вредных веществ в атмосферу для Каркаралинского государственного национального природного парка // ТОО «EcolineServicePlus», Караганда, 2006.

REFERENCES

- [1] Gordyagin A.Ya. About Kokchetav Forests // Notes of West Siberian Branch of the Russian Geographical Society. – 1897. – Vol. 22. – pp. 1-18.
- [2] Krashenninnikov I. M. Main Paths of Vegetation Development in the Southern Urals in Relation to Paleogeography of Northern Eurasia in Pleistocene and Holocene // Sovetskaya Botanika (Soviet Botany). – 1939. – No. 6-7. – pp. 67-99.
- [3] Sukachev V.N. Kokchetav Mountainous Forests // Zemlevedeniye (Earth Sciences). – 1948. – Vol. 3. – pp. 5-34.
- [4] Bykov B.A. Vegetation Cover of Kazakhstan. – Alma-Ata: Nauka (Science), 1966 – 165 p.
- [5] Chupakhin V.M. A Country of Natural Contrasts – Alma-Ata: Kazakhstan, 1973. – 139 p.
- [6] Gorchakovskiy P.L. Forest Oases of the Kazakh Hummocks. – Moscow: Nauka (Science), 1987. – 157 p.
- [7] Magurran A. Ecological Diversity and its Measurement. – Moscow: Mir (World), 1992. – 184 p.
- [8] Maslennikova I.S., Kuznetsov L.M. Environmental Management and Audit: Textbook and Practical Guide for Bachelor's and Specialist's Programs. – Moscow: Urait, 2019. – 328 p.
- [9] Gabov Yu.A., Kist V.E., Khamzin B.S., Obukhov Yu.D., Smagulov B.A. Central Kazakhstan: Problems and Solutions. – Almaty: Evero, 2020. – 268 p.
- [10] Inventory of sources of harmful emissions to the atmosphere for Karkaraly State National Park // EcolineServicePlus LLP, Karaganda, 2006.

E.B.Keukenov*, K.M.Dzhanaliyeva

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

*e-mail: komorymoroni@mail.ru

USE OF BIORESOURCES OF THE KARKARALINSKY MOUNTAINS

Abstract. In recent years, low-mountain massifs of Central Kazakhstan have been the least studied areas. Flora is an integral part of geosystems and is the main indicator of natural and anthropogenic changes. The objective of this paper is to review the use of bioresources in the Karkaraly Lowlands and Karkaraly State National Nature Park (KSNNP). The descriptive method of research was used while writing this paper, the first part of which focuses on the physical and geographical description of the area, as well as the habitat. Further, the author focuses on the method of ecological assessment of the forest area and the method for assessing biodiversity, and their importance. To preserve the phytocenosis and fauna in the Karkaraly Lowlands, it is necessary to assess the current state of biodiversity, assess their structure and the potential for rational use. While writing the article, the causes of environmental tensions in the KSNNP area of both anthropogenic and natural origin were outlined. The review of the use of the area's bioresources provides an opportunity to monitor biodiversity in KSNNP in the future. The author concludes the article with a list of recommendations to address the problems of bioresources use in the Karkaraly Mountains.

Keywords: landscape; geosystem; natural system; phytodiversity; natural zone.

Е.Б. Кеукенов*, К.М. Джаналиева

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

*e-mail: komorymoroni@mail.ru

ҚАРҚАРАЛЫ ТАУЛАРЫНЫҢ БИОРЕСУРСТАРЫН ҚОЛДАНУ

Аңдатпа. Орталық Қазақстанның таулы алаптары соңғы жылдары – ең аз зерттелген аумақтар. Өсімдіктер әлемі геожүйелердің құрамдас бөлігі болып табылады әрі табиғи және антропогендік өзгерістердің негізгі көрсеткіші болып қызмет етеді. Осы жұмыстың мақсаты Қарқаралы аласа тауларының және Қарқаралы мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің (ҚМҰТП) биоресурстарын пайдалану бойынша шолу жүргізу болып табылады. Жазу барысында сипаттамалық зерттеу әдісі пайдаланылды, оның бірінші бөлігі осы жергілікті жерді, сондай-ақ мекендеу ортасын физикалық-географиялық тұрғыдан сипаттауға арналған. Одан әрі, автор орман алқабын экологиялық бағалау әдісіне және биологиялық әртүрлілікті бағалау әдісіне, олардың маңыздылығына баса назар аударады. Қарқаралы аласа тауларында өсімдіктер қоғамдастығы мен жануарлар дүниесін сақтап қалу мақсатында биоәртүрліліктің ағымдағы жай-күйіне бағалау жүргізу, олардың құрылымы мен ұтымды пайдаланылу мүмкіндігін бағалау қажет. Мақаланы жазу барысында ҚМҰТП аумағындағы әрі антропогендік, әрі табиғи сипаттағы экологиялық шиеленістің себептері келтірілді. Аумақтың биоресурстарын пайдалануға жүргізілген шолу болашақта ҚМҰТП шеңберінде биоәртүрлілікке мониторинг жүргізуге мүмкіндік береді. Автор мақаланы Қарқаралы тауларының биоресурстарын пайдалану проблемаларын шешу бойынша ұсынымдар тізбесімен аяқтайды.

Негізгі сөздер: ландшафт; геожүйе; табиғи кешен; фитоәртүрлілік; табиғи аймақ.

Д.Б. Бармакова

Satbayev University, Алматы, Казахстан
e-mail: d.barmakova@stud.satbayev.university

СОЗДАНИЕ БАЗЫ ГЕОДАННЫХ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОРОШАЕМЫХ МАССИВОВ АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Понимание и управление ресурсами подземных вод требуют интеграции большого количества качественных данных из различных источников. Из-за ограничений в доступе к информации, связанной с подземными водами и условиями недр, сбор имеющейся существующей информации имеет решающее значение при проведении успешного гидрогеологического исследования. Здесь представлен подход к разработке базы данных о грунтовых водах. Данная пространственная база геоданных, реализуемая в ГИС, связана с реляционной. Так как основой информационно-аналитической системы мониторинга орошаемых земель является база данных, она позволяет пользователю запрашивать соответствующую информацию. Кроме того, стратиграфические данные, хранящиеся в пространственной базе данных, могут быть использованы для построения 3D-моделей подземных структур. Для хранения и анализа такого большого объема информации требуется системная организация и автоматизация обработки многих процессов, поэтому информационное обеспечение является важной частью мониторинга.

Ключевые слова: база данных, мониторинг, литологический состав, гидрогеологические условия, массив орошения

Введение. Устойчивое управление ресурсами подземных вод является очень сложной задачей; основная проблема заключается в том, что информация, относящаяся к недрам, является редкой и часто труднодоступной. Оросительные системы представлены разрозненными участками во всех административных районах Алматинской области и привязаны к различным водным источникам. На этих землях проводятся гидрогеологические наблюдения за уровнем-солевым режимом подземных вод по скважинам, гидрологические и гидрохимические наблюдения за оросительными и коллекторно-дренажными водами, почвенно-мелиоративные работы за засолением почвенного покрова, лабораторные исследования воды и почв и другие сопутствующие работы [1].

Проведение мониторинга на этих землях предусматривает сбор и систематизацию данных по гидрогеологическим, гидрохимическим, почвенно-мелиоративным, климатическим, водохозяйственным и сельскохозяйственным условиям и другим показателям [2]. Для хранения и анализа такого большого объема информации требуется системная организация и автоматизация обработки многих процессов [3]. Поэтому информационное обеспечение является важной частью мониторинга, которое должно позволять систематизировать данные наблюдений, наглядно отображать пространственные объекты и комплексно анализировать происходящие гидрогеолого-мелиоративные процессы и явления [4]. Доступ к пространственной базе данных может также помочь в прогнозе и планировании за счет эффективного использования всей имеющейся информации.

В статье рассмотрена методология создания геоинформационно-аналитической системы для организации мониторинга орошаемых земель, а также базы геоданных для представления систем водоносных горизонтов в различных масштабах.

Материалы и методы. Природные ландшафты юго-востока Казахстана имеют широкое разнообразие и представлены горноскладчатыми районами, межгорными и предгорными впадинами и равнинными территориями с базисом эрозии в сторону озера Балхаш. С учетом климатических условий, который характеризуется как резко континентальный, и имеющихся поверхностных водных источников, здесь развито поливное земледелие на общей площади 584 тыс.га [1].

Гидрогеологические условия играют важную роль в формировании всех процессов водо- и солеобмена на орошаемых землях. Подземные воды, их глубина залегания и химизм непосредственно с почвенным покровом в условиях орошения находятся в тесной взаимосвязи и определяют основные мелиоративные показатели [2]. Изучение режима грунтовых вод на орошаемых землях, выявление всех факторов, оказывающих на них влияние, определение условий формирования по типам режима и пространственные границы воздействия позволяет прогнозировать изменения гидрогеолого-

мелиоративных условий, разрабатывать проекты по улучшению состояния орошаемых земель и инженерно-экологической реконструкции оросительных систем.

Для проведения мониторинга орошаемых земель в Алматинской области на юго-востоке Казахстана разработана геоинформационно-аналитическая система ГИС «Мониторинг орошаемых земель», которая обеспечивает хранение и управление результатами наблюдений [2]. ГИС представляет многоуровневую систему, построенную по уровням иерархии и связанным с ним объектами управления, орошения и хозяйствующим субъектам. На каждом уровне определены источники поступления и характер вводимой информации [1].

Информация в базе данных ГИС хранится в виде соответствующих информационных таблиц, которые содержат сведения, характеризующие различные объекты (гидрогеологические, почвенные, водохозяйственные, климатические и т.д.).

В рамках данной работы основные данные были получены из паспортов скважин, буровых журналов, журналов наблюдений за УГВ. Информация, касающаяся ресурсов подземных вод, включает множество различных типов данных, включая географическое и подземное расположение водоносных горизонтов, их природу, геометрию. Дополнительная информация и параметры вводятся на основе первичных данных в пределах пространственной базы данных.

Результат. Различные карты объектов мониторинга могут быть сгенерированы из базы геоданных в ArcGIS. Эти карты, которые можно создать, включают расположение всех скважин, существующих на массиве или местоположение скважины, для которой была получена конкретная информация, такая как литологическая колонка, химический анализ подземных вод, а также гидрогеологические параметры, включая водопроводимость. База геоданных также содержит расположение поперечных сечений, на которых доступна стратиграфическая информация. Используя описание [5, 6, 8], мы применили ArcHydroGroundwater (АНГВ) к фактической базе геоданных, созданной для орошаемых земель. Модель данных о подземных водах предоставляет структуры данных для представления 2D и 3D гидрогеологических характеристик, таких как скважины, водоносные горизонты, поперечные сечения и блоки [8]. АНГВ, добавленный в качестве инструмента в ArcGIS, позволяет отображать и анализировать информация в геопространственном контексте посредством привязки данных о недрах, включая скважины, наброски поперечных сечений и блоки.

Модель базы геоданных представляет собой организационный формат, аналогичный структуре базы данных, применяемой в существующей геоинформационно-аналитической системе «Мониторинг орошаемых земель» [2]. Основная таблица называется Well и соответствует центральной таблице скважин (рис. 1) базы геоданных, который служит для определения местоположения наблюдательных скважин. Эта таблица связана с таблицей журнала скважин, которая соответствует таблице стратиграфии базы геоданных. Другая соответствующая таблица базы данных АНГВ озаглавлена «Гидрогеологическая единица» (HGUID) и содержит сведения о геологическом и литологическом строении, их идентификаторе, определении и коде [8, 9]. Эта таблица связана с таблицей стратиграфии. Другие таблицы АНГВ (рис. 1) являются выходными таблицами, полученными из результатов геомоделирования АНГВ (профиль, линия разреза, точка разреза, GeoSection, GeoRaster и GeoVolume).

Инструмент «Borehole/Well Editor» позволяет пользователю визуализировать литологию скважины. Каждой гидрогеологической единице, обнаруженной в скважине, присваивается уникальный идентификатор гидрогеологической единицы (HGUID), наблюдаемый между верхним и нижним границами толщи (рис. 2А). Каждая литологическая колонка разделена на сегменты; каждому сегменту присваивается идентификатор HGUID для идентификации литологической (геологической) единицы. Линии скважин создаются на основе таблицы журнала скважин, в которой представлена стратиграфия каждой скважины, наблюдаемая в каждой скважине. Поскольку каждая скважина привязана к географической привязке, становится возможным визуализировать линии скважин в 3D-среде с помощью ArcScene, приложения для 3D-визуализации ArcGIS (рис. 2В). Граничные линии также могут быть в сочетании с цифровой моделью рельефа (ЦМР) для визуализации литологического состава исследуемой области (рис. 2С).

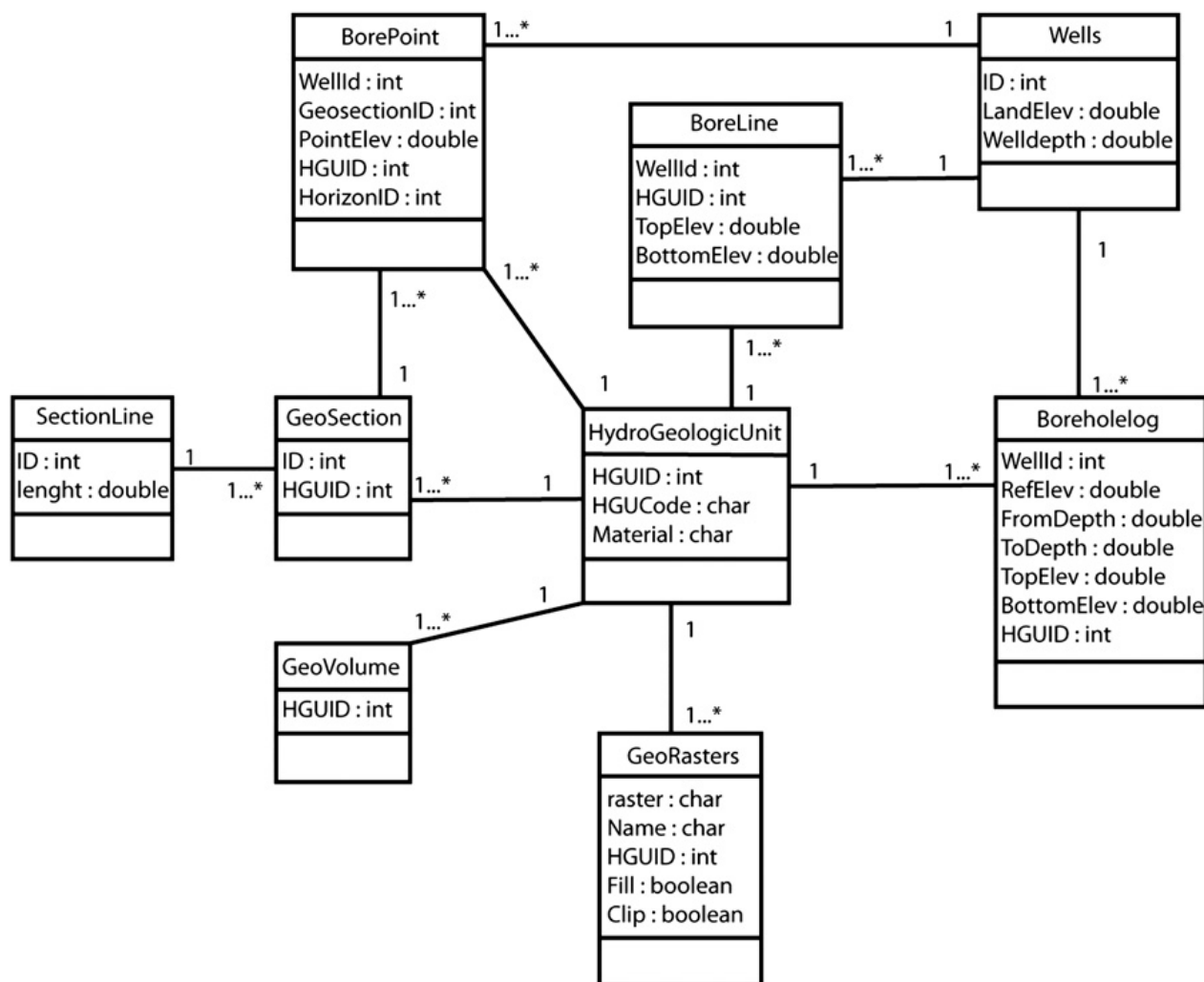


Рисунок 1. Модель базы геоданных ArcHydroGroundwater [9]

Интересным аспектом АНГВ является разработка сечений, извлеченных из информации о скважине. Различные инструменты, включенные в АНГВ, позволяют создавать поперечные сечения в ArcMap [6, 7, 9]. Построение поперечных сечений начинается, когда пользователь рисует линию на карте, соответствующую трассировке требуемого поперечного сечения. Поперечное сечение представляет собой 2D-представление; однако с помощью АНГВ можно экспортировать несколько поперечных сечений в 3D-среде с помощью ArcScene [9]. Такая визуализация одного или нескольких поперечных сечений называется GeoSection.

GeoVolume-это 3D-объект для объемной визуализации подземной толщи. Для создания GeoVolume сначала необходимо создать GeoRaster. Georaster соответствует верхней и нижней части гидрогеологических единиц и создаются из буровых точек, полученных, в свою очередь, из GeoSection.

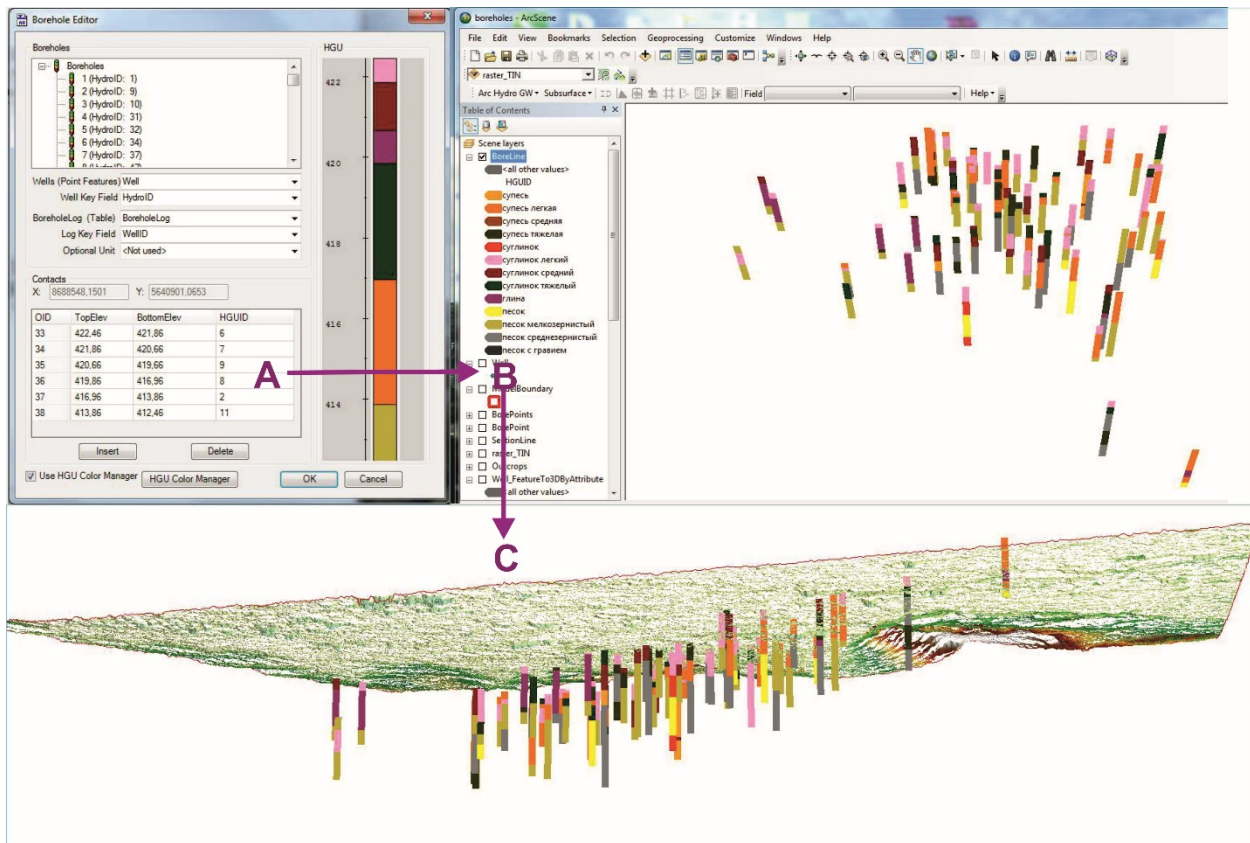


Рисунок 2. Визуализация скважин в AHGW: (A) инструмент "Borehole/Well Editor"; (B) Линии скважин, созданные в ArcScene, и (C) 3D-моделирование скважин, связанных с цифровой моделью рельефа (пример на Каратайском массиве орошения)

Обсуждение и заключение. В этой статье представлен процесс создания интегрированной пространственной базы данных в цифровом формате с использованием различных типов гидрогеологических данных, доступных пользователю, с использованием комбинации инструментов Access–ArcGIS–ArcHydroGroundwater. База геоданных также полезна для целей отображения, позволяя пользователю создавать запросы и получать соответствующую информацию. Одним из важных приложений базы геоданных является создание гидрогеологические карты для визуализации географически привязанной информации. Построение 3D-моделей должно помочь лучше спрогнозировать протяженность и толщину подземных резервуаров и, следовательно, предупредить повышение УГВ. Это также должно помочь практикам проводить анализ запасов грунтовых вод и оценивать темпы их фильтрационного питания. Обратите внимание, что точность 3D-моделей зависит от объема, характера и качества информации, извлеченной из базы геоданных для включения в эти модели. Большее количество доступных данных позволяет более надежно прогнозировать ресурсы подземных вод и обеспечивает большую уверенность разработчику модели. 3D-модели, полученные с помощью ArcGIS/AHGW, могут быть экспортированы в MODFLOW для моделирования и прогнозирования стока подземных вод и распространение загрязняющих веществ в них. Это приложение требует дальнейшей разработки. Таким образом, AHGW может предоставить удобный инструмент для необходимого гидроструктурного моделирования до проведения моделирования потока грунтовых вод. База геоданных может быть использована в качестве платформы для долгосрочных проектов путем осуществления мониторинга подземных вод таких направлений, как мониторинг воздействия изменения климата на ресурсы подземных вод. Такой тип долгосрочного мониторинга требует, чтобы база геоданных регулярно обновлялась и пополнялась новой информацией. База геоданных также обеспечит направление для будущих планов управления гидрогеолого-мелиоративными процессами и разработки мероприятий по повышению плодородия почв.

В заключение следует отметить, что разработанная методология должна отвечать целям более эффективного управления подземными водами путем объединения СУБД с ArcGIS и ANGW. Методология, разработанная для этой цели и представленная в настоящем документе, может быть затем применена в других регионах мира в целях более эффективно использовать имеющиеся данные о ресурсах подземных вод и управлять ими устойчивым, долгосрочным и эффективным образом.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Shakibayev I., Barmakova D., YerikulyZh., Rau G., Kadasheva Zh., Begmatov I. Methodology for creating a geoinformation-analytical system to monitor irrigated lands in the south-east of Kazakhstan. Maps and GIS in agriculture and land use. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-3-26-286-293
- [2] Шакибаев И. Гидрогеолого-мелиоративные аспекты проблем орошаемых земель юга Казахстана. – Алматы, 2014. – 304 с.
- [3] Saxena PR, Prasad NSP Integrated land and water resources conservation and management-development plan using remote sensing and GIS of Chevella sub-watershed, R.R.District, Andhra Pradesh, India//The international archives of the photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. - Beijing, 2008. – № 8. – Vol.37. – P.729-732.
- [4] Паничкин В.Ю., Мирошниченко О.Л., Ерикулы Ж. Геоинформационные технологии в гидрогеологическом картографировании//Известия АН РК. – Алматы, 2014. - №5. - С.76-81.
- [5] Strassberg, G., 2005. A geographic data model for groundwater systems. Ph.D.Thesis. University of Texas, Austin, Texas, USA, 232 pp.
- [6] Strassberg, G., Maidment, D.R., Jones, N.L., 2007. A geographic data model for representing ground water systems. Ground Water 45 (4), 515–518.
- [7] Strassberg, G., Jones, N.L., Maidment, D.R., 2011. Arc Hydro Groundwater: GIS for Hydrogeology. ESRI's GIS Bookstore (176 pp.).
- [8] Aquaveo, 2010. /http://www.aquaveo.com/archydro-groundwaters.
- [9] Chesnaux R., Lambert M., Walter J., Fillastre U., Hay M., Rouleau A., Daigneault R., Moisan A., Germaneau D. Building a geodatabase for mapping hydrogeological features and 3D modeling of groundwater systems: Application to the Saguenay–Lac-St.Jean region, Canada. Computers & Geosciences. Vol.37, Issue 11, November 2011, P. 1870-1882 DOI:10.1016/j.cageo.2011.04.013

REFERENCES

- [1] Shakibayev I., Barmakova D., YerikulyZh., Rau G., Kadasheva Zh., Begmatov I. Methodology for creating a geoinformation-analytical system to monitor irrigated lands in the south-east of Kazakhstan. Maps and GIS in agriculture and land use. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-3-26-286-293
- [2] Shakibaev I. Hidrogeologo-meliorativnye aspekty problem oroshaemyh zemel' juga Kazahstana. – Almaty, 2014. – 304 s.
- [3] Saxena PR, Prasad NSP Integrated land and water resources conservation and management-development plan using remote sensing and GIS of Chevella sub-watershed, R.R.District, Andhra Pradesh, India//The international archives of the photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. - Beijing, 2008. – № 8. – Vol.37. – P.729-732.
- [4] Panichkin V.Ju., Miroshnichenko O.L., Erikuly Zh. Geoinformacionnye tehnologii v gidrogeologicheskoy kartografirovanii//Izvestiya AN RK. – Almaty, 2014. - №5. - S.76-81.
- [5] Strassberg, G., 2005. A geographic data model for groundwater systems. Ph.D.Thesis. University of Texas, Austin, Texas, USA, 232 pp.
- [6] Strassberg, G., Maidment, D.R., Jones, N.L., 2007. A geographic data model for representing ground water systems. Ground Water 45 (4), 515–518.
- [7] Strassberg, G., Jones, N.L., Maidment, D.R., 2011. Arc Hydro Groundwater: GIS for Hydrogeology. ESRI's GIS Bookstore (176 pp.).
- [8] Aquaveo, 2010. /http://www.aquaveo.com/archydro-groundwaters.
- [9] Chesnaux R., Lambert M., Walter J., Fillastre U., Hay M., Rouleau A., Daigneault R., Moisan A., Germaneau D. Building a geodatabase for mapping hydrogeological features and 3D modeling of groundwater systems: Application to the Saguenay–Lac-St.Jean region, Canada. Computers & Geosciences. Vol.37, Issue 11, November 2011, P. 1870-1882 DOI:10.1016/j.cageo.2011.04.013

Д.Б.Бармакова

Satbayev University, Алматы, Қазақстан
e-mail: d.barmakova@stud.satbayev.university

АЛМАТЫ ОБЛЫСЫНЫҢ СУАРМАЛЫ АЛҚАПТАРЫНЫҢ ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЛАРЫН КАРТОГРАФИЯЛАУ ҮШІН ГЕОДЕРЕКТЕР БАЗАСЫН ҚҰРУ

Андатпа. Жер асты суларының ресурстарын түсіну және басқару әр түрлі көздерден сапалы деректердің көп мөлшерін біріктіруді қажет етеді. Жер асты сулары мен жер қойнауы жағдайларына байланысты ақпаратқа қол жетімділіктің шектеулеріне байланысты қолда бар ақпаратты жинау сәтті гидрогеологиялық зерттеу жүргізу кезінде шешуші мәнге ие. Мұнда жер асты сулары туралы мәліметтер базасын жасауға көзқарас ұсынылған. ГАЖ-да жүзеге асырылатын геодеректердің бұл Кеңістіктік базасы реляциямен байланысты. Суармалы жерлер мониторингінің ақпараттық-талдау жүйесінің негізі деректер базасы болып табылатындықтан, ол пайдаланушыға тиісті ақпаратты сұратуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, кеңістіктік мәліметтер базасында сақталған стратиграфиялық мәліметтерді жер асты құрылымдарының 3D модельдерін құру үшін пайдалануға болады. Осындай үлкен көлемдегі ақпаратты сақтау және талдау үшін жүйелік ұйымдастыру және көптеген процестерді өңдеуді автоматтандыру қажет, сондықтан ақпараттық қамтамасыз ету мониторингінің маңызды бөлігі болып табылады.

Негізгі сөздер: деректер базасы, мониторинг, литологиялық құрам, гидрогеологиялық жағдайлар, суару алқабы

D.Barmakova

Satbayev University, Алматы, Казахстан
e-mail: d.barmakova@stud.satbayev.university

CREATION A GEODATABASE FOR MAPPING HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF IRRIGATED MASSIFS OF THE ALMATY REGION

Abstract. Understanding and managing groundwater resources requires the integration of a large amount of high-quality data from various sources. Due to the limitations in access to information related to groundwater and subsurface conditions, the collection of available existing information is crucial when conducting a successful hydrogeological study. An approach to the development of a groundwater database is presented here. This spatial geodata database, implemented in GIS, is associated with a relational one. Since the basis of the information and analytical system for monitoring irrigated lands is a database, it allows the user to request relevant information. In addition, stratigraphic data stored in a spatial database can be used to build 3D models of underground structures. To store and analyze such a large amount of information, a system organization and automation of processing of many processes are required, so information support is an important part of monitoring.

Keywords: database, monitoring, lithological composition, hydrogeological conditions, irrigation massif

Г.К. Умирова, А.О. Сулейменов*
Satbayev University, Алматы, Казахстан
*e-mail: Ali--1998@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ (НТЕСН) ПРИ АНАЛИЗЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК, АНИЗОТРОПИИ И ТРЕЩИНОВАТОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОЙ ЧАСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖАНАЖОЛ

Аннотация. Работа посвящена определению коллекторских свойств карбонатных пород, с использованием новых современных методов ГИС (геофизические исследования скважин). Конкретизированы основные подходы, которые определяют физико-механические свойства (ФМС) пород коллекторов, акустическую анизотропию пород, связанную с кавернозностью и трещиноватостью, а также проницаемостью пород а также характеристику продуктивности месторождения, основные свойства пластов, жидкостей и газов, насыщающих продуктивные горизонты. Актуальность работы обусловлена определением коллекторских свойств в трещиновато-кавернозных и трещиноватых карбонатных породах месторождения Жанажол Южный с использованием новых методов ГИС. Особо следует подчеркнуть, что применение рекомендуемых современных методов ГИС дает возможность более точно определять параметры и коллекторские свойства (ФЕС) сложных карбонатных отложений.

Ключевые слова: карбонатные коллекторы, фильтрационно-емкостные свойства, трещиноватость коллектора, физико-механические характеристики пласта, южная часть месторождения Жанажол.

Значительная часть подтвержденных мировых запасов нефти и газоконденсата приурочена к естественно трещиноватым коллекторам. В прошлом столетии основная добыча нефти шла из активных запасов – песчаных коллекторов. На сегодняшний день на фоне всестороннего осложнения процесса добычи наблюдается еще одна тенденция – в недрах разрабатываемых месторождений остаётся всё больше трудноизвлекаемой нефти. Основная доля оставшихся запасов приходится как раз на карбонатные коллекторы – горные породы, обладающие слабой проницаемостью, трещиноватостью, неоднородной по строению геологической структурой, «тяжелыми» нефтями, т. е. сложными во всех отношениях [1].

В качестве одного из ярких примеров таких месторождений можно рассматривать нефтегазоконденсатное месторождение Жанажол, которое вышло на этап естественного падения нефтеотдачи по объективным геологическим причинам. Поднять объем добычи можно посредством усиления обустройства месторождения, уровень которого зависит от вливания денежных средств.

При этом на Жанажольском месторождении можно выделить ряд проблем. Во-первых, при разработке месторождения существует факт серьезного обводнения нефтяных скважин и разнородного направления конуса закачиваемой воды, коэффициент охвата вытеснения водой низкий. Эти проблемы приводят к тому, что ввод в эксплуатацию некоторых скважин характеризуется низким дебитом и производительностью, которые приводят к снижению объема добычи в нефтяных скважинах. Во-вторых, южная часть месторождения характеризуется более тонкими карбонатными коллекторами, большой изменчивостью по горизонтали, ухудшенными фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС), а также неясной закономерностью распространения трещин. Таким образом, наблюдается необходимость изучения трещиноватости коллектора для определения роли трещин в пустотном пространстве, оценки влияния трещиноватости на интенсивность притока, возможности анализа зависимости проницаемости и приточности для низкопористых интервалов и, тем самым, для определения достоверных граничных значений коллекторских свойств. Этим и определяется актуальность исследований.

Процесс локализации трещиноватых зон по стволу скважины и определения физических свойств естественно трещиноватых коллекторов опирается прежде всего на данные каротажа, хотя решение такой сложной проблемы требует синтеза результатов сейсморазведки, включая методы вертикального сейсмического профилирования, лабораторных исследований, испытаний и измерений в скважине и непосредственно сведений о добыче. Методы стратиграфического анализа и сравнения, комплексной оценки трещин и сейсмической инверсии и других методов горизонтального прогнозирования коллекторов и детальной оценки коллекторов, на основе петрофизического

изучения прекрасно решают задачи прогноза участков распространения благоприятных коллекторов с высокой пористостью, проницаемостью и трещиноватостью.

Тем не менее результаты интерпретации данных каротажа обеспечивают качественную поддержку при подсчете и переподсчете запасов, совершенствовании гидродинамической модели месторождения и определения наиболее оптимальной технологии разработки и добычи месторождения [2].

Сложность строения пород-коллекторов месторождения Жанажол, существующие проблемы добычи и некоторые ограничения аппаратных комплексов каротажа по точности требуют особого подхода к интерпретации данных ГИС. В данных исследованиях рассмотрены вопросы выявления трещиноватых зон на основании оценки физико-механических характеристик пласта, результаты подробного исследования продуктивных интервалов с использованием комплексного подхода, включающего изучение результатов специальных методов ГИС.

Цель исследований: Изучение методики обнаружения анизотропных (трещиноватых) интервалов, их локализации по разрезу, определения их физических свойств на основе использования специальной высокотехнологичной геофизической аппаратуры (HiTech) в южной части месторождения Жанажол.

Одним из специальных методов, которые проводятся на месторождении Жанажол, является кросс-дипольный акустический каротаж ХМАС. Кросс-дипольным он называется потому, что используются два одинаковых диполя с равными по величине и противоположными по направлению дипольными моментами, расположенными на некотором расстоянии друг от друга. Зонд ХМАС позволяет получать качественные данные скорости продольных, поперечных волн, волн Стоунли в рыхлых, низкоскоростных пластах, а также азимутальные измерения анизотропии.

Методика обнаружения анизотропных (трещиноватых) интервалов, их локализации по разрезу, определения их физических свойств основывается на измерении скоростей распространения и динамических характеристик продольных, обменных и разнополяризованных поперечных волн в различных направлениях в пространстве. В скважине возбуждаются гибкие низкочастотные волны (3-5 КHz). По-другому их называют волнами трещин, поскольку зарегистрировать их может прибор, который чувствителен только к трещинам, несимметричным оси скважины. Таким образом, прибором ХМАС в низкоскоростных породах можно получить точную информацию о поперечных волнах. Измерения прибором ХМАС производились в одной из скважин Жанажол Южный. Выполнена 2-х рядная запись (Subset3 и Subset6), получена достаточная информация для анализов механических характеристик пластов и дальнейших геологических и инженерных исследований.

Важным пунктом применения АК (ХМАС) является изучение механических характеристик пласта. С помощью продольной и поперечной волны, данных плотности промывочной жидкости и разреза скважины вычисляют динамические упругие параметры, которые являются важными основаниями для оценки механических свойств пород. При известном состоянии напряжения можно анализировать изменения породы и, наоборот.

Для обеспечения надежности интерпретации результаты обработки измерений акустического ХМАС представляются в виде 4-х комплексных диаграмм в масштабе 1:200. В стандартный пакет результатов измерений ХМАС входят: диаграмма анализа механических свойств пород, диаграмма амплитуды затухания волн, диаграмма отраженных волн Стоунли, диаграмма анизотропии.

На Рисунке 1 представлена диаграмма анализа механических свойств пород, по которой были определены коэффициент Пуассона (POIS), модуль сдвига (SMOD), модуль Юнга (YMOD), модуль объемной упругости (BMOD).

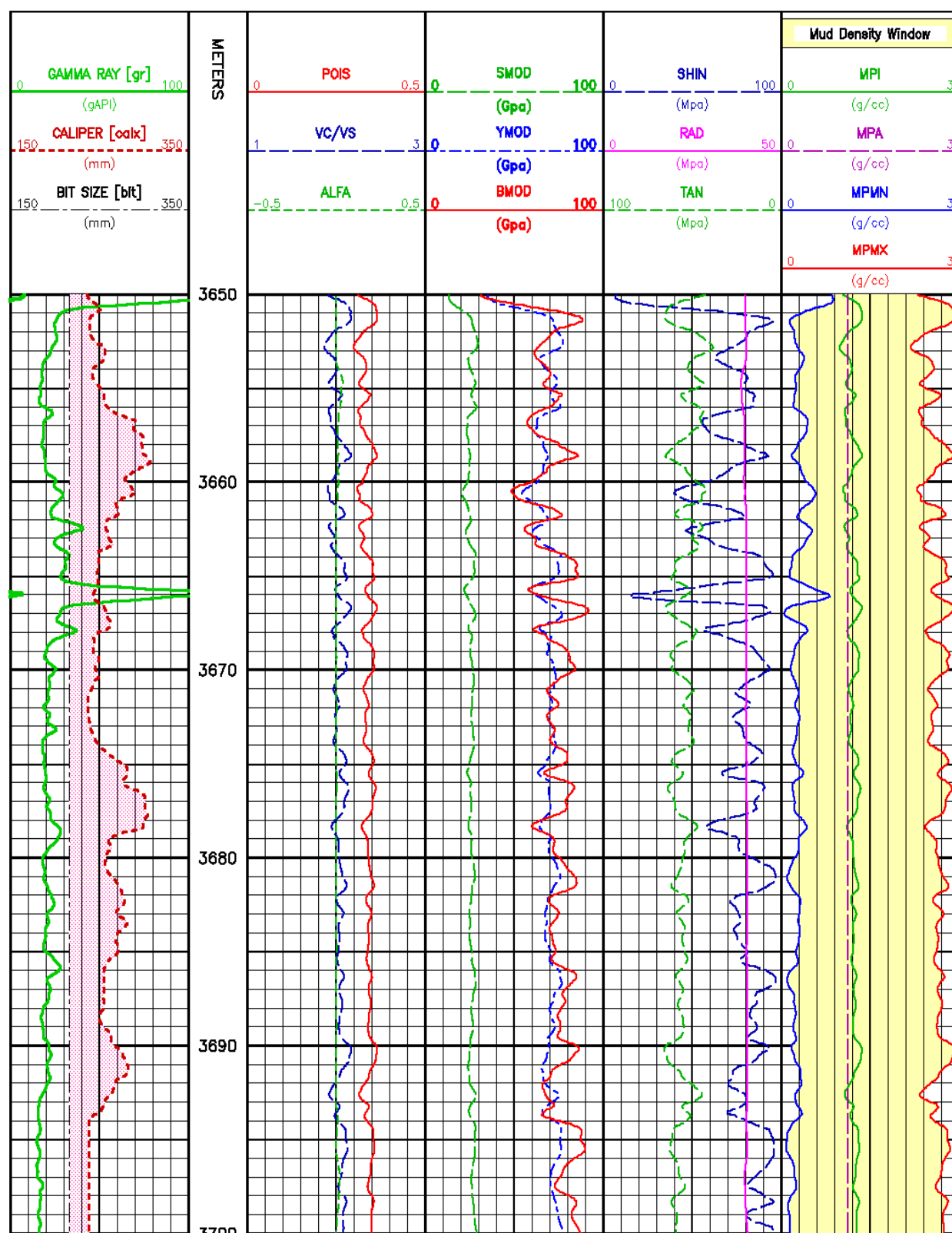


Рисунок 1. Диаграмма анализа механических свойств пород на скважине Жанажол Южный

Таблица-1. Для лучшего понимания диаграмм дадим расшировку полей

№ поля	Название диаграмм	Примечание
1	2	3
1	кривые ГК, кавернограмма, номинальный диаметр	
2	колонка глубин	
3	механические параметры акустических волн:	
	коэффициент Пуассона	характеризует отношение относительного поперечного сжатия к относительному продольному растяжению.
	отношение скорости продольной к скорости поперечной волн (VC/VS)	
	множитель сжатия (ALFA)	
4	модуль сдвига	характеризует способность тел сопротивляться изменению формы при сохранении их объема
	модуль Юнга	характеризует способность тел сопротивляться деформации сжатия или растяжения (чем больше модуль Юнга, тем труднее сжатие или растяжение); модуль объемной упругости, характеризующий сопротивление линейно деформируемого тела изменению его объема под действием гидростатического давления
5	Расчетные кривые напряжений	
	начальное касательное напряжение SHIN	
	радиальное напряжение RAD	
	тангенсальное напряжение TAN	
6	Информация о плотности раствора	
	реальная плотность раствора МРА	жёлтым цветом показаны интервалы, в пределах которых обеспечивается предотвращение обвалов и разрывов
	минимальная плотность раствора МРМН	
	максимальная плотность раствора МРМХ	
	идеальная плотность раствора (расчетная) МРІ	

На Рисунках 2-4 представлены диаграммы амплитуды затухания, отраженных волн Стоунли и диаграмма анизотропии. Расшировку полей этих диаграммы дадим в общей таблице.

Таблица-2. Для лучшего понимания диаграмм дадим расшировку полей

№ поля	Название диаграммы
Диаграмма амплитуды затухания волн	
1	кривые ГК, кавернограмма, размер долота
2	колонка глубин
3	DTC – продольная волна. DTS – поперечная волна; DTST – волна Стоунли
4	амплитуда продольной волны: представлена форма колебаний продольной волны с восьми (AMPC 1-8) приемных датчиков
5	амплитуда поперечной волны: форма колебаний поперечной волны с восьми (AMS 1-8) приемных датчиков
6	амплитуда волны Стоунли: представлена форма колебаний волны Стоунли с восьми (AMPST 1-8) приемных датчиков
7-9	P Wave Attenuation – затухание продольных волн, S Wave Attenuation – затухание поперечных волн, ST Wave Attenuation – затухание Стоунли волн
Диаграмма отраженных волн Стоунли	
1	кривые ГК, кавернограмма, размер долота
2	колонка глубин
3	интервальное время пробега продольных волн (DTC), интервальное время пробега поперечных волн (DTS), интервальное время пробега волн Стоунли (DTST)
4	волновой пакет (tfwv01: 200-8000мкс/м).
5	REFL0 - исходные коэффициенты отражения, REFL- коэффициенты отражения после обработки, VC/VS – отношение скоростей продольных и поперечных волн.

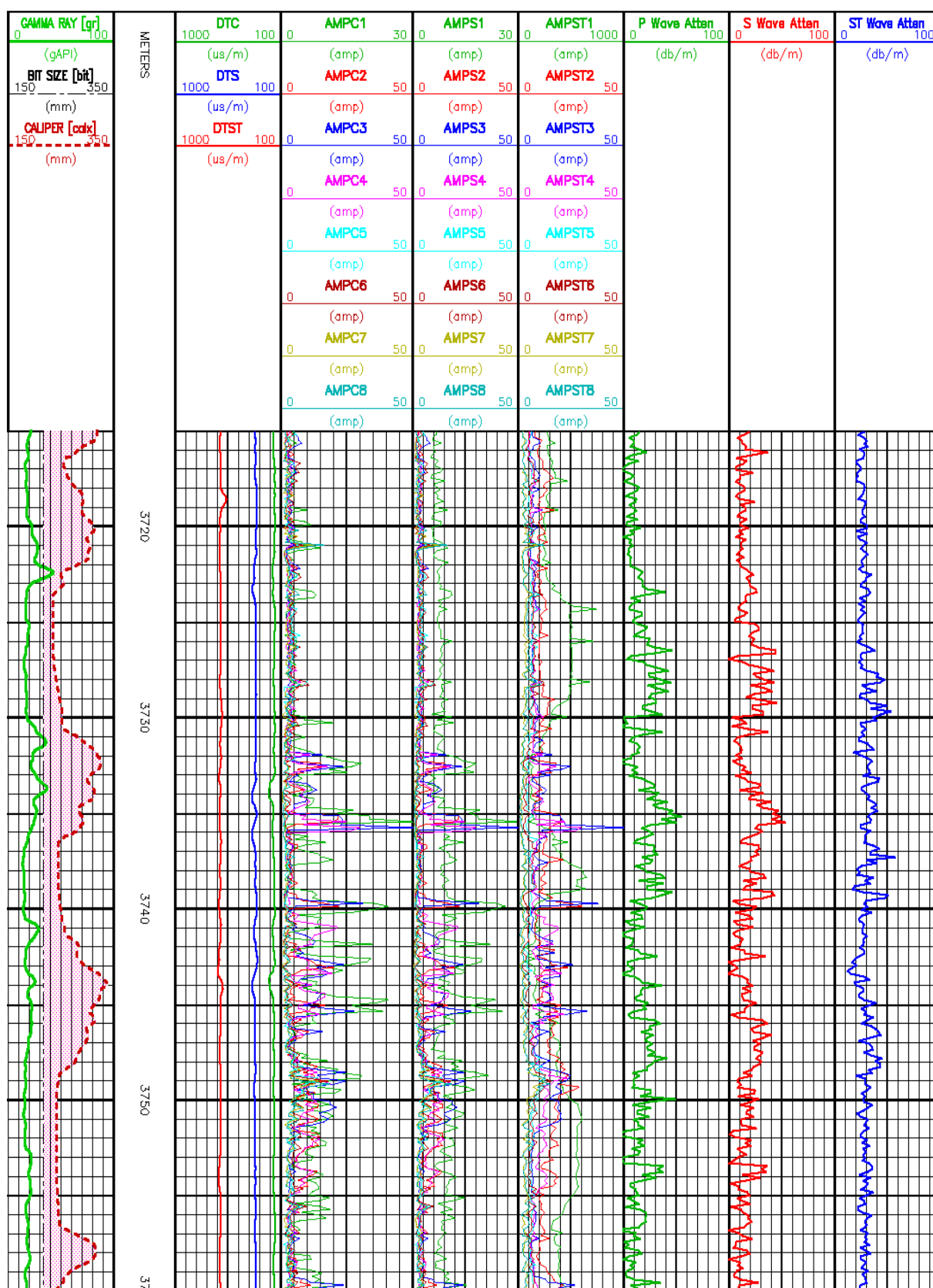


Рисунок 2. Диаграмма амплитуды затухания волн на скважине Жанажол Южный

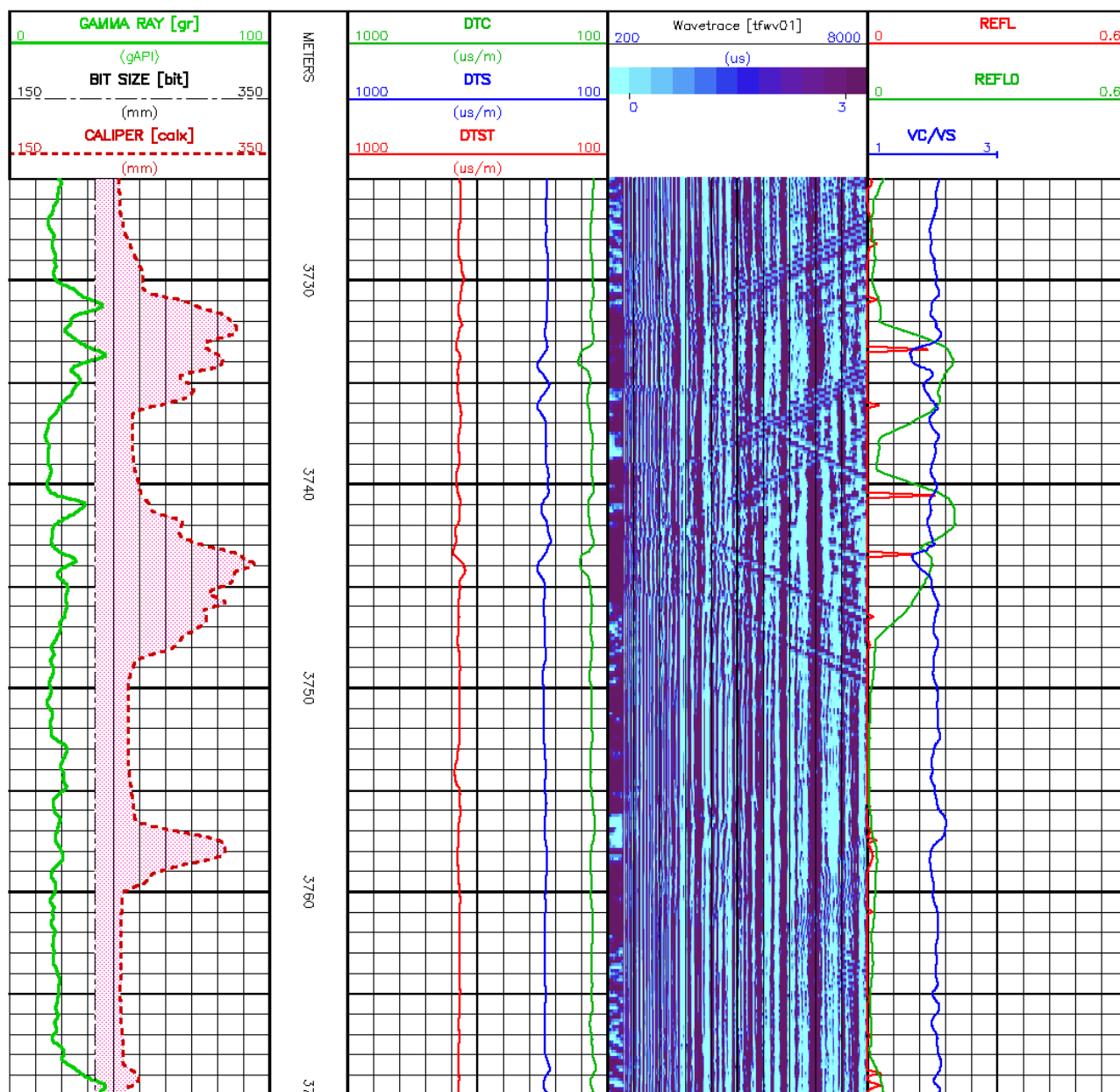


Рисунок 3. Диаграмма отраженных волн Стоунли на скважине Жанажол Южный

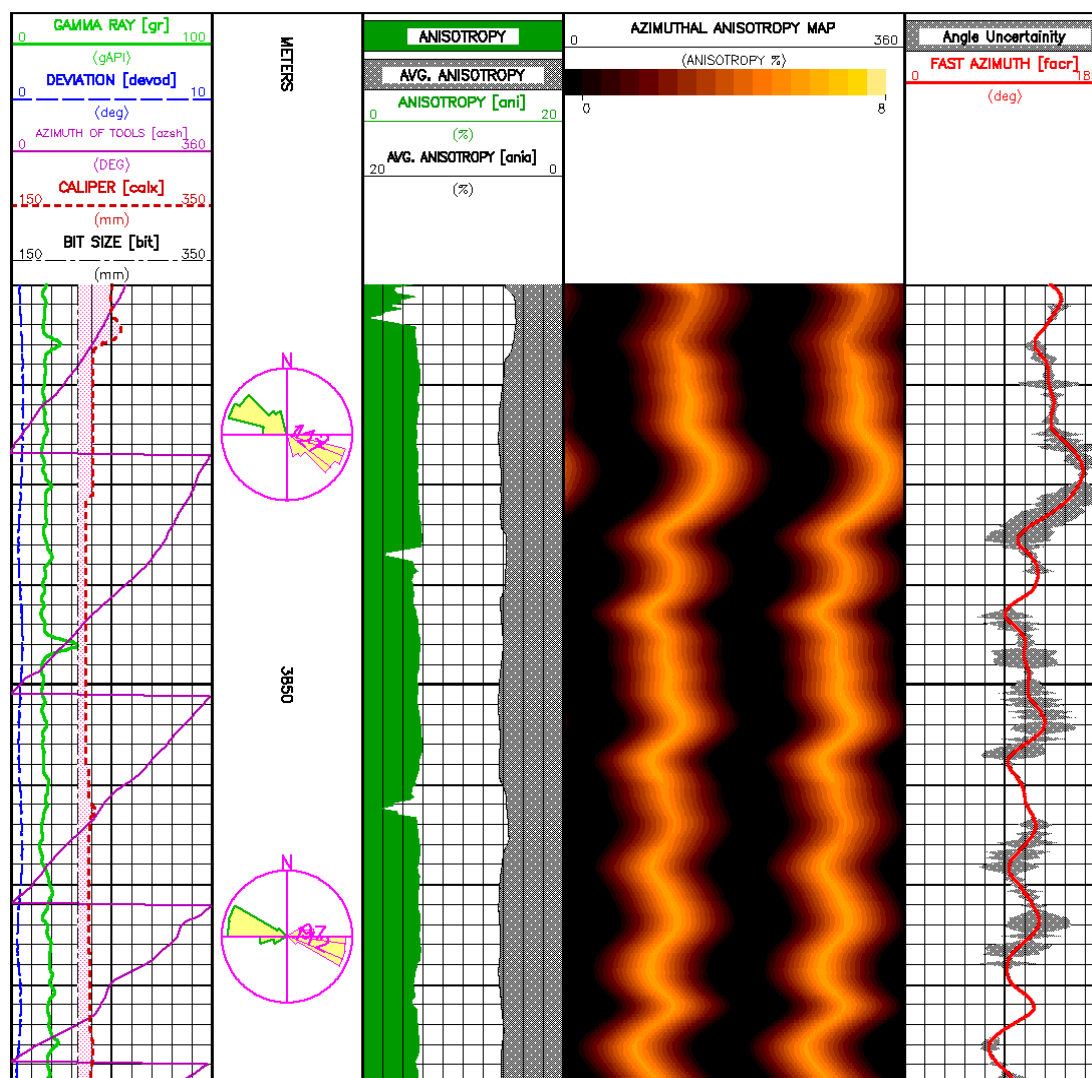


Рисунок 4. Диаграмма анизотропии пород на скважине Жанажол Южный

Таблица-3. Расшифровка полей диаграммы анизотропии следующая

№ поля	Название диаграммы
Диаграмма амплитуды затухания волн	
1	кривые ГК, кавернограмма, размер долота, азимут положения прибора на точке измерения-azsh, угол наклона скважины-devod
2	колонка глубин, статистические диаграммы – роза Шмидта азимута напряжения пород
3	кривая анизотропии в процентах - разницы времени (ΔT) прихода быстрых и медленных волн (ani-зелёная сплошная линия), среднее время прихода поперечной волны от источника к приемнику (ania-чёрная сплошная линия).
4	поле изображения анизотропности (AZIMUTHAL ANISOTROPY MAP), которое развёрнуто по 0°-360° от чёрного до светло-желтого цвета - разделено на 18 цветовых классов для градуировки изображения. Интенсивность отображает степень анизотропности волн: интенсивность закрашки увеличивается с понижением степени анизотропии.
5	азимут быстрой волны (красная сплошная линия - factr), заштрихованная черным цветом часть (доверительный интервал – наиболее вероятный диапазон изменения наблюдений случайной величины) отражает неточность вычисленного азимута из-за низкого значения анизотропности или неудовлетворительных скважинных условий.

Анализ диаграммы отношения скоростей продольной и поперечной волн дал возможность определения литологической характеристики горных пород, слагающих разрез скважины. Так, песчаник был охарактеризован по интервальному времени пробега волн 55.5 ft/m при величине отношения интервального времени пробега продольной волны и поперечной волн (SCRAP) 1.58~1.70. Для известняка эти величины составили: интервальное время пробега 155 ft/m; SCRAP=1.9. Доломит: интервальное время пробега 143 ft/m; SCRAP= 1.8. Таким образом, мы видим, что доломитизация известняка приводит к понижению SCRAP с 1.9 до 1.8. Если проанализировать данные SCRAP по гистограмме распределения исследованного интервала, то можно сделать вывод, что карбонатные отложения разреза представлены известняками, известняками доломитистыми, местами встречаются прослои аргиллитов (Рисунок 5).

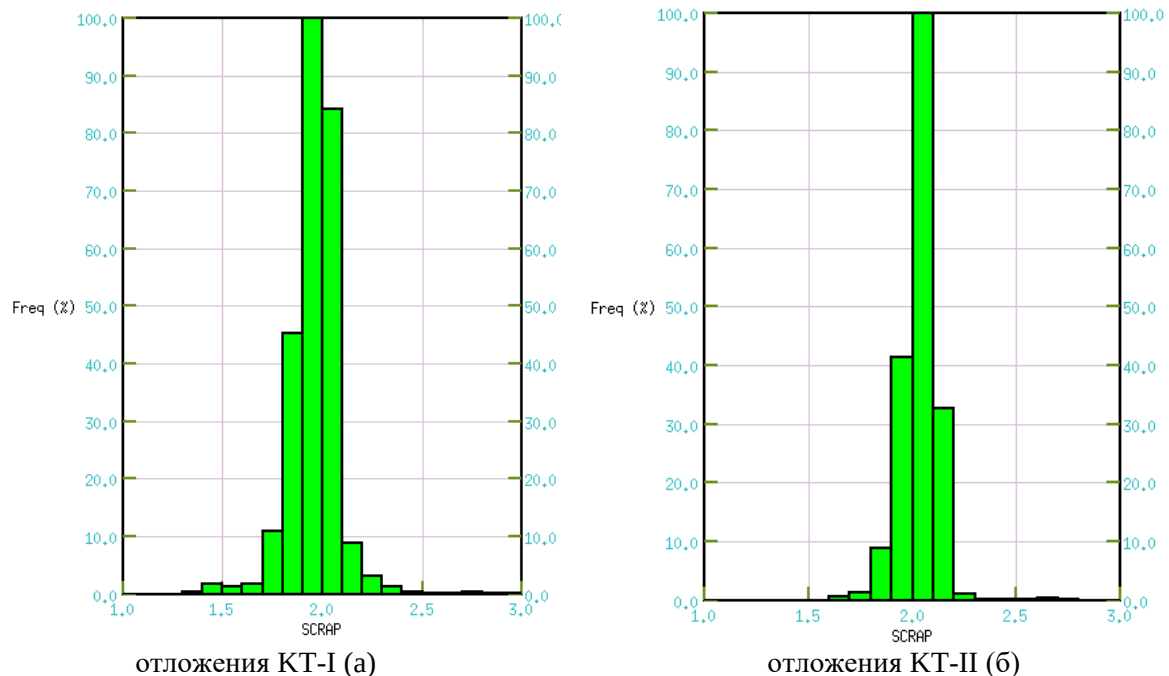


Рисунок 5. Гистограмма распределения величины SCRAP, скв. Т-1

По гистограмме величина SCRAP для KT-I 1.361~2.720, среднее значение 1.97; для KT-II 1.663~2.221, среднее значение 2.03.

Коэффициент Пуассона по измерениям ХМАС рассчитывался по формуле:

$$POIS = (\Delta r/r)/(\Delta l/l) = [(\Delta ts/\Delta tc)^2/2 - 1]/[(\Delta ts/\Delta tc)^2 - 2], \quad (1)$$

где Δtc – интервальное время пробега продольной волны; Δts – интервальное время пробега поперечной волны.

Коэффициент Пуассона показывает зависимость между продольными и поперечными деформациями элемента при сдвиге, его величина колеблется от 0 до 0,5. Чем больше коэффициент Пуассона, тем больше деформация пород. Анализ распределения значений коэффициента Пуассона внутри пластов-коллекторов месторождения Жанажол Южный (Рисунок 6) показывает, что величина коэффициента Пуассона для KT-I составляет 0.014~0.474, при среднем значении в интервале исследования – 0.321; для KT-II 0.022~0.373, среднее значение в области 0.339.

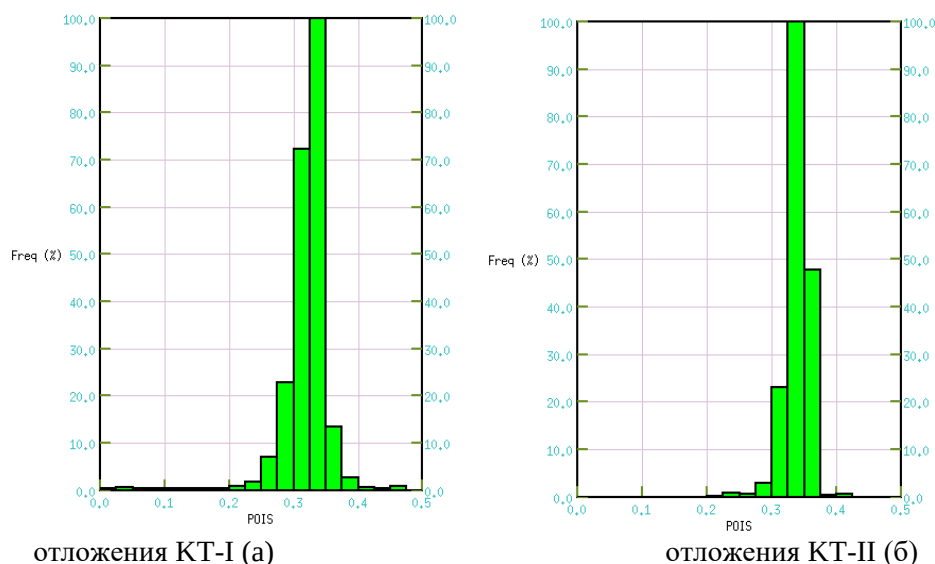


Рисунок 6. Гистограмма распределения коэффициента Пуассона на скважине месторождения Жанажол Южный

Способность тел сопротивляться деформации сжатия или растяжения характеризует модуль Юнга, который напрямую зависит от жесткости материала. Чем больше модуль Юнга, тем труднее сжатие или растяжение.

Модуль Юнга используют при определении ширины трещин и мощности воздействия жидкости при гидроразрыве пласта. Ширина трещин обратно пропорциональна модулю Юнга.

$$YMOD = (F * L) / (A * \Delta L) = \left(\frac{\rho_b}{\Delta t_s} * ((3 * SCRAP^2 - 4) / (SCRAP^2 - 1)) \right), \quad (2)$$

где $SCRAP = \Delta t_s / \Delta t_c$; ρ_b – объемная плотность; Δt_c – интервальное время пробега продольной волны; Δt_s – интервальное время пробега поперечной волны. Гистограмма распределения модуля Юнга данного разреза представлена на Рисунке 7. Анализ рисунка показывает, что для KT-I величина модуля Юнга составляет 12~99 ГПа при среднем значении 64 ГПа. Для KT-II – 18~83 ГПа, среднее значение 67 ГПа.

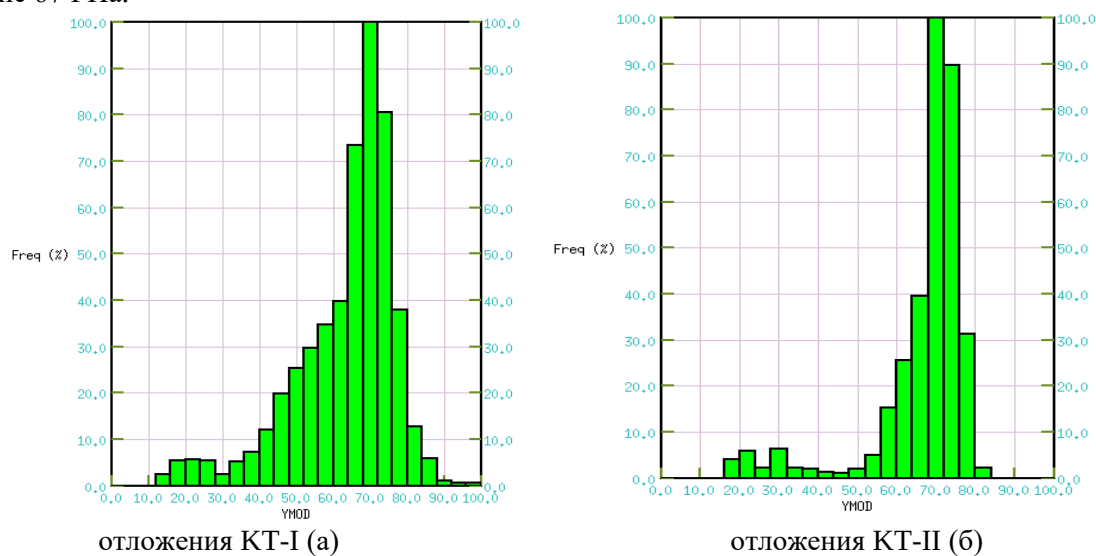


Рисунок 7. Гистограмма распределения модуля Юнга на скважине месторождения Жанажол Южный

Еще одна характеристика, позволяющая по измерениям ХМАС оценить напряженно-деформационные состояния сред, называется модулем объемной упругости, определяемым по формуле (3)

$$BMOD = (F / A) / (\Delta V / V) = \rho_b * \left(\frac{1}{\Delta t_c^2} - \frac{4}{3 * \Delta t_s^2} \right), \quad (3)$$

где ρ_b – объемная плотность породы, Δt_c – интервальное время пробега продольной волны, Δt_s – интервальное время пробега поперечной волны. Этот параметр характеризует способность вещества сопротивляться всестороннему сжатию и определяет связь между относительным изменением объема тела и вызвавшим это изменение давлением. Увеличение модуля объемной упругости является признаком повышенного значения пористости. На Рисунке 8 мы видим гистограмму распределения модуля объемной упругости, анализ которой показывает, что BMOD для КТ-I изменяется в интервале 7~100 ГПа при среднем значении 61 ГПа, для КТ-II эти величины составляют соответственно 16~97 ГПа и 71 ГПа.

Теперь остановимся на практическом применении расчетов, выполненных по измерениям ХМАС.

Анализ устойчивости стенок скважины. При вскрытии пласта нарушается состояние равновесия пласта, возникают трещины. Возникновение обвалов и разрывов пластов зависит от состояния напряжения и собственной деформации. Очевидно, что для регулирования механического состояния большое значение имеет плотность раствора. Зная механические характеристики пород, определение минимального и максимального значения плотности промывочной жидкости не представляет трудности. Идеальная плотность должна быть в таких пределах: выше градиента давления, но ниже давления разрыва. Этот предел называется безопасным окном, в котором выбирается плотность раствора, обеспечивающая предотвращение обвалов стенок скважины и разрывов пластов.

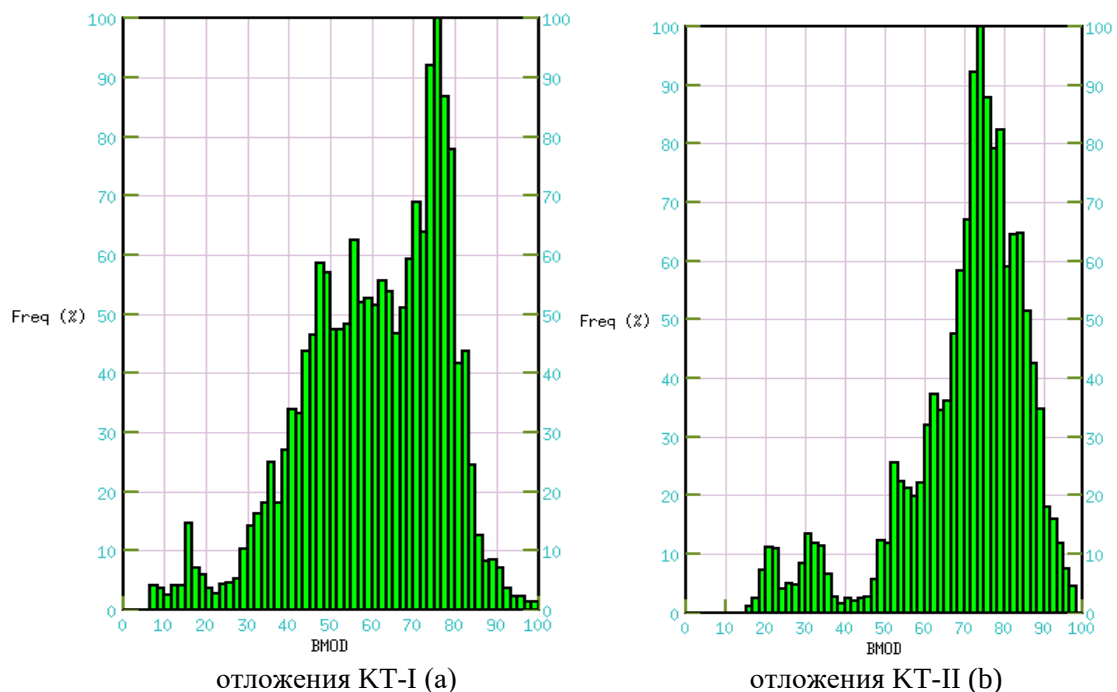


Рисунок 8. Гистограмма распределения модуля объемной упругости на скважине месторождения Жанажол Южный

На Рисунке 9 представлены гистограммы распределения удельного веса раствора, определенного по данным АК (ХМАС).

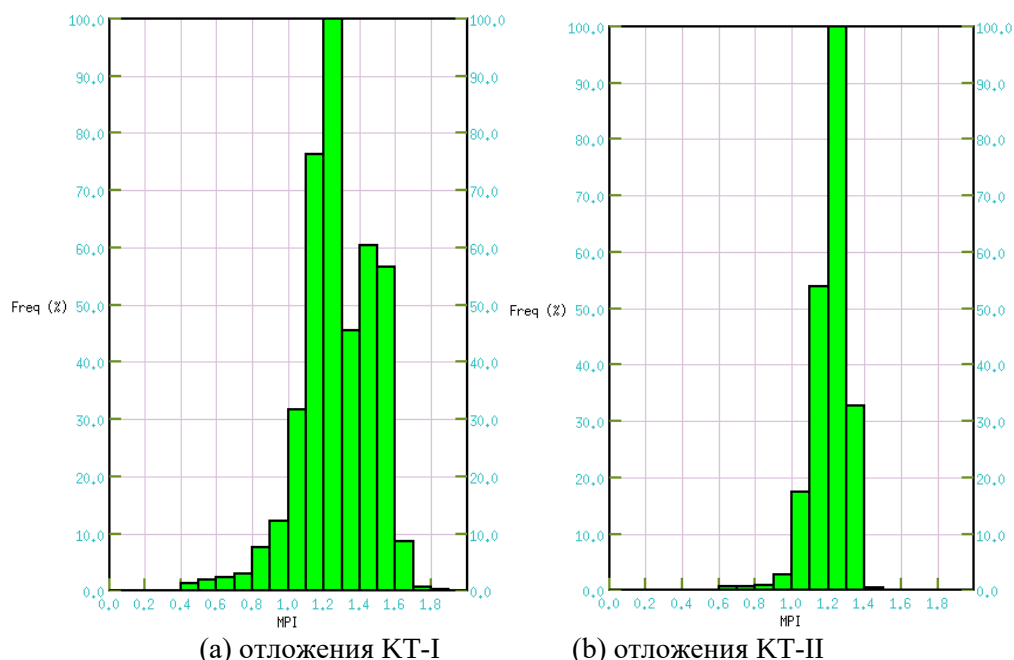


Рисунок 9. Анализ удельного веса раствора скважины месторождения Южный Жанажол

Согласно представленной гистограмме идеальный удельный вес раствора для отложений KT-I составляет 1.21 г/см^3 . Учитывая инженерные погрешности, рекомендуется добавлять дополнительные 0.1 г/см^3 запаса прочности. Таким образом, при бурении безопасное окно плотности раствора для KT-I составляет $1.11\text{-}1.31 \text{ г/см}^3$; для KT-II идеальный удельный вес раствора 1.20 г/см^3 . Учитывая рекомендуемый 0.1 г/см^3 запаса прочности, при бурении безопасное окно плотности раствора составляет $1.10\text{-}1.30 \text{ г/см}^3$.

Защита продуктивных пластов является главной задачей в обеспечении качества бурения. При увеличении плотности раствора больше оптимальной произойдет формирование глубокой зоны кольматации или разрыв пласта. Снижение плотности может привести к выбросоопасной ситуации.

На диаграмме анализа механических свойств пород видно, что действительная плотность раствора находится в безопасном окне. Фактическая плотность раствора равна 1.21 г/см^3 , что почти соответствует идеальной (расчетной) (для KT-I расчетная плотность составляет около 1.12 г/см^3 и для KT-II – 1.20 г/см^3). Учитывая диаметр долота и фактический диаметр скважины по разрезу можно сделать заключение, что действительная плотность раствора соответствует механическим свойствам разреза – размывы ствола скважины незначительны.

Анализ трещин. Одной из важнейших задач исследований прибором ХМАС является обнаружение и оценка по разрезу и по площади трещиноватых, ослабленных блоков и зон, оценка фильтрационно-емкостных свойств трещинных коллекторов различного генезиса в породах разного литологического состава.

О структуре порово-трещинного пространства (наличие или отсутствие пор, каверн или трещин, их количество в единице объема, эффективная пористость, проницаемость и т.д.) и ориентации преобладающей системы трещин в данной породе можно судить по параметрам анизотропии.

В интервалах интенсивного развития трещин пропорционально растет интервальное время пробега упругой волны – DT. В интервалах развития трещин с малыми углами падения и при наличии трещин с углами падения близких к вертикальным, энергия S-волны (поперечной) заметно снижается. Снижение энергии P-волны (продольной) незначительно. В интервалах интенсивного развития беспорядочных, взаимно пересекающихся трещин снижение амплитуды P-волны намного интенсивнее снижения амплитуды S-волны.

По сравнению с другими видами имиджеров прибор ХМАС отличается более глубоким радиусом исследования, что дает возможность определения открытых трещин, место их расположения, проницаемости.

Наличие трещин определяется из анализа волн Стоунли. С увеличением частоты волны Стоунли, рассеиваясь, переходят в поверхностные волны и распространяются по направлению стенок скважины. При встрече с открытыми трещинами волны Стоунли теряют энергию. Причем потеря энергии волн Стоунли в интервалах открытых трещин по сравнению с потерей энергии PS-волн весьма заметна. Это замечание справедливо для скважинных условий при отсутствии глинистой корки.

При пересечении направления трещин с направлением напластования пород и направлением ствола скважины, флюиды, насыщающие породу и буровой раствор, смешиваясь, ослабляют энергию волн Стоунли. На границе «порода-трещина» волна Стоунли отражается, и энергия отраженной волны зависит от величины трещины и вещества, заполняющего трещину.

В интервалах трещин волновой пакет состоит из 3-х видов волн: DWVTR, RWVTR, RWVRT, где DWVTR – прямые волны, RWVTR – восходящие отраженные волны, RWVRT – нисходящие волны. Отношение энергий прямых DWVTR и отраженных волн (RWVTR, RWVRT) характеризуют так называемый коэффициент отражения волн Стоунли. Чем больше коэффициент отражения, тем лучше фильтрационные свойства породы.

Точка пересечения прямой (DWVTR) и отраженной нисходящей волны (RWVRT) является аномальной точкой (абнорнормальной). Отраженные от стенок скважины волны Стоунли на диаграмме отображаются в виде латинской буква V. Форма V-образных отраженных волн связана не только с границей литологических разностей и наличием открытых трещин в породе, но и с разрывом стенок скважины. Поэтому при обработке данных ХМАС должен рассматриваться объем всего комплекса исследований, проведенных в данной скважине: детальный комплекс ГИС, комплекс геолого-технологических исследований и других.

Интервалы трещин можно выделять и по кривой коэффициента отражения высокочастотных волн (кривая REFL) по характерному пику (гребню). Высота пика аномалии пропорциональна коэффициенту отражения. Ширина основания пика отображает место расположения трещины с точностью в 1 м.

В условиях южной части месторождения Жанажол породы КТ-I представлены различными литологическими разностями: известняки, известняки доломитовые, аргиллиты. В интервалах 2865-2872, 2910-2915, 2931-2937, 2959-2968, 2978-2992, 3190-3210 м коэффициенты отражения волн высокие. В данных интервалах формы V-образных отраженных волн Стоунли достаточно четкие, характеризуются высокими коэффициентами отражения, наблюдается очевидное ослабление энергии волн. Совместный анализ данных волнового пакета ХМАС с данными результатов интерпретации стандартных методов ГИС дает возможность сделать заключение, что вероятностное развитие трещин наблюдается в интервалах 2865-2872, 2931-2937, 2978-2992 м.

В интервалах 2910-2915, 2959-2968, 3190-3210 м коэффициент отражения волн четкий; просматривается V-образная форма отраженных волн Стоунли, коэффициенты отражения незначительны. В данных интервалах ослабление энергии волн, вероятно, связано с наличием контактов литологических разностей и геометрией скважины.

Породы КТ-II представлены известняками с незначительным содержанием глин. Интервалы 3652-3665, 3708-3725, 3732-3736, 3739-3748, 3786-3791, 3831-3837, 3846-3852, 3881-3886, 3891-3896 м характеризуются высокими коэффициентами отражения. В данных интервалах форма V-образных отраженных волн Стоунли достаточно четкие, характеризуется высокими коэффициентами отражения, наблюдается очевидное ослабление энергии волн. Из них интервалы 3652-3665, 3732-3736, 3739-3748, 3786-3791, 3881-3886, 3891-3896 м вероятного развития трещин. Ослабление энергии отраженных волн Стоунли в интервалах 3708-3725, 3831-3837, 3846-3852 м связаны с границами напластований и геометрией скважины.

В пределах КТ-I и КТ-II наблюдается слабое развитие трещин.

Анализ анизотропии. Анизотропность – это различие свойств среды (механических, оптических, тепловых, электрических, магнитных и пр.) в различных направлениях. Анизотропия разреза, как правило, может быть связана с тонкослоистостью, глинистостью или трещиноватостью пород. Трещиноватость горных пород в поле естественных напряжений приводит к существованию анизотропии геологических свойств и, следовательно, к анизотропии их упругих свойств.

В анизотропной среде скорость распространения поперечной S волны различна в различных направлениях. Наибольшей скоростью обладают S волны в направлении параллельном направлению

напряжения. Это быстрые S волны – fast mode. Волны, обладающие самой низкой скоростью, называются медленными волнами.

Программное обеспечение интерпретации данных ХМАС позволяет производить расчет скоростей быстрых и медленных волн во всех направлениях. Разрешающая способность анализа ΔT , выраженной в %, составляет 2.5ft по вертикали, степени анизотропии в % 10f, что позволяет оценить наиболее вероятное направление наибольшего напряжения пород по диаграмме анализа анизотропии.

Максимальная скорость в направлении, параллельном направлению напряжения отображена на диаграмме светлыми тонами. В интервалах развития трещин энергия прямых волн, S-волн, волн Стоунли понижается и теряет четкость. Интенсивность закрашки увеличивается с понижением анизотропии.

Рассматривая в комплексе материалы ГИС стандартных методов, данные геолого-технологических исследований, результаты интерпретации акустического каротажа (CBIL) и данные ХМАС установлено, что карбонатные отложения КТ-I представлены известняками, известняками доломитовыми; в основном, плотными, характеризующимися высокой прочностью на растяжение и сдвиг. Имеются прослои аргиллитов. Имеют место незначительные размывы.

КТ-II сложен известняками. В интервале обработки ствол скважины устойчив, размывов нет.

В отложениях КТ-I, КТ-II развитие трещин незначительно. Выявленная пористость носит сингенетический и, вероятно, местами эпигенетический характер. Проведенный анализ анизотропии позволяет установить текущее напряжение пород. В интервалах анализа направление быстрых поперечных волн устойчиво. По анализу диаграммы анизотропии направление напряжения в интервалах анализа постоянно и направление наибольшего горизонтального стресса в КТ-I: СЗ-ЮВ, КТ-II: СЗ-ЮВ

Учитывая вышеописанный анализ разреза скважины месторождения Жанажол Южный можно сделать следующие выводы:

1. При бурении безопасное окно плотности раствора составляет 1.11-1.31 г/см³; для КТ-II идеальный удельный вес раствора 1.20 г/см³. Учитывая рекомендуемый 0.1 г/см³ запаса прочности, при бурении безопасное окно плотности раствора составляет 1.10-1.30 г/см³;

2. Вероятностное развитие трещин в КТ-I наблюдается в интервалах 2865-2872, 2931-2937, 2978-2992 м., в КТ-II – интервалы 3652-3665, 3732-3736, 3739-3748, 3786-3791, 3881-3886, 3891-3896 м;

3. “V”-образная форма отраженных волн Стоунли с незначительными величинами коэффициентов отражения, вероятно, связаны с границами литологических разностей и геометрией скважины.

4. Результаты акустического ХМАС показывают слабое развитие трещин в интервалах КТ-I и КТ-II;

5. Проведенный анализ анизотропии показывает, что в коллекторах месторождения Южный Жанажол направление быстрых поперечных волн устойчиво. По анализу диаграммы анизотропии направление напряжения в интервалах анализа постоянно и направление наибольшего горизонтального стресса в КТ-I: СЗ-ЮВ, КТ-II – СЗ-ЮВ.

Таким образом, мы видим, что кросс-дипольный каротаж дает возможность рассчитывать интервальные времена продольной, поперечной и Стоунли волн; определять азимутальную анизотропию поперечной волны; рассчитывать динамико-механические свойства горных пород; определять пористости, литологию и проницаемость горных пород; прогнозировать направление естественных трещин.

Применение комплекса акустического ХМАС позволит в карбонатном разрезе повысить информативность стандартного комплекса при выделении коллекторов и снизить риски пропуска проницаемых интервалов; спрогнозировать направление, высоту и азимут развития трещин [3].

Полученные данные комплексом Hi-Tech помогут в подборе наиболее оптимальной схемы разработки залежей с целью повышения коэффициента извлечения нефти.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ганиев Ш. Р., Лысенков А. В. О классификации карбонатных коллекторов и ее значении при выборе системы воздействия на нефтяные пласты. УФА, УГНТУ, 2020
- [2] Благоевич М. Применение специальных методов каротажа при изучении палеозойских отложений. Журнал «ПРОнефть», 2016
- [3] Интернет –ресурс: <https://www.bngf.ru/services/255/>
- [4] Технология испытания скважин месторождения Жанажол. РД 39-34-795-84. М: МНП. ВНИИКРнефть; ВНИИ; ВНИИТБ 1984г.
- [5] Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности г.Алматы 1995 г.
- [6] «Справочная книга по добыче нефти» Ш.К. Гиматудинов –1974г.
- [7] Научно-технический обзор ВНИИЭгазпром. Сер. Разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений- 1981 г.
- [8] А.И. Гриценко, Р.М. Тер-Саркисс и др. Методы повышения продуктивности газоконденсатных скважин М.; ОАО издательство «Недра»; 1997 г.
- [9] Щуров В.И. Техника и технология добычи нефти. М. 1983 г.
- [10] Технология испытания скважин месторождения Жанажол. РД 39-34-795-84. М: МНП. ВНИИКРнефть; ВНИИ; ВНИИТБ 1984г.
- [11] Семенов Ю.В., Войтенко В.С., Обморишев К.М. и др. Испытание нефтегазоразведочных скважин в колонне.
- [12] Инструкция по безопасному ведению работ при разведке и разработке нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений с высоким содержанием сероводорода и других вредных и агрессивных веществ»- 1982г. Утверждена Госгортехнадзором и постановлением коллегии №16 от 17.06.82г.
- [13] Система противofонтанной безопасности при строительстве , эксплуатации и капитальном ремонте скважин на предприятиях ОАО «Актөбөмұнайгаз»г.Атырау-1998г.

REFERENCES

- [1] Ganiev Sh. R., Lysenkov A. V. O klassifikatsii karbonatnykh kolektorov i ee znachenii pri vybore sistemy vozddeistviya na neftyanye plasty. UFA, UGNTU, 2020
- [2] Blagoevich M. Primenenie spetsial'nykh metodov karotazha pri izuchenii paleozoiskikh otlozhenii. Zhurnal «PROneft'», 2016
- [3] Internet –resurs <https://www.bngf.ru/services/255/>
- [4] Tekhnologiya ispytaniya skvazhin mestorozhdeniya Zhanazhol. RD 39-34-795-84. M: MNP. VNIIRneft'; VNII; VNIITB 1984g.
- [5] Pravila bezopasnosti v neftyanoi i gazovoi promyshlennosti g.Almaty 1995 g.
- [6] «Spravochnaya kniga po dobyche nefi» Sh.K. Gimatudinov –1974g.
- [7] Nauchno-tekhnicheskii obzor VNIIEgazprom. Ser. Razrabotka i ekspluatatsiya gazovykh i gazokondensatnykh mestorozhdenii- 1981 g.
- [8] A.I. Gritsenko, R.M. Ter-Sarkiss i dr. Metody povysheniya produktivnosti gazokondensatnykh skvazhin M.; ОАО izdatel'stvo «Nedra»; 1997 g.
- [9] Shchurov V.I. Tekhnika i tekhnologiya dobychi nefi. M. 1983 g.
- [10] Tekhnologiya ispytaniya skvazhin mestorozhdeniya Zhanazhol. RD 39-34-795-84. M: MNP. VNIIRneft'; VNII; VNIITB 1984g.
- [11] Semenov Yu.V., Voitenko V.S., Obmoryshev K.M. i dr. Ispytanie neftegazorazvedochnykh skvazhin v kolonne.
- [12] Instruksiya po bezopasnomu vedeniyu rabot pri razvedke i razrabotke neftyanykh, gazovykh i gazokondensatnykh mestorozhdenii s vysokim soderzhaniem serovodoroda i drugikh vrednykh i agressivnykh veshchestv»- 1982g. Utverzhdena Gosgortekhnadzorom i postanovleniem kollegii №16 ot 17.06.82g.
- [13] Sistema protivofontannoi bezopasnosti pri stroitel'stve , ekspluatatsii i kapital'nom remonte skvazhin na predpriyatiyakh ОАО «Aktobemunaigaz»г.Атырау-1998г.

Г.К. Умирова, Ә.О. Сүлейменов*
Satbayev University, Алматы, Қазақстан
*e-mail: Ali--1998@mail.ru

**ЖАҢАЖОЛ ОҢТҮСТІК БӨЛІГІНІҢ МЫСАЛЫНДА МЕХАНИКАЛЫҚ СИПАТТАРДЫ,
АНИЗОТРОПИЯНЫ ЖӘНЕ ТАУЖЫНЫСТАРДЫҢ ЖАРЫҚШАҚТЫЛЫҒЫН ТАЛДАУДА АРНАЙЫ
ЖОҒАРЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ЖАБДЫҚТЫ (НІТЕСН) ПАЙДАЛАНУ**

Андатпа. Жұмыс ұңғымаларды каротаждаудың жаңа заманауи әдістерін (ұңғымаларды геофизикалық зерттеу) қолдана отырып, карбонатты жыныстардың қабаттық қасиеттерін анықтауға арналған. Резервуарлық жыныстардың физикалық-механикалық қасиеттерін (ФМС), каверноздылық пен сынудың байланысты жыныстардың акустикалық анизотропиясын, сондай-ақ тау жыныстарының өткізгіштігін анықтайтын негізгі тәсілдер, сонымен қатар кен орнының өнімділігінің сипаттамалары, негізгі қасиеттері өнімді қабаттарға қаныққан түзілімдер, сұйықтықтар мен газдар көрсетілген. Жұмыстың өзектілігі Жаңажол Оңтүстік кен орнының сынған-кавернозды және сынған карбонатты жыныстарындағы қойма қасиеттерін каротаждың жаңа әдістерін қолдана отырып анықтауға байланысты. Ұңғымаларды каротаждаудың ұсынылған заманауи әдістерін қолдану күрделі карбонат шөгінділерінің параметрлері мен қабаттарының қасиеттерін (коллекторлық қасиеттерін) дәлірек анықтауға мүмкіндік беретіндігін ерекше атап өткен жөн.

Негізгі сөздер: карбонатты коллекторлар, коллектордың қасиеттері, резервуардың сынуы, су қоймасының физикалық-механикалық сипаттамалары, Жаңажол кен орнының оңтүстік бөлігі.

G.K. Umirova, A.O. Suleimenov*
Satbayev University, Almaty, Kazakhstan
*e-mail: Ali--1998@mail.ru

**USE OF SPECIAL HIGH-TECHNOLOGY GEOPHYSICAL EQUIPMENT (HITECH) IN ANALYSIS OF
MECHANICAL CHARACTERISTICS, ANISOTROPY AND ROCK FUNCTIONS IN THE EXAMPLE OF
THE SOUTHERN PART OF THE ZHANAZHOL**

Abstract: The work is devoted to the determination of reservoir properties of carbonate rocks, using new modern GIW methods (geophysical investigations of wells). The main approaches that determine the physical and mechanical properties (PHMP) of reservoir rocks, the acoustic anisotropy of rocks associated with cavernosity and fracturing, as well as the permeability of rocks, as well as the characteristics of field productivity, the main properties of formations, liquids and gases saturating productive horizons are specified. The relevance of the work is due to the determination of reservoir properties in fractured-cavernous and fractured carbonate rocks of the "Zhanazhol Yuzhny" deposit using new GIW methods. It should be emphasized that the use of the recommended modern GIW methods makes it possible to more accurately determine the parameters and reservoir properties (FCP) of complex carbonate deposits.

Keywords: carbonate reservoirs, filtration-capacitance properties, fracturing of the reservoir, physical and mechanical characteristics of the formation, the southern part of the "Zhanazhol" deposit.

А.А. Жәми*, А. Сазанбаева, Г.К. Жангулова

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: asylan.zhami@gmail.com

АВТОКӨЛІК ЖОЛ ТӨСЕМДЕРІНІҢ БИІКТІК ЖАҒДАЙЫНЫҢ ДӘЛДІГІН ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ТҮРҒЫДАН ЕСЕПТЕУ ЖҰМЫСТАРЫ

Аңдатпа. Қазіргі кезде автокөлік жолдарының құрылысы барысында жол сапасының негізгі көрсеткіштерінің бірі биіктік жағдайының дәлдігін геодезиялық есептеу болып табылады. Автокөлік жол төсемдерінің құрылымдық қабаттарын салу барысындағы технологиялық процестердің дәлдігін ескере отырып, мүмкін болатын шекті ауытқу қателіктеріне мысалдар келтірілді. Сонымен қатар, бұл есептеулер технологиялық процестердің орташа квадраттық қателіктері мен жол төсемінің құрылымдық қабаттарының биіктік жағдайының нормативтік рұқсат етілген шекті қателіктерін жоғары дәлдікте анықтауға мүмкіндік береді. Автокөлік жол төсемдерінің дәлдік нормалары стандарттарда (ГОСТ-та), құрылыс нормалары мен ережелерінде (ҚНМЕ), және жобалау-конструкторлық құжаттамаларда реттеліп отырады.

Негізгі сөздер: автокөлік жолы, жол төсемі, шекті қателік, жол жамылғысы, жол жиегі

Кіріспе. Бүгінгі таңда, Қазақстан аумағында мемлекеттік маңызы бар автожол құрылыстарын салу барысында жоғары дәлдікті геодезиялық өлшеулер мен есептеулер жүргізілуде. Бұл мақалада жол төсемдерінің құрылымдық қабаттарын салу барысындағы биіктік жағдайының дәлдігі, технологиялық процестердің орташа квадраттық қателіктері және оларды геодезиялық қамтамасыз ету жұмыстары баяндалған.

Зерттеу әдістері. Геодезиялық жұмыстарды бастамас бұрын есептеуге қажетті негізгі факторларды анықтап алу қажет:

- жол категориясын
- жер төсемін
- жолдың осін
- сыртқы және ішкі еңістерін.

Осы мәліметтерге сүйене отырып, геодезиялық есептеулерге қажетті элементтерге талдау жүргізіледі.

Зерттеу нәтижесі. ГОСТ 21778-81 стандарт талаптарына сәйкес құрылыстарды жобалау және оларды салу процесінде құрылымдардың геометриялық параметрлерінің дәлдігін технологиялық қамтамасыз ету ережелері мен құралдары қарастырылуы керек. Конструкциялардың геометриялық параметрлерінің дәлдігін қамтамасыз ету үшін құрылыстарды салу барысында атқарылатын геодезиялық жұмыстарды (ізденіс жұмыстары, геодезиялық бақылау) орындау барысында көрсетілген рұқсаттарды тағайындау қажет. Ол үшін аталған жұмыстардың керекті дәлдігін дұрыс есептеп алу керек.

Құрылыс конструкцияларын салу барысында атқарылатын геодезиялық жұмыстардың дәлдігі көбнесе оларды есептеу әдістеріне тікелей байланысты болып келеді. Орындалатын құрылыс және геодезиялық жұмыстарға рұқсатнамалар құрылыстар конструкцияларының геометриялық параметрлерінің дәлдігіне қойылатын талаптарға сүйене отырып есептелуі тиіс. Осындай параметрлер негізінен ҚНЖЕ, ГОСТ нормативтік құжаттарында және құрылыстарды салуға арналған жобалық құжаттамада көрсетілген. Сондықтан, осы жұмыстарға сәйкес нормативтік құжатта құрылымның геометриялық параметрінің дәлдік көрсеткіші бар кері есептеуді шешу қажет.

Бүгінгі таңда сызықтық құрылыстарды салу барысында жүргізілетін геодезиялық жұмыстарға рұқсаттарды негіздеу үшін (мәселен автокөлік жолдары сияқты) олардың дәлдігін есептеудің төмендегідей тәсілдерін қолдана отырып әдістемелер пайдаланылуы мүмкін:

- 1) автожол төсемдерінің аяқталған конструкциялық қабаттарының түпкілікті жағдайына қателіктердің жекелеген көздерінің тең әсер ету жағдайын пайдалану;
- 2) қателіктердің жекелеген көздерінің құрылыспен аяқталған соңғы жағдайға, жол жамылғысының конструкциялық қабаттарына елеусіз әсер ету жағдайын пайдалану;
- 3) құрылыстың технологиялық процестерінің дәлдігін ескеру [1].

Берілген биіктік жағдайын қамтамасыз ету үшін автокөлік жолдарының негіздері мен жабындарының құрылымдық қабаттарын салу кезінде құрылыс жұмыстары мен геодезиялық бақылаудың дәлдігін анықтау үшін осы әдістерді қолдану мүмкіндігін қарастырып көрейік.

Автокөлік жолдарының төсемін салу барысында құрылымдық қабаттардың биіктік жағдайындағы орташа квадраттық қателікті төмендегі формула бойынша қарастыруға болады:

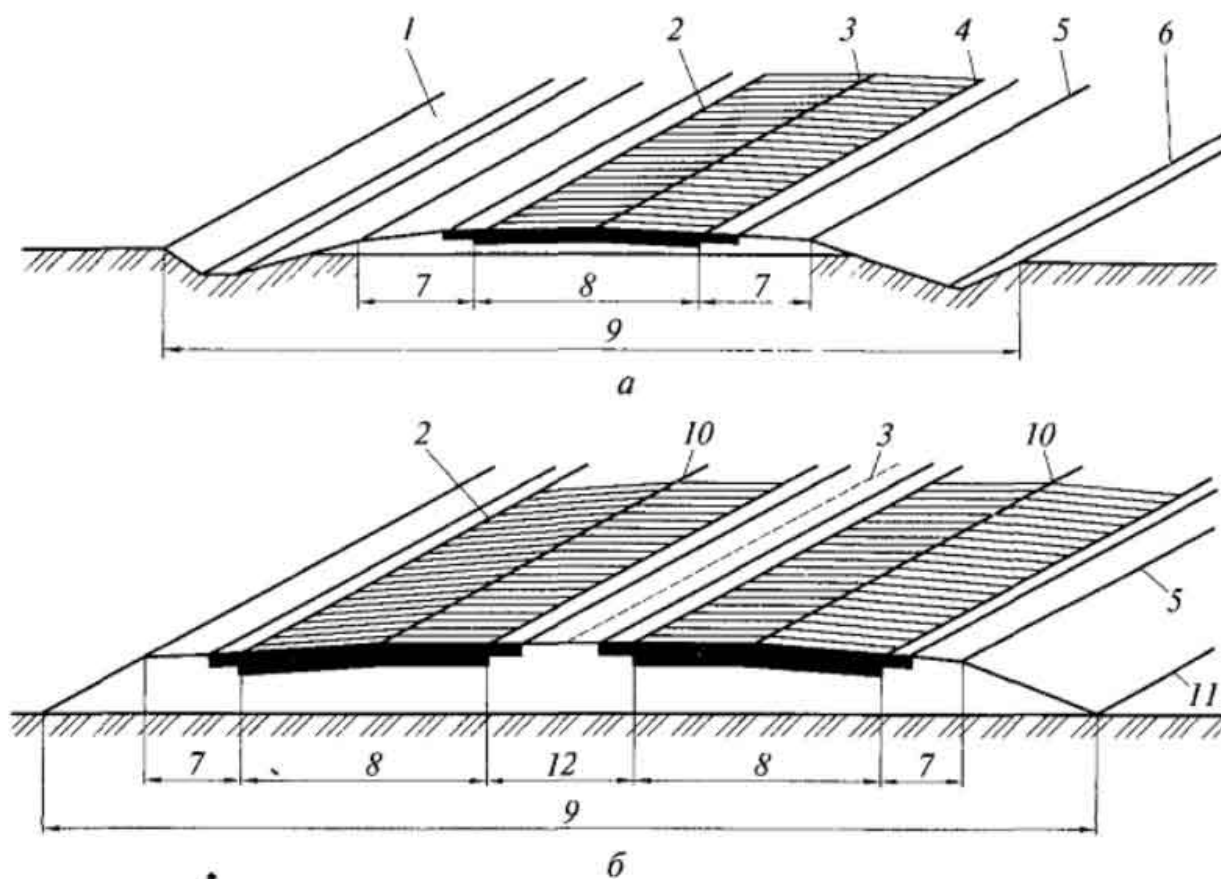
$$m^2 = m_{\Gamma}^2 + m_{\kappa}^2 \quad (1)$$

мұндағы: m_{Γ} – геодезиялық жұмыстардың орташа квадраттық қателігі;

m_{κ} – құрылыс жұмыстарының орташа квадраттық қателігі деп алынады.

Автокөлік жол төсемдерінің құрылымдық қабаттарын салу сапасының негізгі жұмыстары олардың геометриялық параметрлеріне сәйкестігі тұрғысынан нүктелердің тік белгілерінің амплитудасының (математикалық айырмашылықтары) мәндері болып табылады.

Төмендегі суретте автокөлік жолының көлденең қимасының геодезиялық жұмыс барысындағы негізгі элементтері көрсетілген (1-сурет).



а – бір жүріп өту бөлігімен; б – екі жүріп өту бөлігімен және бөлу жолағымен; 1 – ордың сыртқы еңісі; 2 – шеткі нығайту жолағы; 3 – жолдың осі; 4 – жүріп өту бөлігінің жиегі; 5 – үйінді шеті; 6 – ішкі еңісі; 7 – жол жиегінің ені; 8 – жүріп өту бөлігі; 9 – жер төсемі; 10 – жүріп өту бөлігінің осі; 11 – үйінді еңісі; 12 – бөлу жолағы.

1-сурет. Автокөлік жолының көлденең қимасының элементтері

Негізінен бұл жұмыстарды ГОСТ 30412-96 мемлекетаралық стандартында және құрылыс нормалары мен ережелерінде 3.06.03-85 құрылысы аяқталған жол төсемдерінің құрылымдық қабаттарын қабылдау барысында қолдану ұсынылады.

Сондай-ақ, ҚНЖЕ 3.06.03-85 стандартында, құрылысы немесе сапасы аяқталып біткен, автожол төсемдерінің конструкциялық қабаттарын тексеру барысында тік белгілердің жобалық мәндерінен анықтамалар нәтижелерінің рұқсат етілген ауытқулары көрсетіледі. Ал есептелген амплитудалар мәндерінің нормасынан ауытқуы олардың құрылғыларының сапасын бағалау жұмыстары ретінде көрсетілмейді. Бұл мақалада құрылыс-монтаждау жұмыстарының сапасын бағалау барысында пайдаланылатын параметрлер және оларды бағалау шарттары келтірілген: $P = 0,80$ мәнімен (қателік 10%-дан жоғары болуы мүмкін) және $P = 0,85$ (қателік 5%-дан жоғары болуы мүмкін).

Геодезиялық жұмыстардың орташа квадраттық қателіктері сәйкесінше $P = 0,80$ және $P = 0,85$ мәндерімен келесідей болып жазылады: $m_T = 0,34 * 3,79 = 1,28 \text{ мм}$ және $m_T = 0,34 * 2,56 = 0,87 \text{ мм}$.

Автокөлік жол төсемдерінің құрылымдық қабаттарын орнатудың технологиялық процестерінің дәлдігін ескере отырып, геодезиялық бақылауға арналған есептеу тәсілдерін қарастырып көрейік.

Ең алдымен бақылау өлшемдерінің шекті қателігін анықтап алу қажет. Ол үшін автокөлік жол төсемін құрайтын қабаттарды салу барысында геодезиялық бақылау жұмыстарының (T_6) дәлдік коэффициентінің мәнін белгілеп алады. Оны белгілеу үшін автожол төсемдерінің технологиялық процестерінің (T_n) дәлдік коэффициенті бастапқы деп алынады [2, 3].

Жол жамылғысының конструктивтік қабаттарын орналастыру және геодезиялық бақылау (T_6) бойынша технологиялық процестердің (T_n) дәлдігі төмендегі формулалар бойынша анықталады:

$$T_n = \delta_n / m_t, \quad (2)$$

$$T_6 = \delta_n / \Delta_n, \quad (3)$$

мұндағы: δ_n – геодезиялық бақылаудың (өлшеулердің) рұқсат етілген қателігі (шексіз қателік);

δ_n – жол төсемінің құрылымдық қабаттарының биіктік жағдайының нормативтік рұқсат етілген қателігі (шексіз қателік);

Δ_n – нормативті шама, яғни $2\delta_n$ -ға тең;

m_t – технологиялық процестің орташа квадраттық қателігі.

Ал T_n коэффициенті бойынша геодезиялық бақылаудың шексіз қателігін мына формула бойынша есептеуге болады:

$$\delta_n = T_6 \Delta_n = T_6 2\delta_n \quad (4)$$

КСРО-да қолданыста болып келген, сондай-ақ әлі де біздің және әлемнің көптеген елдерінде қолданылып келе жатқан экономикалық өзара көмек советі (ЭОКС) елдерінің құрылыс нормаларында өлшеу қателігі Δ_n – нормативті шамасының 10% шегінде белгіленген.

Жол төсемдерінің құрылымдық қабаттарын салу барысындағы технологиялық процестердің дәлдігін ескере отырып, геодезиялық өлшеу жұмыстары үшін жүргізілетін есептеулерге бір мысал келтіріп көрейік.

Технологиялық процесс нәтижелерінің нормалық ауытқуының биіктік өсімшесінің рұқсат етілген шексіз қателігіне жақын болатын мәндерін алып көрейік. Яғни $m_t = \delta_n = \pm 7 \text{ мм}$. Демек, бұл жағдайда $T_n = 1$ -ге, ал $T_6 = 19,4\%$ немесе 0,194-ке тең болады. Геодезиялық бақылаудағы шексіз қателік мәні $\delta_t = 0,194 * \Delta_n = 0,34 * \delta_n = 2,04 \text{ мм}$. Бұл дегеніміз $P = 0,80$ және $P = 0,85$ мүмкін болатын қателіктер мәнімен тиісінше келесідей болып жазылады: $m_t = 2,04 / 1,593 = 1,28 \text{ мм}$ және $m_t = 2,04 / 2,344 = 0,87 \text{ мм}$. Осы жүргізілген есептеулер нәтижесінде дәлдік коэффициенттерінің мәні $T_n = 1,3$ және $T_6 = 0,90$ деп алынады.

Автокөлік жолдарын салу барысындағы жоғарыда көрсетілген геодезиялық есептеулерді жүргізу үшін білікті геодезист маманның басшылығымен мұқият орындалуы қажет [4, 5].

Қорытынды. Мақаланы қорыта келе автожол төсемдерінің құрылымдық қабаттарын салу барысындағы биіктік жағдайының дәлдігін ескере отырып, геодезиялық тұрғыдан есептеу жұмыстарына барынша негізделген ауытқу шектерін белгілеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар бұл есептеулер автожол төсемінің биіктік жағдайын геодезиялық қамтамасыз етуге, жол құрылысының сапасын анағұрлым жақсартуға және еңбек шығындарын барынша азайтуға өз септігін тигізеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] MEMST 21768-81 (СТ СЭВ 2045-79. Құрылыстағы геометриялық параметрлердің дәлдігін қамтамасыз ету жүйесі. Негізгі ережелер. 1981-12-02. – М.: стандарттар баспасы, 1981. – 9-10 б.
- [2] MEMST 30413-96. Автомокөлік жолдары мен аэродромдар. Негіздер мен жабындардың кедір-бұдырлығын өлшеу әдістері. 1998 – 01 – 03. М.: стандарттар баспасы, 1997-7 б.
- [3] ҚНЖЕ 3.06.03-85. Автокөлік жолдары. КСРО мемстройы. –М. ЦИТП, 1985. –106-108 б.
- [4] ҚНЖЕ-5-72. Автокөлік жолдары. Өндіріс және жұмыстарды қабылдау ережелері. Пайдалануға қабылдау. КСРО мемстройы. – М.: Стройиздат. 1973. – 88-91 б.
- [5] Столбов, Ю. В. Автокөлік жолдарының негіздері мен жабындарының биіктік жағдайын қамтамасыз ету үшін құрылыс және геодезиялық жұмыстарға рұқсатнамаларды есептеу / Ю. В. Столбов, С. Ю. Столбова, Д. О. Нагаев, К. С. Кокуленко. 2011. 77-82 б.

REFERENCES

- [1] MEMST 21768-81 (ST SEV 2045-79. Kurylyctagy geometriyalyk parametrlerdin daldigin kamtamasyz etu zhuiesi. Negizgi erezheler. 1981-12-02. – M.: standarttar baspasy, 1981. – 9-10 b.
- [2] MEMST 30413-96. Avtomokolik zholdary men aerodromdar. Negizder men zhabyndardyn kedir-budyrligyn olsheu adisteri. 1998 – 01 – 03. M.: standarttar baspasy, 1997-7 b.
- [3] KNzhE 3.06.03-85. Avtokolik zholdary. KCRO memstroiy. –M. TsITP, 1985. –106-108 b.
- [4] KNzhE-5-72. Avtokolik zholdary. Ondiris zhane zhumystardy kabyldau erezheleri. Paidalanuga kabyldau. KCRO memstroiy. – M.: Stroiizdat. 1973. – 88-91 b.
- [5] Stolbov, Yu. V. Avtokolik zholdarynyn negizderi men zhabyndarynyn biiktik zhagdaiyn kamtamasyz etu ushin kurylyc zhane geodeziyalyk zhumystarga ruksatnamalardy ecepteu / Yu. V. Stolbov, S. Yu. Stolbova, D. O. Nagaev, K. C. Kokulenko. 2011. 77-82 b.

А.А. Жәми*, А. Сазанбаева, Г.К. Жангулова

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*e-mail: asylan.zhami@gmail.com

РАБОТЫ ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ ТОЧНОСТИ ВЫСОТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

Аннотация. В настоящее время при строительстве автомобильных дорог одним из основных показателей качества дороги является геодезический расчет точности высотного положения. Приведены примеры допустимых погрешностей предельных отклонений с учетом точности технологических процессов при строительстве конструктивных слоев автомобильных дорожных покрытий. Кроме того, данные расчеты позволяют с высокой точностью определять среднеквадратические погрешности технологических процессов и нормативно-допустимые предельные погрешности высотного положения структурных слоев дорожного полотна. Нормы точности автомобильных дорожных покрытий регламентируются стандартами (ГОСТами), строительными нормами и правилами (СНиП), проектно-конструкторской документацией.

Ключевые слова: автомобильная дорога, дорожное полотно, предельная погрешность, дорожное покрытие, обочина.

A.A. Zhami*, A. Sazanbaeva, G.K. Jangulova

al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: asylan.zhami@gmail.com

WORKS ON GEODETIC CALCULATION OF THE ACCURACY OF THE ALTITUDE POSITION OF AUTOMOBILE ROAD SURFACES

Abstract. At the present time, during the construction of automobile roads, one of the main indicators of the quality of the road is the geodetic calculation of the accuracy of the altitudinal position. Examples of permissible errors of maximum deviations are given, taking into account the accuracy of technological processes in the construction of structural layers of automobile road surfaces. In addition, these calculations make it possible to determine with high accuracy the root-mean-square errors of technological processes and the normative-permissible maximum errors of the altitudinal position of the structural layers of the roadbed. Accuracy standards for automobile road surfaces are regulated by standards (GOSTs), building codes and regulations (SNiP), design and engineering documentations.

Keywords: highway, roadbed, limiting error, road surface, roadside

З.Д. Бегалы*, М.Ж. Рыспаева, И.Э. Березовская

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*e-mail: begalyzere98@gmail.com

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАЧАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС ГОРЕНИЯ ТРИДЕКАНА В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ

Аннотация. В данной статье проведен анализ результатов численного исследования влияния начальной массы впрыска и начальной температуры окислителя на процесс горения тридекана ($C_{13}H_{28}$). В ходе исследовательской работы был использован программный пакет KIVA. На основании результатов проведенного численного моделирования получено распределение температуры капель топлива и концентрации CO_2 при различных значениях массы впрыскиваемого жидкого топлива в камере сгорания. Проанализировав результаты исследования, выяснилось, что эффективная начальная масса впрыска топлива равна 9 мг. Изучив зависимость максимальной температуры и концентрации углекислого газа в камере сгорания, образующейся в результате горения топлива, от начальной температуры окислителя в камере сгорания, был сделан вывод о том, что значение эффективной начальной температуры окислителя равно 900 К.

Ключевые слова: численное моделирование, жидкое топливо, тридекан, камера сгорания, KIVA, масса, температура.

Введение. Согласно мировой статистике, 40% общего потребления энергии достигается за счет сжигания жидкого топлива. Поэтому одним из важных вопросов на сегодняшний день является всестороннее изучение процесса горения и рассмотрение методов снижения количества вредного воздействия, выделяемого в процессе горения [1-4].

Изучение процесса горения жидкого топлива требует значительного количества взаимосвязанных процессов и явлений, поэтому лучшим решением является использование численного моделирования для прогнозирования и изучения поведения таких сложных систем [5].

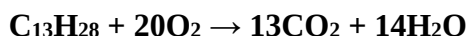
В статье рассматривается численное моделирование процессов распыла и горения впрыска жидкого топлива на основе решения дифференциальных уравнений турбулентного течения с впрыском. Сформулирована математическая модель горения жидких впрысков, которая основывается на уравнениях движения для жидкой стадии, а также уравнениях энергии и переноса массы с соответствующими граничными условиями.

Методы. Для проведения вычислительных экспериментов по численному моделированию процессов тепломассопереноса при горении жидкого топлива в реальных камерах сгорания, в работе использовался пакет компьютерных программ KIVA.

В данной работе исследуется горение жидкого топлива (тридекана) в камере сгорания высотой 15 см и радиусом 2 см, расчетная область состоит из 600 ячеек. Время горения топлива составляет 4 мс, топливо впрыскивается в камеру сгорания через круглое сопло, расположенное в середине нижней части камеры. Время инъекции капли топлива 1,4 мс, скорость впрыска топлива 250 м / с, площадь форсунки $2 \cdot 10^{-4}$ см². Температура стенки камеры сгорания 353 К.

Тридекан - органическое соединение, относящееся к классу алканов. При нормальных условиях вещество представляет собой бесцветную воспламеняющуюся жидкость плотностью 0,7568 г / мл, $T_{пл}=267,8$ К, $T_{кип}=508,6$ К. Тридекан содержится в нефтепродуктах, а один из компонентов входит в дизельное топливо [6].

Реакция горения тридекана в общем виде записывается следующим образом:



В ходе работы в первую очередь были проведены компьютерные эксперименты по изучению влияния массы жидкого топлива (тридекана), впрыскиваемого в камеру сгорания, на процесс его горения. При расчетах масса топлива варьировалась от 5 до 20 мг.

Результаты. На рисунках 1-2 показаны результаты вычислительных экспериментов по изучению влияния массы впрыскиваемого жидкого топлива на процесс горения тридекана. На рис. 1 показано распределение температуры каплей тридекана в камере относительно массы впрыскиваемого жидкого топлива. Анализ рисунка 1 показывает, что из-за увеличения массы температура тридекана также увеличивается, и при массе 9 мг составляет 657 К.

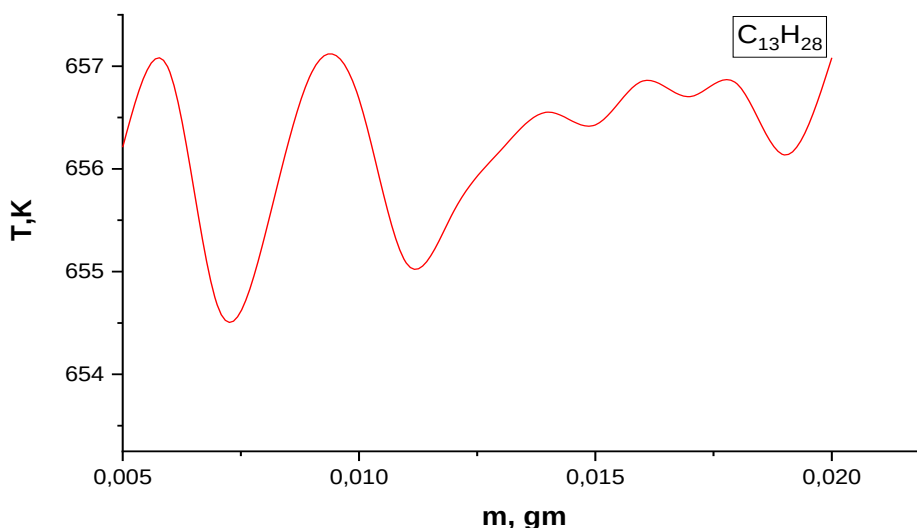


Рис. 1. График зависимости температуры каплей тридекана $C_{13}H_{28}$ от массы впрыска жидкого топлива

На рис. 2 изображено влияние массы впрыска на распределение концентрации углекислого газа. Согласно результатам анализа приведенных кривых, по мере увеличения массы впрыска жидкого топлива увеличивается и концентрация CO_2 , что было доказано и в ранее исследованных работах [7-8].

В рамках предельно допустимых норм для тридекана выделяется не слишком большая концентрация углекислого газа в массе 9 мг.

Таким образом, можно сделать вывод, что значение эффективной массы для тридекана составляет 9 мг. В этой массе топливо полностью сгорает без остатка и наблюдается минимальная концентрация углекислого газа.

Теперь остановимся на результатах численного моделирования горения тридекана относительно начальной температуры окислителя в камере сгорания. Исследования проводились в соответствии со значением эффективной массы обнаруженного тридекана, а значения температуры окислителя варьировали от 500 К до 1500 К.

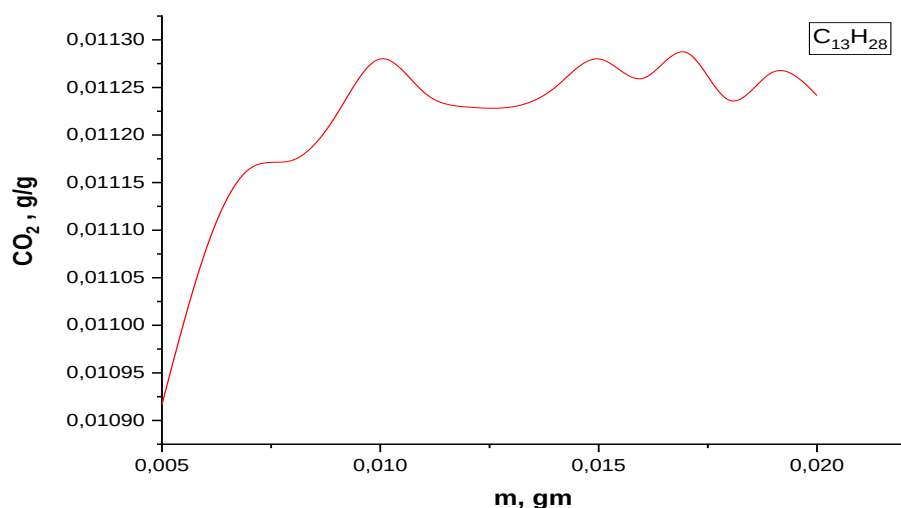


Рис. 2. Распределение концентрации углекислого газа CO_2 по отношению к массе жидкого топлива m при горении тридекана $\text{C}_{13}\text{H}_{28}$ в камере сгорания

Анализ рисунка 3 показывает, что если температура окислителя в камере сгорания имеет значения выше 800 К, то в данном случае топливо интенсивно сгорает, выделяется огромное количество тепла и камера сгорания нагревается до 2500 К. В этом случае начальная температура окислителя существенно влияет на горение тридекана [9-11], так как из-за изменения значений начальной температуры с 900 К до 1500 К максимальное значение температуры увеличивается с 2069,55 К до 2486,6 К.

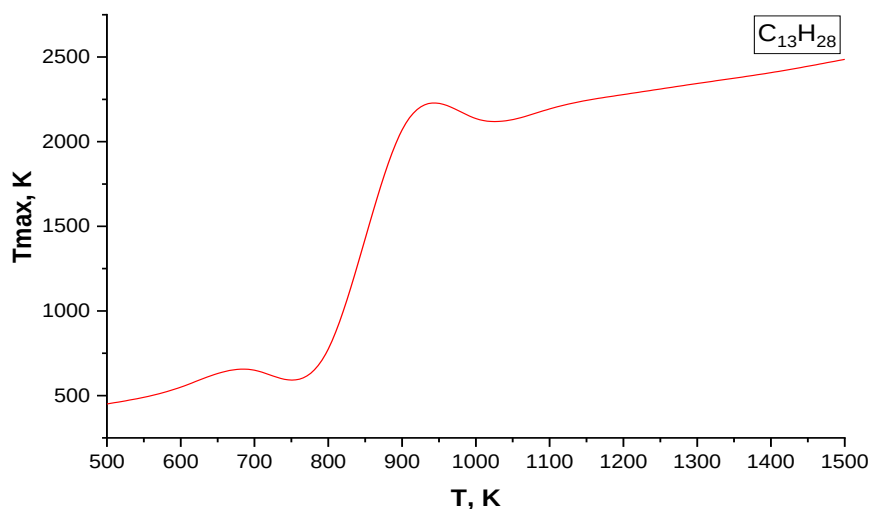


Рис. 3. Зависимость максимальной температуры горения T_{max} , образующейся в результате горения тридекана $\text{C}_{13}\text{H}_{28}$, от начальной температуры окислителя T в камере сгорания

На рис. 4 изображено распределение максимальной концентрации углекислого газа для горящего топлива (тридекана) относительно начальной температуры окислителя в камере сгорания. В результате горения тридекана образуется достаточно высокая концентрация углекислого газа. Как видно из рисунка, при увеличении значения температуры с 900 К до 1500 К концентрация выделяющегося углекислого газа изменяется от 0,0120849 г/г до 0,0123537 г/г.

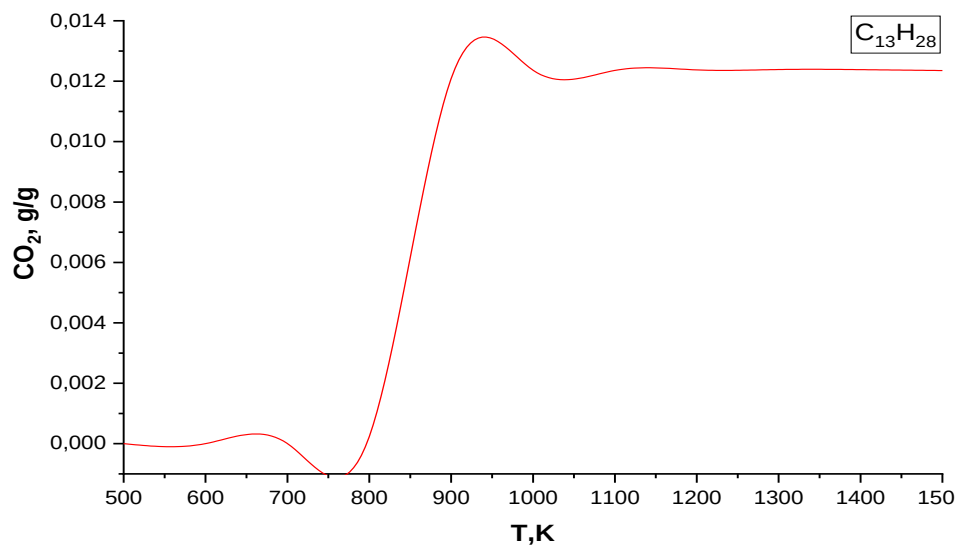


Рис. 4. Зависимость концентрации CO_2 углекислого газа, образующегося в результате горения тридекана $\text{C}_{13}\text{H}_{28}$, от начальной температуры окислителя T в камере сгорания

Анализируя рисунки 3-4, можно сделать вывод о том, что эффективная начальная температура окислителя в камере сгорания для тридекана равна 900 К. При заданном значении температуры топливо быстро взаимодействует с окислителем, камера нагревается до высоких температур, а концентрация образующегося углекислого газа не превышает предельной нормы.

На рис.5 изображено распределение температуры в камере сгорания тридекана в моменты времени $t=2,5$ мс, $t=4$ мс в соответствии со значением начальной температуры окислителя 900 К и эффективным значением массы. На этих графиках можно увидеть, как меняется температура в камере сгорания в данный момент времени.

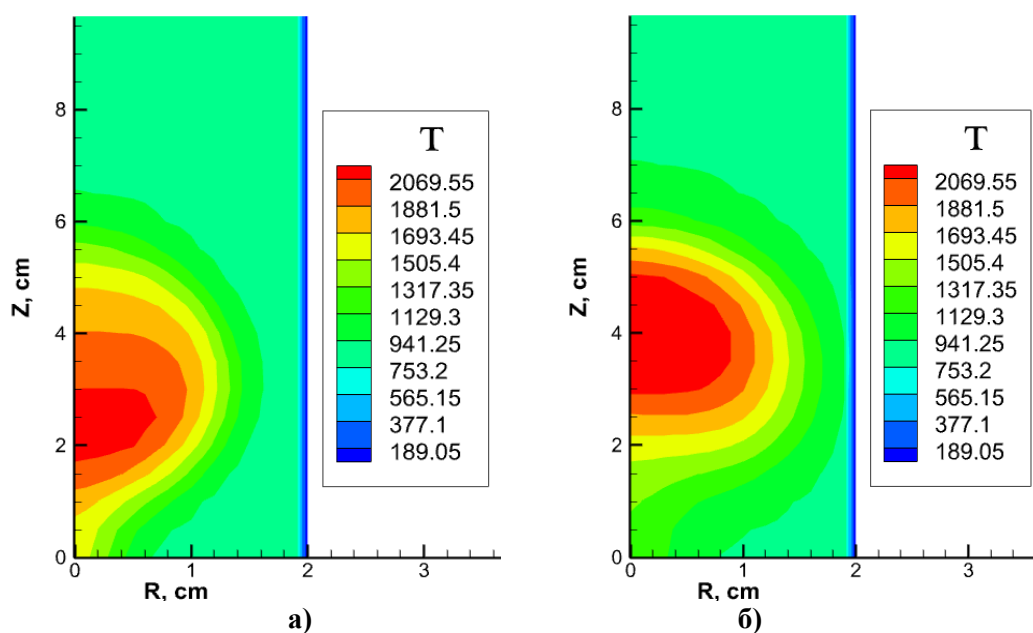


Рис. 5. Поле температуры в разные моменты времени
а) $t = 2,5$ мс, б) $t = 4$ мс.

Как видно из рисунка 5 а, при горении тридекана в момент времени $t=2,5$ мс область максимальных температур достигает высоты 4,8 см вдоль камеры сгорания, а остальная часть камеры нагревается до 1000 К. На рисунке 5б изображено распределение температуры в момент времени $t=4$ мс. При воспламенении паров топлива в смеси с окислителем топливо (тридекан) начинает быстро воспламеняться, охватывая факелом объемную площадь по ширине камеры сгорания.

На рисунке 6 показано изменение концентрации паров тридекана в момент времени $t = 2,5$ мс и $t = 4$ мс в соответствии с начальной температурой окислителя 900 К и эффективным значением массы.

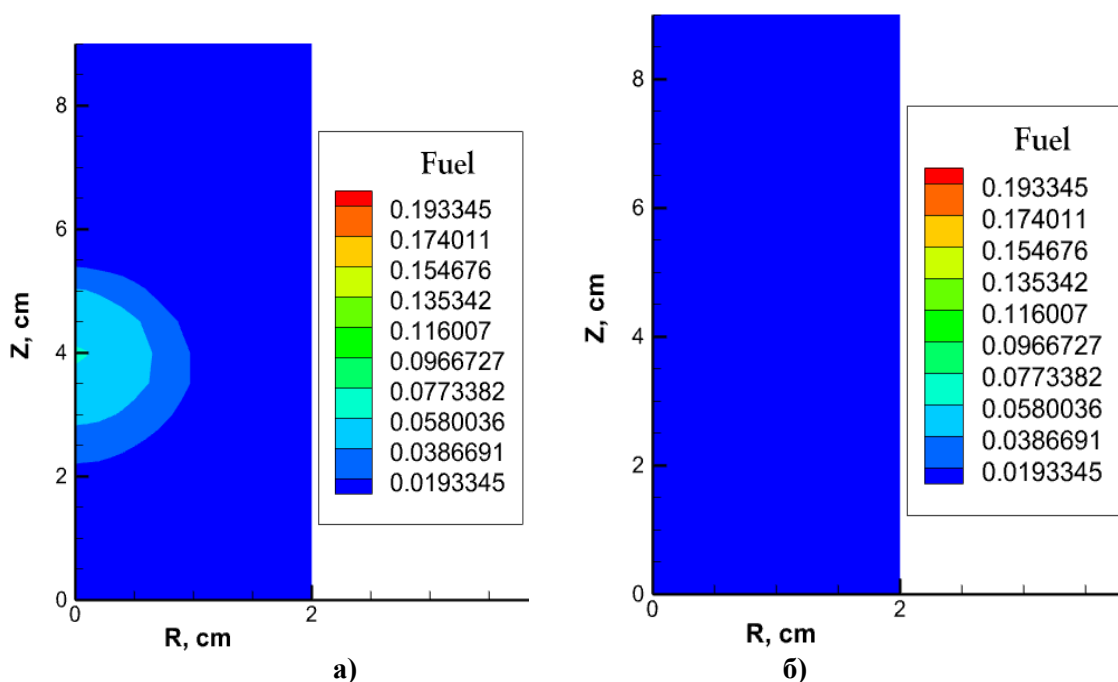


Рис. 6. Поле концентрации паров топлива в разные моменты времени:
а) $t = 2,5$ мс, б) $t = 4$ мс.

Из-за высокой турбулентности объем топлива в камере уменьшается. В данный момент времени в результате горения тридекана на оси камеры сгорания пары топлива рассеиваются до 5 см.

В остальной части камеры сгорания концентрация паров топлива минимальна. Рисунок 6б показывает изменение пара тридекана в соответствии с моментом времени $t=4$ мс при начальной температуре $T=900$ К. Как видно из рисунка, тридекан горит без остатка, пары топлива почти нулевые. В момент времени 4 мс образуется минимальная концентрация пара тридекана, равная 0,01 г/г.

На рис. 7 представлены результаты численного моделирования углекислого газа, образующегося в процессе горения тридекана в соответствии с эффективным значением температуры 900 К и массы. Результаты анализа рисунков показали, что максимальное количество углекислого газа при горении тридекана, равное 0,0120849 г/г, образуется на оси камеры сгорания. На выходе из камеры сгорания концентрация углекислого газа медленно уменьшается и принимает минимальное значение. Например, при значении эффективной температуры 900 К концентрация углекислого газа была равна 0,0010078 г/г.

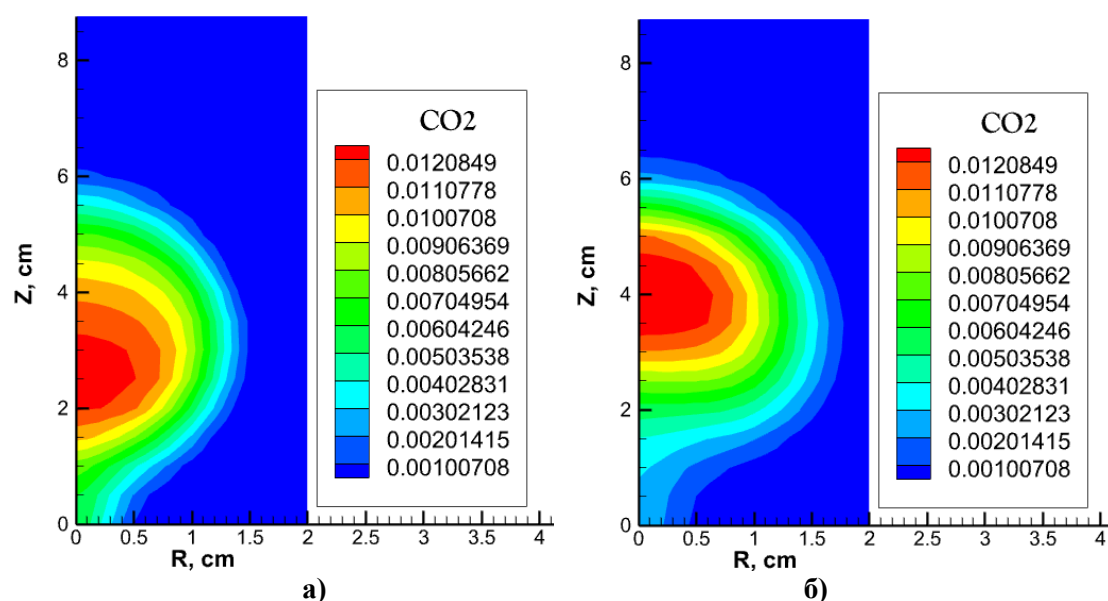


Рис. 7. Распределение концентрации CO_2 углекислого газа, образующегося в результате горения тридекана в разные моменты времени:
а) $t = 2,5$ мс, б) $t = 4$ мс.

Выводы. В результате изучения и анализа результатов экспериментов, описывающих влияние массы впрыска и начальной температуры окислителя на горения жидкого топлива в камере сгорания с высокой турбулентностью, можно сделать следующие выводы.

Увеличение массы впрыскиваемого топлива приводит к увеличению площади пламени и повышению общей температуры в камере сгорания. Анализируя результаты эксперимента, мы пришли к выводу, что эффективная начальная масса впрыска тридекана составляет 9 мг. Кроме того, экспериментально доказано, что наиболее эффективное значение начальной температуры окислителя в камере сгорания равно 900 К. При заданной температуре топливо полностью сгорает, а камера сгорания нагревается до достаточно высоких температур, соответственно концентрация образующегося углекислого газа принимает минимальное значение.

Эти полученные результаты вносят свой вклад в решение проблемы повышения эффективности горения топлива и снижения количества вредных веществ, образующихся в результате процесса горения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Аскарова А. С., Волошина И. Э., Рыспаева М. Ж. Численное моделирование образования продуктов реакции при сжигании жидких топлив // Вестник КазНУ, серия физическая. – 2007. – №. 2. – С. 24.
- [2] Inam S. A., Hussain M., Baig M. M. Numerical Simulation of Liquid Fuel Injection in Combustion Chamber // Arabian Journal for Science and Engineering. – 2019. – Т. 44. – №. 6. – С. 5889-5895.
- [3] Von Helldorff H., Micklow G. Gaseous and Liquid Jet Direct Injection Simulations Using KIVA-3V // Journal of Multidisciplinary.
- [4] Askarova A. S. et al. Computer simulation of liquid fuel combustion in developed turbulence using the soot formation and oxidation model. – 2020.
- [5] Amsden A. A., O'Rourke P. J., Butler T. D. KIVA-II: A computer program for chemically reactive flows with sprays. – Los Alamos National Lab.(LANL), Los Alamos, NM (United States), 1989. – №. LA-11560-MS.
- [6] Rumble J. R. et al. (ed.). CRC handbook of chemistry and physics. – Boca Raton, FL : CRC press, 2018. – Т. 100.

[7] Белегенова С.А., Бекмухамет А., Оспанова Ш.С., Ергалиева А.Б. Исследование влияния впрыскиваемой массы жидкого топлива на процессы образования вредных веществ // 19-ая Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых ученых. – Архангельск, 2013.- С. 490-491.

[8] Аскарова А. и др. Компьютерное моделирование процессов дисперсии и горения жидких топлив при высокой турбулентности //Вестник. Серия Физическая (ВКФ). – 2016. – Т. 56. – №. 1. – С. 28-35.

[9] Askarova A. et al. Numerical simulation of the oxidant's temperature and influence on the liquid fuel combustion processes at high pressures //Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2015. – Т. 10. – №. 4. – С. 90-95.

[10] Ospanova S. et al. 3D modelling of heat and mass transfer processes during the combustion of liquid fuel //Proceedings of 15th International Scientific Conference on Renewable Energy and Innovative Technologies, Tech Coll Smolyan, Smolyan, Bulgaria. Bulgarian Chemical Communications. – 2016. – Т. 48. – С. 229-235.

[11] Askarova A. S. et al. On the effect of the temperature boundary conditions on the walls for the processes of heat and mass transfer //International journal of mechanics. – 2016. – Т. 10. – С. 349-355.

REFERENCES

[1] Askarova A. S., Voloshina I. Je., Ryspaeva M. Zh. Chislennoe modelirovanie obrazovaniya produktov reakcii pri szhigani zhidkih topliv //Vestnik KazNU, serija fizicheskaja. – 2007. – №. 2. – С. 24.

[2] Inam S. A., Hussain M., Baig M. M. Numerical Simulation of Liquid Fuel Injection in Combustion Chamber //Arabian Journal for Science and Engineering. – 2019. – Т. 44. – №. 6. – С. 5889-5895.

[3] Von Helldorff H., Micklow G. Gaseous and Liquid Jet Direct Injection Simulations Using KIVA-3V //Journal of Multidisciplinary.

[4] Askarova A. S. et al. Computer simulation of liquid fuel combustion in developed turbulence using the soot formation and oxidation model. – 2020.

[5] Amsden A. A., O'Rourke P. J., Butler T. D. KIVA-II: A computer program for chemically reactive flows with sprays. – Los Alamos National Lab.(LANL), Los Alamos, NM (United States), 1989. – №. LA-11560-MS.

[6] Rumble J. R. et al. (ed.). CRC handbook of chemistry and physics. – Boca Raton, FL : CRC press, 2018. – Т. 100.

[7] Bolegenova S.A., Bekmuhamet A., Ospanova Sh.S., Ergaliev A.B. Issledovanie vlijanija vpryskivaemoj massy zhidkogo topliva na processy obrazovaniya vrednyh veshhestv // 19-aja Vserossijskaja nauchnaja konferencija studentov-fizikov i molodyh uchenyh. – Arhangel'sk, 2013.- S. 490-491.

[8] Askarova A. i dr. Komp'yuternoe modelirovanie processov dispersii i gorenija zhidkih topliv pri vysokoj turbulentnosti //Vestnik. Serija Fizicheskaja (VKF). – 2016. – Т. 56. – №. 1. – С. 28-35.

[9] Askarova A. et al. Numerical simulation of the oxidant's temperature and influence on the liquid fuel combustion processes at high pressures //Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2015. – Т. 10. – №. 4. – С. 90-95.

[10] Ospanova S. et al. 3D modelling of heat and mass transfer processes during the combustion of liquid fuel //Proceedings of 15th International Scientific Conference on Renewable Energy and Innovative Technologies, Tech Coll Smolyan, Smolyan, Bulgaria. Bulgarian Chemical Communications. – 2016. – Т. 48. – С. 229-235.

[11] Askarova A. S. et al. On the effect of the temperature boundary conditions on the walls for the processes of heat and mass transfer //International journal of mechanics. – 2016. – Т. 10. – С. 349-355.

З.Д. Бегалы*, М.Ж. Рыспаева, И.Э. Березовская

эл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: begalyzere98@gmail.com

ЖАНУ КАМЕРАСЫНДАҒЫ ТРИДЕКАННЫҢ ЖАНУ ПРОЦЕССИНЕ БАСТАПҚЫ ПАРАМЕТРЛЕРДІҢ ӘСЕРІН САНДЫҚ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл мақалада сұйық отын тридеканның ($C_{13}H_{28}$) жану процессіне бастапқы бүрку массасы мен тотығырғыштың бастапқы температурасының әсерін сандық зерттеу нәтижелеріне

талдау жасалынды. Зерттеу жұмыстары барысында KIVA бағдарламалық пакеті қолданылды. Жүргізілген сандық модельдеу нәтижелері негізінде жану камерасындағы бүркілетін сұйық отынның әртүрлі масса мәндерінде отын тамшыларының температурасының және CO_2 концентрациясының таралуы алынды. Отынның тиімді бастапқы бүрку массасы 9 мг-ға тең екендігі анықталды. Отынның жануы нәтижесінде түзілетін жану камерасындағы максимал температура мен көмірқышқыл газы концентрациясының жану камерасындағы тотықтырғыштың бастапқы температурасынан тәуелділігін зерттей келе, тотықтырғыштың тиімді бастапқы температурасының мәні 900K-ге тең деген қорынды жасалынды.

Негізгі сөздер: сандық модельдеу, сұйық отын, тридекан, жану камерасы, KIVA, масса, температура.

Z. Begaly*, M. Ryspayeva, I. Berezovskaya
al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
*e-mail: begalyzere98@gmail.com

NUMERICAL RESEARCH OF THE INFLUENCE OF INITIAL PARAMETERS ON THE PROCESS OF TRIDECANE COMBUSTION IN THE COMBUSTION CHAMBER

Abstract. This article analyzes the results of a numerical study of the effect of the initial injection mass and the initial temperature of the oxidizer on the tridecane ($\text{C}_{13}\text{H}_{28}$) combustion process. During the research work, the KIVA software package was used. Based on the results of the performed numerical simulation, the distribution of the temperature of the fuel droplets and the concentration of CO_2 were obtained for various values of the mass of injected liquid fuel in the combustion chamber. After analyzing the results of the study, it turned out that the effective initial mass of fuel injection is 9 mg. Having studied the dependence of the maximum temperature and concentration of carbon dioxide in the combustion chamber, formed as a result of fuel combustion, on the initial temperature of the oxidizer in the combustion chamber, it was concluded that the value of the effective initial temperature of the oxidizer is 900 K.

Keywords: numerical modeling, liquid fuel, tridecane, combustion chamber, KIVA, mass, temperature.

А.Х.Ануарбекова*, Р.С.Ысмагул

А.Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті, Қостанай, Қазақстан

*e-mail: aikostanay@mail.ru

ҚАЗІРГІ МАТЕМАТИКАДАҒЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕР ТЕОРИЯСЫНЫҢ РӨЛІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚОСЫМШАСЫ

Андатпа. Мақалада қазіргі математикадағы дифференциалдық тендеулер теориясының рөлі және оның қосымшасы туралы айтылған.

Оның қазіргі заманғы математика ғылымындағы орнын сипаттау үшін, ең алдымен, математиканың екі кең саласы: қарапайым дифференциалдық тендеулер теориясы және дербес туындылы дифференциалдық тендеулер теориясынан тұратын дифференциалдық тендеулер теориясының негізгі ерекшеліктерін атап көрсеткен.

Бұл теорияның бірінші ерекшелігі оның қосымшалармен тығыз байланысы. Дифференциалдық тендеулер теориясы бірінші кезекте математика жаратылыстану ғылымының ажырамас бөлігі ретінде табиғат ғылымдарының мазмұнын құрайтын сандық және сапалық заңдылықтарды тұжырымдау мен түсінуге негізделгені айтылған.

Сонымен қатар, мақалада дифференциалдық тендеулер теориясының екінші ерекшелігі оның математиканың функционалдық талдау, алгебра және ықтималдылық теориясы сияқты басқа салаларымен байланысына тоқталған.

Қарастырылып отырған мақаланың мақсаты - дифференциалдық тендеулер теориясының заманауи мәселелерін анықтауға және сәйкес есептер жүйесін құруға бағытталған.

Негізгі сөздер: дифференциалдық тендеу, математикалық модель, қосымша, қарапайым дифференциалдық тендеу, дербес туындылы дифференциалдық тендеу.

Кіріспе. Дифференциалдық тендеулер теориясы – қазіргі заманғы математиканың ең үлкен салаларының бірі. Оның заманауи математика ғылымындағы орнын сипаттау үшін, ең алдымен, математиканың екі кең саласы: қарапайым дифференциалдық тендеулер теориясы және дербес дифференциалдық тендеулер теориясынан тұратын дифференциалдық тендеулер теориясының негізгі ерекшеліктерін атап өту қажет [1].

Бірінші ерекшелік – қосымшалармен тікелей байланысы. Көптеген заңдарды дифференциалдық тендеулер түрінде көрсетуге болады. Бұл үздіксіз механиканың әртүрлі құбылыстарының модельдері: химиялық реакциялар, электрлік және магниттік құбылыстар және т.б..

Алынған дифференциалдық тендеулерді ереже бойынша, бастапқы және шекаралық шарттар түрінде орнатылатын қосымша шарттармен бірге зерттей отырып, математик болып жатқан құбылыс туралы ақпарат алады. Кейде ол оның өткені мен болашағы туралы біле алады. Математикалық модельді математикалық әдістермен зерттеу физикалық құбылыстардың сапалық сипаттамаларын алуға және нақты процестің барысын берілген дәлдікпен есептеуге мүмкіндік беріп қана қоймайды, сонымен қатар физикалық құбылыстардың мәніне енуге, кейде жаңа физикалық әсерлерді болжауға мүмкіндік береді [2-5].

Математикалық модельді дифференциалдық тендеулер түрінде құрастыру үшін, ереже бойынша, тек жергілікті байланыстарды білу керек және тұтастай алғанда физикалық құбылыс туралы ақпарат қажет емес. Математикалық модель құбылысты тұтас зерттеуге, оның дамуын болжауға және уақыт ішінде болатын өзгерістерге сандық бағалау жасауға мүмкіндік береді. Қарапайым дифференциалдық тендеулер теориясы дифференциалды және интегралды есептеудің пайда болуымен бірге дами бастады. Механиканың қажеттіліктері үшін дифференциалдық тендеулерді шешу, яғни қозғалыстардың траекториясын табу жаңа

есептеу құруына түрткі болды деп айта аламыз. Физикалық және математикалық арасындағы органикалық байланыс флюксий әдісінде айқын көрінді.

Жаңа есептеу механика есептерінде қолданылды, сонымен бірге ұзақ уақыт бойы шешімге көнбеген мәселелерді, фактілерді алу және түсіндіру ғана емес, сонымен қатар жаңа ашылулар жасау мүмкін болды (мысалы, 1846 жылы Нептун планетасында Леверьенің ашылуы дифференциалдық теңдеулерді талдау негізінде ашылды).

Қарастырылып отырған мақаланың мақсаты - дифференциалдық теңдеулер теориясының заманауи мәселелерін анықтауға және сәйкес есептер жүйесін құруға бағытталған.

Негізгі бөлім. Қарапайым дифференциалдық теңдеулер шешімінің тұрақтылығы деп есептің қосымша мәліметтеріндегі және теңдеудің өзін анықтайтын функцияларындағы аздаған өзгерістермен түсіндіріледі. Ішінара дифференциалдық теңдеулер кейінірек зерттеле бастады. Математикалық физиканың негізгі теңдеулері деп аталатын дербес дифференциалдық теңдеулерді зерттеуге алып келетін, бөлшектік дифференциалдық теңдеулер теориясы нақты физикалық есептер негізінде пайда болғанын ерекше атап өткен жөн.

Нақты физикалық есептердің математикалық модельдерін зерттеу XVIII ғасырдың ортасында пайда болды. Жаңа талдау саласы физикалық құбылыстардың математикалық модельдері туралы ғылым математикалық физиканың теңдеулерін құруға алып келді. Бұл ғылымның негізін Д'Аламбер (1717 - 1783), Эйлер (1707 - 1783), Бернулли (1700 - 1782), Лагранж (1736 - 1813), Лаплас (1749 - 1827), Пуассон (1781 - 1840), Фурье (1768 - 1830) және басқа ғалымдар қалады. Бір қызығы, олардың көпшілігі тек математиктер ғана емес, астрономдар, механиктер, физиктер болды. Математикалық физиканың нақты мәселелерін зерттеу кезінде олар жасаған идеялар мен әдістер XIX ғасырдың аяғында дифференциалдық теңдеулердің жалпы теориясының дамуына негіз болған дифференциалдық теңдеулердің кең кластарын зерттеуге жарамды болып шықты.

Қазіргі кезде дифференциалдық теңдеулер теориясының дамуында заманауи электрондық есептеуіш машиналарын қолдану маңызды рөл атқарады. Дифференциалдық теңдеулерді зерттеу көбінесе олардың шешімдерінің белгілі бір қасиеттерін анықтау үшін есептеу экспериментін жүргізу мүмкіндігін жеңілдетеді, содан кейін теориялық зерттеулерге негіз бола алады. Есептеу эксперименті физикадағы теориялық зерттеулердің қуатты құралына айналды. Ол физикалық құбылыстың математикалық моделі бойынша жүзеге асырылады, бірақ сонымен бірге модель параметрлерінің біреуінің көмегімен басқа параметрлер есептеледі және зерттелетін физикалық құбылыстың қасиеттері туралы қорытынды жасалады. Есептеу экспериментінің мақсаты - қажетті дәлдікпен, компьютердің ең қысқа уақытында зерттелетін физикалық құбылыстың адекватты сандық сипаттамасын құру. Мұндай эксперимент көбінесе дербес дифференциалдық теңдеулер жүйесінің сандық шешіміне негізделген.

Дифференциалдық теңдеулер теориясының жаңа мәселелерінің қайнар көзі болып табылатын жаратылыстану ғылымы, көбінесе олардың зерттеу бағытын анықтайды, осы зерттеуге дұрыс бағдар береді. Физика және басқа жаратылыстану ғылымдары дифференциалдық теңдеулер теориясын есептермен қамтамасыз етеді. Дифференциалдық теңдеулер физикалық есептерден қол үзіп дами алмайды. Сонымен қатар математиканың есептері өз кезегінде тереңірек зерттеу нәтижесінде нақты физикалық есептерде қолданыла бастайды. Мысал ретінде аралас типті теңдеулер үшін Трикоми есебінің шешімін келтіруге болады. Ол шешімнен ширек ғасыр уақыт өткеннен кейін дыбыстан да жоғары газ ағынын зерттеуде заманауи газ динамикасы есептерінде қолданылды [6].

Ф.Клейн өзінің «XIX ғасырдағы математиканың дамуы туралы дәрістер» атты кітабында «математика физикалық ойлаудың ізімен жүрді және керісінше физика тарапынан ең күшті импульстар алды» деген болатын.

Сонымен, дифференциалдық теңдеулер теорияның бірінші ерекшелігі оның қосымшалармен тығыз байланысы. Басқаша айтқанда, дифференциалдық теңдеулер теориясы қосымшалардан пайда болды деп айтуға болады. Бұл бөлімде дифференциалдық теңдеулер теория бірінші кезекте математика жаратылыстану ғылымының ажырамас бөлігі ретінде табиғат ғылымдарының мазмұнын құрайтын сандық және сапалық заңдылықтарды тұжырымдау мен түсінуге негізделген.

Соңғы жылдары дамыған шексіз дифференциалданатын коэффициенттері бар дербес туындылы сызықтық теңдеулерде қарапайым мағынада ғана емес, бірде-бір шешім болмауы мүмкін, бірақ жалпыланған функциялар сыныптарында да, гиперфункциялар сыныптарында да, олар үшін мазмұндық теория болуы мүмкін емес (Математикалық талдаудың негізгі тұжырымдамасы – функция ұғымы, жалпыланған функциялар теориясы біздің ғасырдың ортасында С. Л. Соболев және Л. Шварц еңбектері арқылы құрылды). Физика және басқа да жаратылыстану ғылымдарының міндеттері дифференциалдық теңдеулер теориясын мазмұны бай теориясымен қамтамасыз ету. Алайда, математикалық зерттеу математика аясында туылған, кейін айтарлықтай уақыт өткен соң оларды терең зерттеу нәтижесінде нақты физикалық есептерде қосымшасын табады [7].

Дифференциалдық теңдеулер теориясының екінші ерекшелігі оның математиканың функционалдық талдау, алгебра және ықтималдылық теориясы сияқты басқа салаларымен байланысы. Дифференциалдық теңдеулер теориясы және әсіресе дербес дифференциалдық теңдеулер теориясы осы математиканың негізгі ұғымдарын, идеялары мен әдістерін кеңінен пайдаланады және сонымен қатар олардың мәселелері мен зерттеу сипатына әсер етеді. Кейбір математиканың маңызды бөлімдері дифференциалдық теңдеулер теориясының есептерімен өмірге келді.

Математиканың басқа салаларымен өзара әрекеттесуге классикалық мысал, XVIII ғасырдың ортасында сымның тербелісін зерттеу болып табылады.

Қарапайым дифференциалдық теңдеулер теориясының алғашқы даму кезеңінде белгілі функциялардың интегралдары арқылы табу шешілді (мұны Эйлер, Риккати, Лагранж, Д'Альмберт және т.б. жасады). Дифференциалдық теңдеулерді тұрақты коэффициенттермен интегралдау мәселелері сызықтық алгебраның дамуына үлкен әсер етті. 1841 жылы Лиувилл Риккати теңдеуін көрсетті:

$$y' + a(x)y + b(x)y^2 = c(x)$$

Дифференциалдық теңдеулердің сапалы теориясының негізін әйгілі француз математигі Пуанкаренің еңбектерінде қаланды. Пуанкаренің қарапайым дифференциалдық теңдеулер туралы зерттеулері оны заманауи топологияның негіздерін құруға итермеледі. Бір жағынан топология, алгебра, функционалдық талдау, функциялар теориясы және басқа математиканың жаңа маңызды жетістіктері дереу дифференциалдық теңдеулер теориясының алға басуына әкеледі және осылайша қолдану жолдарын табады. Екінші жағынан, дифференциалдық теңдеулер тілінде тұжырымдалған физика есептері математикада жаңа бағыттар тудырады, математикалық аппараттарды жетілдіру қажеттілігіне әкеледі, дамудың ішкі заңдылықтары, өзіндік есептері бар жаңа математикалық теориялар туындайды. Мысалы, ежелгі гректер планеталар өз осімен қозғалатыны анықталғанға дейін конустық кесінділерді зерттегенін еске түсірейік. Шынында да, Кеплер аспан денелерінің қозғалысы туралы теориясына дейін ежелгі гректер құрған конустық қималар теориясы екі мың жылға жуық уақыт бойы өз қолданысын таба алмады. Кеплер теориясының негізінде Ньютон барлық физика мен техниканың негізі болып табылатын механиканы жасады. Қазіргі уақытқа оралсақ, атом энергиясын игеру, ғарыштық ұшулар сияқты маңызды ғылыми-техникалық мәселелер Кеңес Одағында да ойдағыдай шешілгенін, біздің елде математика дамуының жоғары теориялық деңгейінің

арқасында болғандығын атап өтеміз. Сонымен, дифференциалдық теңдеулер теориясында математиканың негізгі даму сызығы айқындалған [8].

Дербес туындылы дифференциалдық теңдеулер теориясы функциялық талдау теориясына тереңірек ене бастады. Кейбір функционалдық кеңістіктер элементі сияқты жалпыланған шешім түсінігі енгізілді. Жалпыланған шешім идеясы С. Л. Соболевтің жұмыстарында жүйелі түрде жүргізілді.

XX ғасырдың 30-жылдары Соболевтің дифференциалдық теңдеулерді зерттеуіне байланысты қазіргі математика мен физикада маңызды роль алатын жалпыланған функциялар теориясы құрылды. С.Л. Соболев қазіргі кезде Соболев кеңістігі деп аталатын функционалды кеңістік теориясын құрды.

Қазіргі дифференциалдық теңдеулер теориясына орыс математиктері Н. Н. Боголюбов, А. Н. Колмогоров, И. Г. Петровский, Л.С. Понтрягин, С.Л. Соболев, А.Н. Тихонов және басқалар үлес қосты [9].

Қазіргі уақытта дербес туындылы дифференциалдық теңдеулер теориясы бай әрі өте кең таралған теория болып саналады. Фурье интегралдық операторларының көмегімен дифференциалдық теңдеулер шешімдерінің ерекшеліктерін тарату мәселесі зерттелді. Бұл Гюйгенстің классикалық шығармаларынан басталды.

Математиканың басқа салаларынан идеялар мен құралдарды тартудың қызықты мысалы Кортевег-де Фриз теңдеуі үшін Коши есебінің шешімі. Алынған әдіс негізінде интегралданатын сызықтық емес теңдеулер мен жүйелердің жаңа кластары табылды. Бұл жағдайда алгебралық геометрия әдістерін қолдану маңызды рөл атқарды, бұл өрістің кванттық теориясында маңызды рөл атқаратын Ян-Миллс теңдеулерін біріктіруге мүмкіндік берді.

Механика, физика ғылымдарының кейбір құбылыстары дифференциалдық теңдеулерге байланысты. Егер де қандай да бір құбылыс берілген бастапқы шарттармен дифференциалдық теңдеулер жүйелері арқылы сипатталса, онда бастапқы шарттардың кішкене өзгеруі шешімге қалай әсерін тигізетіндігі туралы сұрақ туындайды. Соңғы бір жарым-екі онжылдықта қарапайым дифференциалдық теңдеулердің сапалық теориясының бет-бейнесі күрт өзгерді. Маңызды жетістіктердің бірі – бұл аттракторлар деп аталатын шектеулі режимдердің ашылуы.

Қазіргі уақытта математикалық ұғымдарды қосымшаларға қарқынды енгізу болып жатыр. Мысалы, ламинарлық ағынның турбулентті ағынға ауысуы кезінде пайда болатын құбылыстар Рейнольдс санының артуы аттрактормен сипатталады. Аттракторларды оқып-үйрену дербес туындылы дифференциалдық теңдеулер үшін де қабылданды.

Қарапайым дифференциалдық теңдеулер теориясының тағы бір маңызды жетістігі – жүйелердің құрылымдық тұрақтылығын зерттеу болды. Кез-келген математикалық модельді қолданған кезде математикалық нәтижелерді шындыққа қолданудың дұрыстығы туралы сұрақ туындайды. Егер нәтиже модельдегі ең аз өзгеріске өте сезімтал болса, онда модельдегі кез-келген кішігірім өзгерістер мүлдем басқа қасиеттерге ие модельге әкеледі. Мұндай нәтижелерді зерттелетін нақты процеске тарату мүмкін емес, өйткені модельдеу кезінде кейбір идеализация әрқашан жүзеге асырылады және параметрлер шамамен ғана анықталады [10].

Қорытынды. Математиканың негізгі арнасы, үлкен Өзен сияқты, ең алдымен кішкентай ағындармен қоректенеді. Үлкен ашылулар, зерттеу фронтының серпілісі көбінесе көптеген зерттеушілердің қажырлы еңбегімен қамтамасыз етіледі және құралады. Жоғарыда айтылғандардың бәрі тек бүкіл математикаға ғана емес, сонымен бірге оның ең кең бөлімдерінің бірі – дифференциалдық теңдеулер теориясына қатысты, ол қазіргі уақытта қолдануға өте пайдалы және математиканың барлық басқа бөлімдерінде теориялық зерттеулерді ынталандыратын фактілер, идеялар мен әдістердің көрінетін жиынтығы болып табылады.

Дифференциалдық теңдеулер теориясының көптеген салаларының өскені соншалық, олар дербес ғылымға айналды. Математикалық теориялар мен жаратылыстану ғылымдарының қосымшаларын байланыстыратын жолдардың көпшілігі дифференциалдық теңдеулер арқылы жасалады деп айта аламыз. Сонымен, дифференциалдық теңдеулер теориясы қазіргі уақытта математиканың басқа салаларымен және оның қосымшаларымен тығыз байланысты, тез дамып келе жатқан математика саласы болып табылады.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Олейник О.А. Роль теории дифференциальных уравнений в современной математике и ее приложениях // Соросовский образовательный журнал. -1996. -Т.4. -С.46- 52
- [2] Максұт Б. Бірінші ретті жай дифференциалдық теңдеулерді параметрлеу әдісімен шешу // Taraz Regional University n.a. Kh.Dulati («Ақпараттық-коммуникативтік технологиялар» орталығы), - 2020.
- [3] Жегалов, В.И. Дополнение к случаям разрешимости задачи Гурса в квадратурах // Дифференциальные уравнения. - 2017. -Т. 53.- №2. - С. 270-273.
- [4] Ысмагул, Р.С. Решение одной счётной системы эволюционных уравнений методом укорочения // Многопрофильный научный журнал "3i - интеллект, идея, инновация" КГУ имени А.Байтурсынова, - 2014.-Т.1.- С.93-99
- [5] Полянин, А.Д. Дифференциальные уравнения с частными производными первого порядка.- учеб.пособие 2-ое изд.-М.:Юрайт, 2017. - 147 с.
- [6] Агафонов С. А. Обыкновенные дифференциальные уравнения - М.: Academia, 2018. - 352 с.
- [7] Аксенов, А.П. Дифференциальные уравнения в 2 т: Учебник и практикум для академического бакалавриата. -М: Юрайт, 2016. - 600 с.
- [8] Алексеев, Д.В. Обыкновенные дифференциальные уравнения: Вводный курс с иллюстрациями в Microsoft Excel. - М.: Ленанд, 2019. - 160 с.
- [9] Муратова Т.В. Дифференциальные уравнения: Учебник и практикум для академического бакалавриата - М: Юрайт, 2015. - 435 с.
- [10] Эльсгольц, Л.Э. Дифференциальные уравнения. - М.: Издательство ЛКИ, 2019. - 312 с.

REFERENCES

- [1] Oleynik O.A. Rol' teorii differentsial'nykh uravneniy v sovremennoy matematike i yeye prilozheniyakh // Sorosovskiy uchebnyy zhurnal. -1996. -Т.4. -С.46- 52
- [2] Maksut B. Resheniye prostykh differentsial'nykh uravneniy pervogo poryadka metodom parametrizatsii // Tarazskiy oblastnoy universitet im. KH. Dulati (Tsentr informatsionnykh i kommunikatsionnykh tekhnologiy), -2020.
- [3] Zhegalov V.I. Dopolneniye k sluchayu kvadratischnoy razreshayushchey sposobnosti Gursy // Differentsial'nyye uravneniya. - 2017. -Т. 53.- №2. - С. 270-273.
- [4] Ismagul' R.S. Resheniye yedinoy uchetnoy sistemy evolyutsionnykh uravneniy metodom sokrashcheniya // Mnogoprofil'nyy nauchnyy zhurnal «3i - intellekt, ideya, innovatsiya» KGU im. A. Baytursynova, - 2014.-Tom 1.- С.93- 99
- [5] Polyenin, A. Differentsial'nyye uravneniya s chastnym proizvodstvom pervogo poryadka. - Uchebnoye posobiye 2-ye izd. -М.: Yurayt, 2017. - 147 s.
- [6] Agafonov S. A. Obyknovennyye differentsial'nyye uravneniya - М.: Academia, 2018. - 352 s.
- [7] Aksenov, A. Differentsial'nyye uravneniya v 2-kh tomakh: Uchebnik i praktikum dlya akademicheskogo bakalavriata. -М: Yurayt, 2016. - 600 s.
- [8] Alekseyev, D.V. Obshchiye differentsial'nyye uravneniya: vvodnyy kurs s illyustratsiyami v Microsoft Excel. - М.: Lenand, 2019. - 160 s.
- [9] Muratova T.V. Differentsial'nyye uravneniya: Uchebnik i praktikum dlya akademicheskogo bakalavriata - М.: Yurayt, 2015. - 435 s.
- [10] El'sgol'ts, L. Differentsial'nyye uravneniya. - М.: Izdatel'stvo LKI, 2019. - 312 s.

А.Х.Ануарбекова*, Р.С.Ысмагул

Костанайский региональный университет им.А.Байтурсынова, Костанай, Казахстан

*e-mail: aikostanay@mail.ru

РОЛЬ ТЕОРИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В СОВРЕМЕННОЙ МАТЕМАТИКЕ И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯХ

Аннотация. В статье рассказывается о роли теории дифференциальных уравнений в современной математике и ее приложении. Для описания его места в современной математической науке, прежде всего, выделены основные черты теории дифференциальных уравнений, состоящей из двух широких областей математики: теории обыкновенных дифференциальных уравнений и теории частных производных дифференциальных уравнений. Первой особенностью этой теории является ее тесная связь с приложениями.

Отмечается, что теория дифференциальных уравнений, в первую очередь, базируется на формулировании и понимании количественных и качественных закономерностей, составляющих содержание наук о природе как составной части естествознания.

В статье также подчеркивается вторая особенность теории дифференциальных уравнений, ее связь с другими областями математики, такими как функциональный анализ, алгебра и теория вероятностей. Целью рассматриваемой статьи является выявление современных проблем теории дифференциальных уравнений и построение системы соответствующих задач.

Ключевые слова: дифференциальное уравнение, математическая модель, приложение, обыкновенное дифференциальное уравнение, уравнение в частных производных.

A.Kh.Anuarbekova*, R.S.Ysmagul

Kostanay region University named after A.Baytursynova, Kostanay, Kazakhstan

*e-mail: aikostanay@mail.ru

THE ROLE OF THE THEORY DIFFERENTIAL EQUATIONS IN MODERN MATHEMATICS AND ITS APPLICATIONS

Abstract. The article describes the role of the theory of differential equations in modern mathematics and its application. To describe its place in modern mathematical science, first of all, the main features of the theory of differential equations, consisting of two broad areas of mathematics: the theory of ordinary differential equations and the theory of partial differential equations, are highlighted. The first feature of this theory is its close connection with applications.

It is noted that the theory of differential equations is primarily based on the formulation and understanding of quantitative and qualitative laws that make up the content of the natural sciences as an integral part of natural science.

The article also emphasizes the second feature of the theory of differential equations, its connection with other areas of mathematics, such as functional analysis, algebra and probability theory.

The purpose of this article is to identify modern problems in the theory of differential equations and to construct a system of corresponding problems.

Key words: differential equations, mathematical model, applications, ordinary differential equations, partial differential equation.

Н.С. Баймулдина, А.Е.Батыргалиева*

Казахский национальный университет им.аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*e-mail: batyrgalieva.aisaule@mail.ru

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЕЙ

Аннотация. В данной статье рассматриваются современные технологии защиты корпоративных сетей. Используя технологии защиты корпоративных сетей разработчики программного обеспечения могут гарантировать безопасность программного обеспечения там, где оно будет использоваться. Но есть атаки, для которых инженер сетевой системы должен иметь лучшие средства защиты.

Ключевые слова: интернет, протокол, шифрование, ключ, средства защиты, алгоритм шифрования.

Введение. Информационная безопасность в корпоративной сети является одной из основных задач, решаемых при построении информационной безопасности на предприятии. Для этого необходимо разделять сотрудникам доступ к информационным ресурсам и предотвращать несанкционированный доступ к данным внутри корпоративной сети, а также извне. При построении защиты используются программные решения в области информационной безопасности, которые позволяют настраивать политику безопасности предприятия, централизованно управлять процессами безопасности, интегрировать различные механизмы в единую систему и распределять разные роли для администрирования защищенной системы. Есть много способов атаки на корпоративную сеть. В процессе работы информационной системы риски сводятся к оптимальному значению потери таких основных свойств информации, как: целостность, конфиденциальность и доступность. В то же время риски остаются вне зависимости от эффективности используемой системы защиты.

В настоящее время практически вся информация хранится в цифровом виде. Цифровую информацию всегда легко, дешево и быстро скопировать. И большинство услуг включает в себя доступ через сеть. Это обязательно в большинстве случаев, как банкомат или система бронирования мест. Информация должна быть актуальной и доступной каждый раз, когда это необходимо. Это делает систему уязвимой. Поскольку Интернет-это открытая сеть, мы должны предполагать, что всегда есть кто-то, кто слушает, кто заинтересован в нашей информации. Мы должны использовать подходящий метод для обеспечения нашей конфиденциальности. Метод сильно зависит от случая. Нам нужно оценить, насколько важной информацией мы располагаем, и кто в ней заинтересован. Это самая важная информация при выборе метода защиты.

Эта область очень широка, и у разных компаний разные потребности в безопасности информационных систем. Банки и IT-компании разные, но и у тех, и у других много материала, который не может быть публичным. Тем не менее, деловой партнер может иметь доступ к этому материалу.

Онлайн-бизнес сам решает свои проблемы в этой среде. И просто иметь бизнес в Интернете. Им нужны совершенно новые, очень требовательные решения в области безопасности. Гораздо проще играть в ковбоя в Интернете, чем на обычном рынке. Все большая доля услуг может быть доступна в Интернете.

1. Средства защиты для сетей TCP/IP

Интернет состоит из множества сетей. Сеть нуждается в некоторых протоколах для передачи и приема данных. TCP/IP-это семейство протоколов, которое в настоящее время широко используется практически в каждой сетевой системе.

IP-это протокол без подключения. Это означает, что данный протокол не гарантирует правильную доставку данных. IP заботится о необходимой маршрутизации в Интернете. TCP-это протокол, ориентированный на соединение, и он обеспечивает доставку данных к получателю. Протокол TCP работает по протоколу IP. TCP/IP состоит из многих других субпротоколов, но в этом контексте нет необходимости понимать их все. TCP/IP-это просто способ передачи данных. Он не отвечает на вопросы безопасности. Поэтому необходимы специальные протоколы и способы обеспечения безопасности. И далее мы рассмотрим наиболее используемые и наиболее важные способы этого закрепления. [2]

1.1 SSL (Secure Socket Layer)

Это использование в WWW-среде (World Wide Web). Существуют 40-битные и 128-битные версии SSL - шифрования. Это широко используется в онлайн-банковских и рыночных системах. SSL-это протокол, созданный компанией Netscape Communications. Его цель - обеспечить конфиденциальность и целостность сообщений при использовании соединений TCP/IP. В онлайн-банковской системе личная информация передается с использованием SSL - шифрования, но "безвредная" информация, то есть информация, не нуждающаяся в защите, не шифруется.

Протокол используется через TCP/IP и ниже HTTP или IMAP. Когда SSL используется, например, для обеспечения безопасности протоколов HTTP, HTTP-пакет инкапсулируется и шифруется в SSL - пакете, который инкапсулируется в TCP-пакете. 40-битная версия SSL-шифрования не может считаться безопасной, но, насколько мы знаем сейчас, 128-битная по-прежнему безопасна для общего использования. SSL-протокол состоит из множества подпротоколов, которые я здесь не привожу. Алгоритм шифрования в SSL может быть, например, DES, triple-DES или RC4. RC4-это алгоритм потокового шифрования, который используется в сетях GSM и беспроводной локальной сети. Существуют различные версии SSL; самые большие различия между ними заключаются в поддерживаемых алгоритмах шифрования и возможностях цифровой подписи. [3, 4, 5]

1.2 SSH (Secure SHell)

SSH изначально был создан Тату Илененом, финским сетевым ученым. SSH-это защищенный терминал-эмулятор. Он предназначен для замены небезопасного TELNET-соединения. Эти соединения очень небезопасны, и никто не должен предлагать какие-либо услуги по протоколу TELNET. SSH - это единственный выбор, который мы можем сделать, когда кто-то предлагает такие услуги удаленного доступа. SSH также обеспечивает надежное шифрование по разумной цене. Использование ssh-терминала очень просто, но туннелирование может быть сложным. И только некоторые SSH-клиенты даже поддерживают туннелирование портов. Кроме того, SSH может использовать различные алгоритмы шифрования, такие как IDEA, DES и triple-DES. С помощью SSH можно сделать безопасный туннель из точки в точку и передать в него любую TCP/IP связь. Таким образом, этот протокол подходит для самых разных видов использования. [6]

Например, внутренние передачи данных компании могут быть туннелированы через SSH. Например, взаимодействие между веб-сервером online markets и сервером клиентской базы данных. А когда у компании есть компьютеры в разных местах, удаленный доступ должен использовать SSH вместо TELNET. Например, в моей работе у нас есть огромное количество маршрутизаторов и коммутаторов, которыми мы управляем удаленно. Этот контроль должен использовать SSH, иначе информация может быть скомпрометирована.

1.3 PGP (Pretty Good Privacy)

PGP-это инструмент защиты, созданный Филиппом Циммерманом. Это должно сделать электронную коммуникацию более безопасной, и это действительно так, но PGP нелегко использовать. Первоначально он был предназначен только для частного использования. Но она быстро распространилась по всему миру через Интернет. PGP использует криптографию с открытым ключом для шифрования почты и других данных. Вам нужно знать открытый

ключ для шифрования. Но для расшифровки вам нужен закрытый ключ. Закрытый ключ не может быть скомпрометирован, потому что, если это произойдет, каждое сообщение также будет скомпрометировано. PGP использует два различных алгоритма шифрования. Сначала сообщение шифруется случайным образом выбранным ключом с использованием алгоритма шифрования IDEA. IDEA расшифровывается как Международный алгоритм шифрования. IDEA-это симметричная криптосистема, поэтому для шифрования и дешифрования используется один и тот же ключ. Затем ключ шифруется с помощью алгоритма RSA. И этот зашифрованный ключ IDEA вложен в сообщение.

Почему это делается так сложно? Ответ таков: IDEA-это гораздо более быстрый алгоритм, чем RSA. Если бы большой объем данных был зашифрован с помощью алгоритма RSA, это заняло бы много процессорного времени. Обе криптосистемы сильны, и это, при правильном дизайне, делает PGP сильным шифром. PGP не идеален, совсем нет. Проблема заключается в количестве открытых ключей (брелоков). Эта сумма может быстро расти, и ею трудно управлять. Даже в одной компании это может сделать этот метод совершенно невозможным. Именно по этой причине PGP до сих пор используется в основном частными лицами, а не компаниями. [7]

PGP может решить проблемы с безопасностью электронной почты компании. Но из-за управления ключами это не всегда идеальное решение.

1.4 IPSec (IP Security Protocol)

IPSec предназначен для обеспечения безопасности на сетевом уровне. IETF (Internet Engineering Task Force) координирует разработку. IPSec указан в RFC (Request For Comments) 1825-1829. IPSec может использоваться поверх IPv4 и является частью архитектуры IPv6. IPSec не определяет алгоритмы шифрования или аутентификации.

IPSec использует заголовок аутентификации (AH) для аутентификации и Инкапсулирующую полезную нагрузку безопасности (ESP) для безопасной передачи данных. Есть два способа использования ESP. Его можно использовать для туннелирования так, чтобы весь IP-пакет был зашифрован и инкапсулирован в IPSec - пакеты ESP-части кадра. Или просто часть данных IP-пакета может быть зашифрована и инкапсулирована. Они предназначены для различного рода использования.

Режим туннелирования может использоваться для соединения двух (или более) доверенных сетей через небезопасную сеть. Это делается двумя шлюзами, расположенными между доверенной сетью и небезопасной сетью, и туннелирующими весь трафик между ними.

Транспортный режим также может быть использован, но он не гарантирует полностью тот же уровень безопасности, что и режим туннелирования. Этот режим также может быть использован в сетевых решениях host-to-host и host-to-trusted. И компьютеры в доверенных сетях, конечно, могут использовать этот метод.

IPSec требует, чтобы отправитель и получатель могли совместно использовать свои открытые ключи. Существует специальный протокол, предназначенный для этого использования, называемый ISAKMP (Internet Security Association and Key Management Protocol).

Преимущества IPSec заключаются в прозрачности для верхних слоев. Использование IPSec не требует каких-либо изменений в приложениях. IPSec может быть включен в брандмауэры и архитектуру брандмауэра.

Недостатки заключаются в том, что на сетевом уровне различные потребности приложения в безопасности не могут быть разделены. И еще один недостаток заключается в том, что нет единого решения, которое могло бы быть решением всех проблем безопасности. [12, 13]

1.5 WEP (Wireless Encryption Protocol)

WEP-это стандарт шифрования в беспроводных Ethernet-решениях. WEP использует алгоритм шифрования RC4. WLAN (Беспроводная локальная сеть) использует 40-битное или 128-битное шифрование ключи. Эта криптосистема сильно критикуется, но ей по-прежнему доверяют большинство компаний. В августе 2001 года Флюерер, Мантин и Шамир опубликовали научную статью о слабых сторонах алгоритма планирования ключей RC4. В WEP-алгоритме есть ошибка, которая делает возможной очень опасную атаку. Можно скомпрометировать ключ шифрования, просто прослушав передачу. Эта атака полностью пассивна, и никто не может узнать, была ли эта атака сделана или кто-то просто делает эту атаку. WEP никоим образом не безопасен. Проблема не в алгоритме RC4, а в том, как WEP его использует. Компании обязательно должны иметь какие-то другие методы защиты интранета компании. Мое мнение заключается в том, что безопасность должна рассматриваться также на более высоких уровнях топологии сетевого протокола. Если мы примем на уровне TCP предположение, что все может быть прослушано, и разработаем безопасное программное обеспечение для этой среды, у нас будет хорошая основа для создания безопасной сетевой системы. Проблема WEP позволяет легко установить пиратский компьютер в интранет компании. Таким образом, брандмауэр не является решением этой проблемы. Если у компании есть очень секретная информация, компания не должна использовать беспроводную сеть или эта беспроводная сеть должна быть отдельно от интранета компании. [8, 9]

1.6 VPN (Virtual Private Network)

VPN-это метод безопасности, позволяющий подключать две (или более) частные сети через Интернет. Основная идея заключается в том, что VPN-маршрутизатор шифрует весь IP-пакет и отправляет его через Интернет. Это называется VPN-туннелем. Это намного дешевле, чем подключение по арендованной линии. И VPN может быть полностью прозрачным для приложений. Это самая важная идея VPN. VPN распространены, и их количество растет с каждым днем. Больше нет необходимости во всемирной сети компаний, основанной на арендованных линиях. VPN не говорит, какой протокол шифрования или метод аутентификации должен использоваться. VPN-это всего лишь требования для безопасного подключения двух (или более) сетей. [10]

2. Кое-что об используемых алгоритмах

Если нам нужна надежная конфиденциальная информация, нам нужна сильная криптография. Используя криптографию, мы можем блокировать распространение информации посторонним лицам, но в то же время можем передавать ее уполномоченным лицам. Криптография-это всего лишь инструмент, и если ее неправильно использовать, она не будет иметь никакого смысла. А поскольку приложения различны, существуют различные криптографические системы для различных нужд. Безопасность может быть обеспечена на разных уровнях сети. Но нет единого решения, которое подходило бы для всех. И нет ни одного слоя, который был бы более важен для защиты, чем любой другой.

Существует два вида шифрования: симметричное и асимметричное. В симметричной криптографии существует только один секретный ключ (“пароль”), который используется для шифрования и дешифрования. В криптографии с открытым ключом для этих целей используются два разных ключа. Технически шифры можно разделить на две категории: блочные и потоковые. Blockcipher нуждается в блоке, например, 64-битном образце для кодирования или декодирования. Потоковый шифр принимает бит за битом. Блочный шифр может менять, например, битовые места в некоторой последовательности. Потоковый шифр каждый бит находится в порядке, и шифрование базируется только на предыдущих битах и на ключе шифра. [1]

2.1 RSA (Rivest, Shamir, Adleman)

RSA-это криптосистема с открытым ключом, которая основана на том, что факторизация больших чисел является очень сложной операцией. Другими словами, когда умножаются два больших простых числа, почти невозможно получить эти два простых числа из результата. Этот “факт” не доказан математически, поэтому когда-нибудь кто-нибудь найдет для этого простой метод. Однако это крайне маловероятно. RSA хорошо известен и хорошо изучен, и он все еще хранится как сильный шифр. Недостатком является то, что алгоритм является математически тяжелым. Шифрование больших объемов данных происходит очень медленно. [1]

2.2 DES, 3DES (Data Encryption Standard)

Это может быть самая известная криптосистема. Этот алгоритм был разработан исследователями в IBM в 70-х годах. DES-это симметричный алгоритм шифрования, который означает, что один и тот же ключ используется при шифровании и дешифровании. АНБ прочно ассоциируется с DES. Когда IBM создавала DES, АНБ внесло некоторые изменения и никак не оспаривало их. Из-за этих причин некоторые скептики подозревают, что АНБ вставило бы “черный ход” в DES. Это облегчило бы прослушивание и контроль сообщений, которые шифруются с помощью DES. DES-это блочный шифр; данные шифруются в 64-битных длинных блоках. DES предназначен для аппаратного шифрования, но в настоящее время также используются программные решения, поскольку компьютеры гораздо быстрее, чем в 70-е годы. Но DES использует 56-битную длину ключа, которая абсолютно слишком коротка для безопасного использования. Даже домашние компьютеры могут совершить атаку грубой силы против DES в разумные сроки. 3DES-это решение этой проблемы; он использует три различных 56-битных ключа, которые так же безопасны, как и один 168-битный ключ. [1]

3. Другие методы, необходимые для обеспечения безопасности

3.1 Брандмауэр

Брандмауэр используется для предотвращения несанкционированного доступа к интрасети компании. Это очень важная часть политики безопасности компании. В настоящее время это самый важный способ защиты цифровой информации компаний. Брандмауэр фильтрует трафик, и входящие соединения могут быть ограничены или полностью ограничены. При этом весь необычный трафик хранится в лог-файлах для более детального анализа. Брандмауэр может быть настроен таким образом, чтобы партнеры по сотрудничеству и дочерние компании могли иметь доступ к интрасети. Брандмауэр физически располагается между собственной интрасетью компании и общедоступным Интернетом. Трафик между этими сетями проходит через брандмауэр. В большой компании или если компания имеет много другой информации, эти области могут быть разделены брандмауэрами.

4. SET (Secure Electronic Transaction)

SET - это решение для безопасной оплаты в Интернете, разработанное Visa и Mastercard. SET делает возможными безопасные платежи без значительных изменений в бизнес-системах. SET - это открытый стандарт, который широко поддерживается. Большинство компаний-разработчиков программного обеспечения и банков поддерживают этот стандарт. SET-стандарт нацелен на предоставление каждому участнику торговли безопасного способа оплаты. Совместимость также является ключевой проблемой. SET разработан с учетом того, что сеть небезопасна. Как я уже упоминал ранее, это хорошая основа для безопасной системы. SET был опубликован в июне 1997 года. SET может использоваться при оплате кредитной или банковской картой. На первом этапе принимаются только платежи по кредитной карте. SET выполняет все необходимые проверки подлинности и безопасности на уровне приложений. Так что он совместим с любой архитектурой. Это идеально. Но SET не так широко используется, по крайней мере, пока. [11]

5. Как использовать эти методы на практике?

5.1 Продовольственный магазин (пример)

Веб-магазин может быть реализован с использованием 128-битного SSL-шифрования. В этом случае платежи по кредитным картам, заказы и т. Д. Информация передается безопасным способом. Информация, которая предназначена только для внутреннего использования, должна быть защищена брандмауэром. Это ограничивает любую попытку получить доступ к этой информации. Если мы хотим разрешить доставку товаров для доступа к базе данных склада, это можно сделать, разрешив этот доступ только с определенных IP-адресов. И доступ разрешен только к этой базе данных. SET- это лучший способ оплаты. Это обеспечивает наилучшую совместимость и минимизирует инвестиции в устройство, а также не требует безопасности в сети, поскольку этот протокол сам по себе безопасен и предназначен для небезопасных сред. Таким образом, безопасность не требуется на более низких уровнях протокола.

На рис. 1 это представляло собой решение. На этом рисунке переданные данные защищены с помощью SSL-шифрования между онлайн-рынком и клиентом. Пунктирная линия описывает внутреннюю сеть компании. Эта сеть изолирована с помощью брандмауэров, и внешние соединения, как с клиентом, так и с банком, передаются через брандмауэр. Клиент использует также прямое соединение с банком, для этого используется SET протокол. Внутри компании сетевые программы используют алгоритм 3DES, чтобы гарантировать, что даже если кто-то имеет незаконный доступ к интранету компании, передаваемые секреты не находятся в опасности.

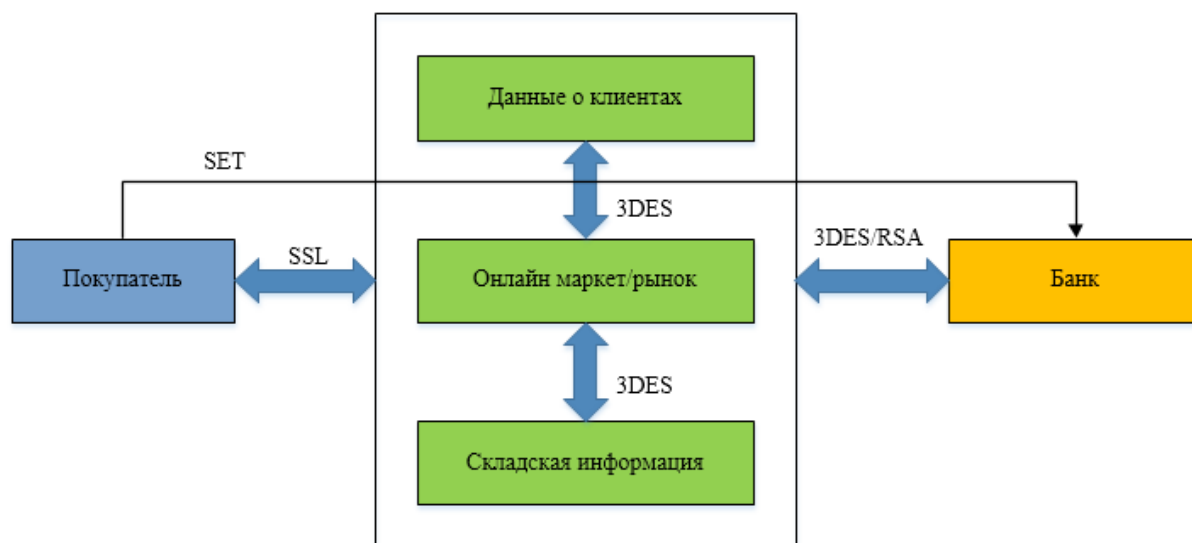


Рис. 1. Пример решения для онлайн-рынка

6. Как и кто выбирает правильный метод

Ответственность за разработку методов безопасности лежит на администрировании данных. Администрация данных должна назвать лицо, ответственное за поиск, и указать методы, необходимые для сохранения информации компании в тайне. Этот человек должен полагаться на свои собственные знания и при необходимости консультироваться с другими профессионалами. Политика безопасности должна быть принята директорами компании. Но каждый сотрудник должен взять на себя обязательство следовать политике безопасности. Если этого не сделать, то это документ без какого-либо практического использования. Но в каждой компании, независимо от размера, должна быть написана политика безопасности.

Политика безопасности включает в себя правила контроля доступа и принципы измерения уровня безопасности информации.

Выводы. Решения и инструменты безопасности должны использоваться на всех уровнях OSI. В лаборатории или в очень маленьком бизнесе мы могли бы выжить, обеспечив только прикладной уровень, но в гетерогенном реальном мире это невозможно. И что самое главное, разработчик программного обеспечения никогда не должен предполагать ничего (хорошего) о сетевой безопасности. И наоборот, инженер сетевой системы не должен ничего предполагать о безопасности приложения. Инженер сетевой системы не может гарантировать безопасность во всем Интернете, это факт. Но разработчик программного обеспечения может гарантировать безопасность программного обеспечения там, где оно будет использоваться. Нет абсолютно никакой идеи о повторном шифровании данных на всех уровнях протокола, что не дает никакой дополнительной безопасности. Но вопросы безопасности должны рассматриваться на всех уровнях. Все слои разные, и угрозы разные.

И техника-это еще не все. Дело в том, что их нужно использовать с умом. Компания нуждается в политике безопасности. И информация должна быть отсортирована по разным уровням безопасности. Доступ к контуру также является ключевым вопросом: кто, когда и где уполномочен получать доступ к этой информации? Об этом должно быть сказано в политике безопасности компании. И каждая компания тоже отличается, нет единого подходящего для всех решения, решения очень зависят от конкретного случая.

REFERENCES

- [1] Bruce Schneier. *Applied Cryptography*. Wiley 1996.
- [2] H. Gilbert. *Introduction to TCP/IP*, 2.2.1995, [referred 7.11.2001].
- [3] Netscape Corporation. *Introduction to SSL*, 1998, [referred 15.10.2001].
- [4] N.N. *Designing a Secured Website*, [referred 15.12.2001].
- [5] Peter Robinson. *Understanding Digital Certificates and Secure Sockets Layer (SSL)*, January 2001, [referred 15.12.2001].
- [6] Tatu Ylönen. *SSH – Secure Login Connections over the Internet*, March 1996, [referred 15.12.2001].
- [7] J. Callas, L. Donnerhake. *OpenPGP Message Format*, [referred 15.10.2001].
- [8] Scott Fluhrer, Itsik Mantin, Adi Shamir. *Weaknesses in the Key Scheduling Algorithm of RC4*, [referred 15.10.2001].
- [9] N.N. *Mobile LAN Secure Position*, [referred 15.12.2001].
- [10] Egil Halvorsen, Rune Hansen. *IPSec based Virtual Private Networks (VPNs)*, [referred 15.12.2001].
- [11] TIVIKE. *Elektronisen kaupankäynnin SET-ratkaisu*, June 2001, [referred 15.10.2001].
- [12] Ghislaine Labouret. *IPsec: a technical overview*, June 16, 2000, [referred 15.12.2001].
- [13] N.N. *IP Security Protocol (ipsec)*, November 2, 2001, [referred 15.12.2001].

Н.С. Баймулдина, А.Е. Батыргалиева*

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: batyrgalieva.aisaule@mail.ru

КОРПОРАТИВТІК ЖЕЛІЛЕРДІ ҚОРҒАУДЫҢ ЗАМАНАУИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

Аңдатпа. Бұл мақалада корпоративтік желілерді қорғаудың заманауи технологиялары қарастырылады. Корпоративтік желілерді қорғау технологиясын қолдана отырып, бағдарламалық жасақтама жасаушылар бағдарламалық жасақтаманың қауіпсіздігін қамтамасыз ете алады. Бірақ желілік жүйенің инженері ең жақсы қорғаныс құралдарына ие болуы керек шабуылдар бар.

Негізгі сөздер: интернет, хаттама, шифрлау, кілт, қорғау құралдары, шифрлеу алгоритмі.

N.S. Baimuldina, A.Ye. Batyrgaliyeva*

al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: batyrgaliyeva.aisaule@mail.ru

MODERN TECHNOLOGIES FOR PROTECTING CORPORATE NETWORKS

Abstract. This article discusses modern technologies for protecting corporate networks. Using corporate network protection technologies, software developers can guarantee the security of software where it will be used. But there are attacks for which a network system engineer should have the best means of protection.

Keywords: internet, protocol, encryption, key, security tools, encryption algorithm.

• ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ӘОЖ 669.15

<https://doi.org/10.51301/vest.su.2021.i5.09>

¹А.М. Әбдірашит, ¹Б.С. Келаманов, ²Е.Б. Тажиев, ¹Н.З. Нурғали, ³О.В. Заякин
¹Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, Ақтөбе, Қазақстан
²Satbayev University, Алматы, Қазақстан
³Металлургия институты, Ресей ғылым академиясының Орал филиалы,
Екатеринбург, Ресей
*e-mail.ru: asik_942017@mail.ru

ФЕРРОСИЛИКОАЛЮМИНИЙ ӨНДІРІСІНІҢ ГАЗ ТАЗАРТҚЫШ ШАҢЫНЫҢ БРИКЕТІНЕ ЖҮРГІЗІЛГЕН СПЕКТРЛІК ТАЛДАУ

Аңдатпа. Бұл мақалада ферросиликоалюминий қорытпасын балқыту барысында түзілетін шанды брикет жасау арқылы екінші өнім ретінде өндірісте пайдалану мақсатында спектрлік талдау нәтижесі көрсетілген. Екі үлгі бойынша жасалынған брикеттерді Тамман пешінде изотермиялық ұсталым жасап, алынған өнімдерге спектралды жасау жүргізілді. Талдау нәтижесінде шаңның құрамында негізгі кремний және алюминий тотықтары каолинит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) түрінде емес, жеке-жеке SiO_2 және Al_2O_3 түрінде кездесетіндігі, сондай-ақ 1600°C температураға қыздыру барысында мулиттің ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) болмауы мен бірден кремний карбидінің SiC түзілетіндігі, сондай-ақ жалпы 43,73% карбид түзілетіндігі анықталды.

Нәтижесінде қалдық ретінде қалған шанды брикет жасай отыра өндіріске қайтару арқылы экологиялық және экономикалық мәселелердің шешімін тауып, сондай-ақ балқыту үрдісінің электр режимін оңтайландыратын шикізат алынды.

Негізгі сөздер: ферросиликоалюминий шаңы, брикет, меншікті электр кедергі, Тамман пеші, газ тазартқыш.

Кіріспе. Жоғары кремнийлі және кремний-алюминий ферроқорытпалар өндірісінің негізгі маталы сүзгідегі құрғақ газ тазартқыштарда ауланатын және сонда газ тәріздес өнім болып отыратын шаң түріндегі қалдықтардың аса көп мөлшерде түзілуімен жүргізіледі. Мойындық шаңының ұсақ дисперсті ($0,4\text{--}0,5$ мкм) болуына байланысты оны сақтауда және қоймалауда елеулі қиындықтар туындайды [1-6].

Әдістер. Осы жұмыста «KSP Steel» ЖШС-дегі ферросиликоалюминий өндірісінде құрғақ газ тазартқыштарда түзілетін шаңның физика-химиялық қасиеттері зерттелді. Қазіргі таңда ФС55А15 сортында ФСА-дің 1 тоннасын балқыту кезінде 300 кг шамасында шаң түзіледі [7]. Осындай көп мөлшеріндегі мойындық шаңының түзілуі аса күлді көмірлі шикізаттардың қолданылуымен ФСА-ді балқытудағы технологияның ерекшелігімен түсіндіріледі.

Көмірлі шикізаттардың ылғал бөлігіндегі қорытпа құрамында кремний мен алюминийдің тотықсыздануы мулит, карбид және кремний мен алюминийдің газтекес субтотықтары болып табылатын аралық қосылыстардың түзілуімен жүргізіледі. Газтекес субтотықтардың үрдістің $1800\text{--}2200^\circ\text{C}$ температурасы кезінде реакциялық аймақтан жойылуымен 1-2 реакция бойынша түзілуі кремний мен алюминийдің қорытпаға өтуіне оң әсерін тигізеді.



Жоғары кремнийлі қорытпаларды, соның ішінде ФСА-ді балқыту кезінде субтотықтарды аулау үшін қажетті шарт болып газ тектес субтотықтарды шикіқұрамның салқын бөлігінде конденсацияланып, қайтадан реакциялық аймаққа қайтару әдісімен аулауға мүмкіндік беретін, реакциялық аймақтың бетінде сүзгілі қабат болып табылатын белгілі шикіқұрам қабаты табылады. Осыған қарамастан, кремний мен алюминийдің газдық фазаға субтотық түрінде жоғалуына 15-25%-ды құрайды. Ал, ол дегеніміз өндірістің техико-экономикалық көрсеткішіне теріс көрінісін көрсетеді. Жаңа жүйедегі құрғақ түріндегі газ тазартқыштар газды тазартуды 98-99% өндіруге мүмкіндік береді. Тазартылған газдың құрамындағы шаңның саны 20-50 мг/см³ құрайды. Қолданыстағы өндірістің талдау нәтижелері қызмет ететін жұмысшылардың біліктілігі мен балқыту барысына байланысты балқытылатын ФСА-дің 1 тоннасында 300 кг дейінгі шамада шаң түзілуін көрсетеді [8].

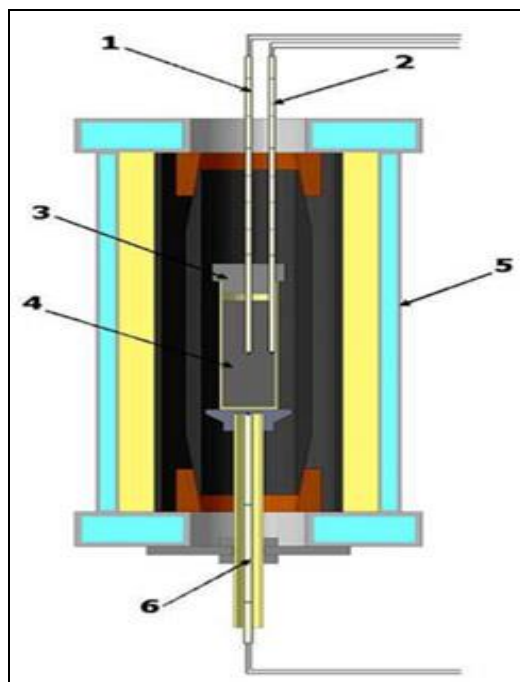
Талқылау. Ферросиликоалюминий өндірісіндегі құрғақ маталы газ тазартқыштарда түзілген ұсақ микродисперсті шаңның химиялық құрамы 1-ші кестеде келтірілген.

Кесте 1. ФСА-ді балқыту кезінде құрғақ газ тазартқыштарда түзілген шаңның химиялық құрамы

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	C
73-75	17-20	0,8-1,3	3,0-4,5	2,5-3,5	0,4-0,6	1,4-1,7	2-3

Құрамында 90% шамасында SiO₂ және Al₂O₃ субтотықтардың жинақталу және тотығу өнімдерінен құралатын ауланған шаң орташа нақты бетінің ауданы 15-20 м²/г болатын аморфты кремнезем мен глиноземнің жоғары құрамына ие сфералық бөлік түріндегі жұқа өнімді құрайды.

Ферросиликоалюминий өндірісіндегі түзілген шаңның балку температурасын анықтау бойынша зерттеу жұмыстары 1-ші суретте көрсетілген жоғары температуралы Тамман пешінде жүргізілді.



Сурет 1. Жоғары температуралы Тамман пеші:

1-цилиндр осіндегі термопара; 2-цилиндр бетіндегі термопара; 3-графитті түтікше; 4-зерттелетін үлгідегі алундты тигель; 5-Тамман пеші; 6-пештегі температураны бақылайтын термопара

Ол үшін зертханалық престерде ФСА өндірісінің шағына арнайы коксты араластыра отырып, брикеттер жасалынды. Брикеттер байланыстырғыш материалдар ретінде сұйық шыны қолданумен өндірілді. Жасалынған брикеттерді бөлме температурасында бір күн кептірген соң олардың балқу температурасын анықтау мақсатында алундты тигельге салып, пешке орналастырдық. 1200⁰С температурада брикеттердің көлемінің ұлғаюы байқалды. Температура 1250⁰С жеткенде түтін бөліне бастады. 1450⁰С температура кезінде брикеттер жұмсара бастады. Брикеттер 1470⁰С болған кезде толығымен балқыды.

Яғни, жасалынған зертханалық жұмыстар нәтижелерін қорытындылай келе, шаңмен бірге көміртекті тотықсыздандырғыш ретінде арнайы коксты қолданып жасаған брикеттің балқу температурасы 1470⁰С екендігіне көз жеткіздік.

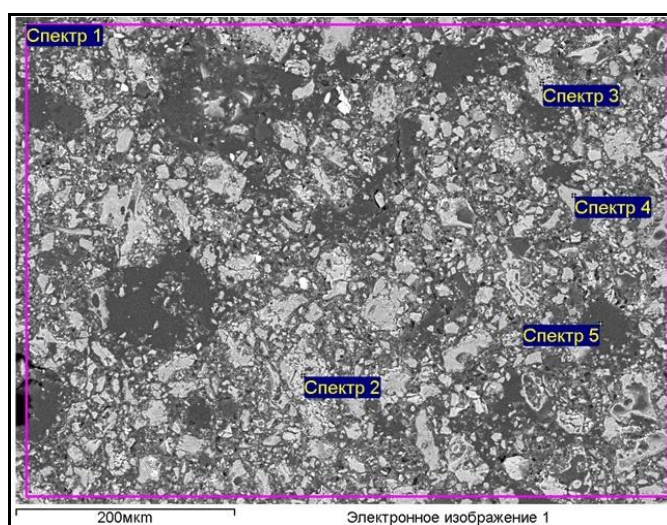
ФСА-дің шаңы мен арнайы кокстан жасалынған брикеттерді Тамман пешінде 1600⁰С температурада 1 сағат изотермиялық ұстау нәтижесінде алынған шикіқұрамның толық құрамын анықтау мақсатында Челябинск қаласында орналасқан Оңтүстік-Урал мемлекеттік университетінде спектральдық талдауға сынақ жүргізілген болатын. Базалық және артық фазалардың құрылымын миллион рет үлкейтуге мүмкіндік беретін вольфрамды катодтағы JSM-7001F маркалы сканирлеуші электрондық микроскоптың көмегімен зерттедік. Сканирлеуші электрондық микроскоптың техникалық сипаттамалары келесідей:

- жылдамдатқыш кернеу 200 В – 30 кВ, зондтағы ток 1 пА – мкА;
- 3 нм-ге рұқсат етілген (30 кВ кезінде), 1 000 000 × дейін ұлғайтылады;
- камерадағы төменгі вакуум кезінде жұмыс мүмкіндігі (500 Па-ға дейін)
- екіншілік электрондардың (SE), шағылысқан электрондардың детекторы (BSE).

Алдын-ала дайындалған шлифтердің бетін мұқият азот қышқылындағы спиртті ерітіндімен (4% азот қышқылы + спирт) өңделді және жылтыратылды. Бұл реактив зерттелетін материалдың жалпы құрылымын анықтау үшін жарамды болып табылатын макрореактив ретінде кеңінен қолданылады. Жақсы нәтижеге қол жеткізу мақсатында жылтырату және өңдеу үрдісін бірнеше рет қайталадық. Өңдеуден қалған қалдықтар этил спиртіндегі мақтамен жойылды, одан кейін шлиф сүзгіш қағазбен кептірілді.

Зерттелетін материалдың микроқұрылымын анықтау мақсатында әр түрлі ұлғайтылымдар (×40, ×100, ×200, ×500, ×1000, ×2000, ×3000) жүргізілді.

Жұмыс барысында ×200 ұлғайту кезінде шлифтегі үлгінің кескіні анық көрінуіне байланысты зерттеуге қолайлы деп таңдалынды. Соның ішінде ерекше көзге көрінген 5 спектрге зерттеу жүргізілді. Алынған үлгінің микроқұрылымы 2-суретте келтірілген.



Сурет 2. JSM-7001F маркалы сканирлеуші электрондық микроскопта ×200 ұлғайту кезінде алынған үлгінің микроқұрылымы

Атомдық пайызда келтірілген барлық спектрлардың химиялық құрамы 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2. Үлгіні ×200 ұлғайту кезінде анықталған атомдық пайызда келтірілген барлық спектрлардың химиялық құрамы

Спекторлар	Элементтердің құрамы, %, атомдық							Σ
	C	O	Mg	Al	Si	Ca	Fe	
Спектр 1	88	-	0,1	2,7	8,7	0,2	0,2	100
Спектр 2	59	-	0,9	19,4	2	0,4	0,3	100
Спектр 3	0	61,4	1,5	29,7	7,1	0,1	0,2	100
Спектр 4	72	-	-	1,2	26,9	-	0,1	100
Спектр 5	100	-	-	-	-	-	-	100
Макс.	100	61,4	1,5	29,7	26,9	0,4	0,3	-
Мин.	0	0	0,1	1,2	2	0,1	0,1	-

Келтірілген кестеден байқап отырғанымыздай, 1, 2, 4-спектрларда қосындылар көміртегімен кездеседі, ал 3-спектрда оттегімен байланыс жасайды. Сонымен қатар, 5-спектрда барлық элементтердің көміртегімен байланысы жоқ екендігін көруімізге болады. Осыған байланысты көміртегі кездесетін спектрларды ортақтандыра отырып және оттегі кездесетін спектрды бөлек ала отырып, көрсетілген әрбір спектральдың атомдық мөлшерін қолдана отырып, есептеулер жүргізу нәтижесінде келесі 3-кестеде көрсетілгендей карбидтер мен тотықтардың толық құрамы анықталды.

Кесте 3. Спектральдық талдау нәтижесінде алынған карбидтер мен тотықтардың толық құрамы

Карбидтер, %					Тотықтар, %					Σ
SiC	Fe ₃ C	Al ₄ C ₃	MgC ₂	CaC ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	
33,73	0,17	9,04	0,53	0,26	42,54	11,53	1,89	0,1	0,21	100
43,73					56,27					100

Алынған нәтижелерді көріп отырғанымыздай, ФСА-дің шаңы мен арнайы коксты араластыра отырып жасаған брикетте 1600°C температурада 1 сағат қыздыру кезінде 43,73% карбид түзілгендігін, соның ішінде ферросиликоалюминий өндірісінің негізі болып табылатын кремний карбиді (SiC) 33,73% және алюминий карбиді (Al₄C₃) 9,04% түзілгендігін байқаймыз.

Тәжірибе барасында алынған брикеттерге спектралды талдау жүргізілді. Талдау нәтижесінде жасалынған брикеттер физика-химиялық және механикалық қасиеттері бойынша феррокорытпалар өндірісінің талаптарына сәйкес келеді. Сонымен қатар, жасалынған брикеттердің құрамы ферросиликоалюминий қорытпасын балқытуда маңызды болып табылатын физика-химиялық қасиеттерге ие екендігі анықталды.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Друинский М.И., Жучков В.И. Получение комплексных ферросплавов из минерального сырья Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1988. - 208 с.
- [2] Рысс М.А. Производство ферросплавов. – М.:Наука, 1975. -336 с
- [3] Гасик М.И., Лякишев Н.П. Теория и технология электрометаллургии ферросплавов. Москва «СП Интернет инжиниринг» 1999.

[4] Чекимбаев А.Ф. Совершенствование технологии выплавки ферро-силикоалюминия с применением новых видов углистого сырья: диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук : 05.16.02. - Караганда: ХМИ, 2010. – 103 с.

[5] Идрисов А.И. Окускование мелочи высокозольных углей с использованием пыли газоочисток производства ферросиликоалюминия: дисс. на соискание академической степени магистра: Темиртау, 2015. – 48 с.

[6] Даулетияров Д. Кешенді қорытпаларды балқытуға арналған шихталардағы фазалық түрленулерді талдау және физика-химиялық зерттеулер: диссер. т.ғ.м.: 2016-Темиртау: КГИУ. - 76 б.

[7] Байсанов С., Чекимбаев А.Ф., Жұмашев М.С., Джұмағалиев А.Б. Ферросиликоалюминий өндірісінің газ тазартқыш шаңының брикетіне жүргізілген дифференциалды-термиялық талдау // IX международная научно-практическая конференция «Третья модернизация Казахстана - новые концепции и современные решения»: Темиртау. 2017. – 570 б.

[8] Толымбеков М.Ж., Байсанов С., Чекимбаев А.Ф., Жұмашев М.С., Корсукова И.Я. Ферросиликоалюминийді балқытудағы электр режимін оңтайландыру үшін тотықсыздандырғыштардың баламалы түрлерін пайдалану // Вестник КГИУ: Темиртау. № 3 (18) 2017. - 18 б.

[9] Әбдірашит А.М., Нурумғалиев А.Х., Махамбетов Е.Н., Даулетияров Д., Келаманов Б.С. Ферросиликоалюминий өндірісіндегі техногендік қалдықтан кесектелген моношихтаны балқыту // XIV Международная научно-практическая конференция «МОЛОДЕЖЬ, НАУКА И ИННОВАЦИИ» студентов, магистрантов, аспирантов, докторантов и молодых ученых в рамках программы главы государства Н.А. Назарбаева «Взгляд в будущее: модернизация общественного сознания». - Ақтобе. - 2018. - С.122-125.

[10] Әбдірашит А.М., Нурумғалиев А.Х., Махамбетов Е.Н., Даулетияров Д., Келаманов Б.С. Қазақстанды минералды - шикізат көздерінен кешенді ферроқорытпа алудың мүмкінділігін зерттеу // IX международная научно-практическая конференция «Инновационные и наукоемкие технологии как средства реализации Третьей модернизации Казахстан»: Темиртау. - 2017. - 161-166 б.

REFERENCES

[1] Druinckiy M.I., Zhuchkov V.I. (1988), Poluchenie komplekcnnykh ferro-cplavov iz mineral'nogo syr'ya Kazakhstana [Production of complex ferro-alloys from mineral raw materials of Kazakhstan]. - Alma-Ata: Nauka. - p.208 .

[2] Ryss M.A. (1975), Proizvodstvo ferrosplavov [Ferroalloys production] . - M.: Nauka, p. -336.

[3] Gasik M.I., Lyakishev N.P. (1999), Teoriya i tekhnologiya elektrometallurgii ferrosplavov. Moskva [Theory and technology of electrometallurgy of ferroalloys] «SP Internet inzhiniring».

[4] Chekimbaev A.S. (2010) Sovershenstvovanie tekhnologii vyplavki ferrosilikoaliuminiya s primeneniem novykh vidov uglistogo syr'ya [Improvement of the technology of ferrosilicoaluminum smelting with the use of new types of carbonaceous raw materials]: disser. kand. tekhn. nauk: Karaganda: KHMI im.ZH.Abisheva, p. - 103.

[5] Idrisov A.I. (2015) Okuckovanie melochi vycokozol'nykh ugley s icpol'zovaniem pyli gazoochistok proizvodstva ferrosilikoaliuminiya [Orification of fine high-grade coals with the use of dust and gas purity of ferro-silicoaluminium production]: diss. na coickanie akademicheskoy ctepeni magictra: Temirtaw, p. - 48 c.

[6] Dauletijarov D. Keshendi qorytpalardy balkyturfa arnalfan shihtalardary fazalyk tyrlenulerdi taldaу zhәне fizika-himijalyk zertteuler [Analysis of phase variations and physicochemical studies of charges for the smelting of complex alloys]: disser. t.ғ.м.: Temirtaw: QİMW. b- 76.

[7] Baycanov C., Çekimbaev A.F., Jumaşev M.C., Djumağaliev A.B. (2017) Ferrocilikoaliuminiy öndiriciniñ gaz tazartqış şaңınıñ briketine жүргizilgen differenciyalды-termiyalıq taldaw [Ferrocilikoaliuminiy öndiriciniñ gaz tazartqış şaңınıñ briketine жүргizilgen differenciyalды termiyalıq taldaw // IX mejdwnarodnaya nawçno praktičeckaya konferenciya] // IX mejdwnarodnaya nawçno-praktičeckaya konferenciya: Tretya modernizaciya Kazaxctana - novie koncepcii i covremennie reşeniya. - Temirtaw. p. 571-576.

[8] Tolimbekov M.J., Baycanov C., Çekimbaev A.F., Jumaşev M.C., Korcwkova İ.Ya. Ferrocilikoaliuminiydi balqıtwdağı élekr rejimin oñtaylandırw üşin totıqcızdandırğıştardıñ balamalı türlerin paydalanw [Use of alternative types of oxidizers to optimize the electrical regime in the smelting of ferrosilicoaluminum] // QİMW Xabarşısı: Temirtaw. -2017.- № 3. p.18-21.

[9] Äbdırashıt A.M., Nurumgalıyev A.KH., Makhambetov Ye.N., Dauletıyarov D., Kelamanov B.S. (2018), Ferrosilikoalüminiy öndırısındegı tekhnogendık k,aldyk,tañ kesektelgen monoshikhtany balk,ytu [Ferrosilicoaluminium Öndirisindegi technogendik kaldyqtan kesektelgen monoshikhtany balytu] // XIV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «MOLODEZH', NAUKA I INNOVATSII» studentov, magistrantov, aspirantov, doktorantov i molodykh uchenykh v ramkakh programmy glavy gosudarstva N.A. Nazarbayeva «Vzglyad v budushcheye: modernizatsiya obshchestvennogo soznaniya». - Aktope. - S.122-125

[10] Äbdırashıt A.M., Nwrwmgalıev A.X., Maxambetov E.N., Dawletıyarov D., Kelamanov B.S. (2017), Qazaqstandı minerıaldı - şıkızat közderinen keşendi ferroqorıtpa alwdıñ mümkindiligin zerttew [Study of the possibility of obtaining complex ferroalloys from mineral and raw material sources of Kazakhstan]// IX mejdwnarodnaya nawçno-praktıçeckaya konferenciya «İnnovaciionnie i nawkoemkie texnologii kak sredstva realizacii Tretey modernazacii Kazaxstan»: Temirtaw. S.- 161-166.

¹А.М. Әбдірашит, ¹Б.С. Келаманов, ²Е.Б. Тажиев, ¹Н.З. Нурғали, ³О.В. Заякин

¹Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, Актобе, Казахстан

²Satbayev University, Алматы, Казахстан

³Институт металлургии Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия

*e-mail.ru: asik_942017@mail.ru

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БРИКЕТА ГАЗООЧИСТНОЙ ПЫЛИ ФЕРРОСИЛИКОАЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В данной статье отражены результаты спектрального анализа с целью использования на производстве в качестве второго продукта путем создания брикета пыли, образующейся при плавке сплава ферросиликоалюминия. Брикеты, изготовленные по двум образцам, выдерживали изотермически в печи Таммана и проводили спектральный анализ полученных продуктов. В результате анализа установлено, что в составе пыли основные оксиды кремния и алюминия встречаются не в виде каолинита ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), а по отдельности в виде SiO_2 и Al_2O_3 , а также отсутствие муллита ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) при нагревании до температуры 1600°C и образование сразу SiC карбида кремния, а также образование общего 43,73% карбида.

В результате было получено сырье, оптимизирующее электрический режим процесса плавки, решив экологические и экономические проблемы с возвратом в производство оставленной пыли в качестве отходов брикета.

Ключевые слова: ферросиликоалюминиевая пыль, брикет, удельное электрическое сопротивление, печь Таммана, газоочиститель.

¹A.M. Abdiorashit, ¹B.S. Kelamanov, ²Ye.B. Tazhiyev, ¹N.Z. Nurgali, ³O.V. Zayakin

¹Aktobe regional university named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan

²Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

³Institute of Metallurgy, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

*e-mail.ru: asik_942017@mail.ru

SPECTRAL ANALYSIS OF FERROSILICOALUMINIUM PRODUCTION GAS CLEANING DUST BRIQUETTE

Abstract. This article reflects the results of spectral analysis for use in production as a second product by creating a briquette of dust formed during the melting of ferrosilicoaluminium alloy. Briquettes made according to two samples were made with isothermal retention in the Tamman furnace and spectral analysis of the resulting products was carried out. As a result of the analysis, it was found that the dust contains the main silicon and aluminum oxides not in the form of kaolinite ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), but separately in the form of SiO_2 and Al_2O_3 , as well as the absence of mullite ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) during heating to a temperature of 1600°C and the formation of silicon carbide SiC at once, as well as a total of 43.73% carbide.

As a result, raw materials were obtained that optimize the electric mode of the melting process, solving environmental and economic problems with the return to production of the left dust as briquette waste.

Keywords: ferrosilicoaluminium dust, briquettes, electrical resistivity, Tammany furnace, gas purifier.

¹S.A. Kvyatkovskiy*, ¹S.M. Kozhakhmetov, ²E.A. Ospanov,
¹L.V. Sokolovskaya, ¹R.S. Seisembayev, ¹A.S. Semenova, ²A.A. Shakhalov
¹Satbayev University, Institute of Metallurgy and Ore Beneficiation JSC, Almaty, Kazakhstan
²Kazakhmys Corporation LLC, Balqash, Kazakhstan
 *e-mail: kvyatkovskiy55@mail.ru

EFFECTS OF ADDITIONAL FUEL ON THE MELTING PROCESS IN THE VANYUKOV FURNACE

Abstract. Due to the change in the composition of the processed raw materials at the Balkhash Copper Plant (BCP), it is required to adjust the technology used to melt copper sulfide concentrates in the Vanyukov furnace (VF). It is promising to use additional carbon-containing fuel that burns in the bubbling zone increasing the melting temperature and partially reducing slag oxides to ensure the required autogenosity and melting temperature. However, part of the solid fuel does not burn in the bubbling zone with an oxygen-containing blast and does not participate in reduction reactions with slag oxides that result in its accumulation on the surface of the slag melt.

The results of the industrial tests performed earlier in the BCP to feed coal dust through tuyeres to the VF with the purpose to maintain the required temperature of the slag melt and satisfactory separation of slag and matte were considered. The reasons for the unstable operation of the tested system to feed coal dust to the VF through tuyeres were determined, and directions for its improvement were outlined. Laboratory experiments were performed to simulate the behavior of coal dust in the quiet zone of the VF. The regularities of the distribution of coal dust were determined, and it was shown that coal dust was concentrated on the slag melt surface. Thus, coal dust that did not react with blast oxygen or oxides of the slag melt in the bubbling zone was carried to the surface of the slag melt, promoted the formation of a viscous crust, and then practically did not interact with the slag melt and becomes practically useless.

Keywords: copper sulphide concentrates, Vanyukov furnace, autogenous smelting, solid fuel, coal, coal dust, slag, matte.

Introduction. Currently, there is a steady tendency towards a decrease in the autogenicity of the processed raw materials due to the involvement in the production of ores poor in non-ferrous metals and partially oxidized technogenic materials. A change in the chemical and phase composition of raw materials results in a violation of the heat balance, hindering the operation of VF, and a decrease in technical and economic indicators. To ensure a high speed and completeness of the oxidation reactions of the processed raw materials, the oxygen-containing blast is enriched with oxygen.

The main physical and chemical processes of the formation of matte and slag components occur in the main part of the VF; in the uptake zone, these processes end, and the formation of the slag phase begins. To intensify the reduction processes and the formation of a slag phase, it seems possible to supply additional fuel. Various options for the reduction of metal oxides are described [1-5] in an atmosphere including H₂, H₂O, CO, CO₂ in the absence or presence of carbon, in particular, the reduction of magnetite to iron oxide which is very important for the formation of the slag phase. Based on many studies, it has been established that depletion of slags from autogenous processes is most effective only with the use of reduction treatment of slags [6-8]. As a reducing agent and additional fuel, it is rational to use coal dust and supply it through tuyeres located in the area under the uptake, especially since they take a passive effect in the operation of the VF.

The reducing properties of the carbon-containing reagent are widely used in autogenous processes [9, 10]; the carbon-containing reductant that is used as coal dust, is supplied to the Vanyukov furnace and other units [11, 12].

The supply of a solid carbon-containing reductant to the melt limits the possibility of peroxidation of the particles of the processed raw material, binds the excess oxygen from the blast,

and reduces dust emission. It is possible to supply a carbon-containing reductant together with a sulfide concentrate. The issues of preparing coal dust are important: drying coal, grinding it to a certain size, transporting coal dust to the furnace. In most cases, the particle size of the coal significantly affects the smelting process. The study of the effectiveness of mixing coal into the volume of the bath is of special significance. The lateral jet blowing of the melt with an oxygen-containing blast through the tuyeres forms a rather intensive vertical circulation of the slag that results in the mixing of a certain part of the coal deep into the bath.

The distribution of coal particles along the height of the bath is non-uniform - their highest content is noted in a thin surface layer. Coarse particles of coal are concentrated in the upper horizons of the bath, and small particles are present throughout the volume of the bubbling slag. More complete use of the volume of the molten bath occurs in the lance torch, where the combustion of coal particles occurs. The accumulation of coal in the surface layer of the bath results in particle aggregation and reduces the surface area of the coal. In the normal course of the technological process, the oxygen-containing blast is completely consumed for the combustion of coal in the lower part of the bubble columns, this area is the source of the greatest heat release [13-16]. All the main physical and chemical processes take place in this area: heating of coal dust particles, removal of moisture from particles, gasification of coal particles, dissolution of fluxes, reduction of oxides by carbon of coal particles. If the content of coal particles decreases, the limit for the disappearance of oxygen in the gas phase of the bubble column rises higher, as does the limit for the completion of the formation of CO_2 . If the conversion of CO_2 is incomplete, a gas containing CO_2 and O_2 will be released from the slag bath, the heat release in the slag will increase, since coal combustion goes to CO_2 . Optimal processes begin to prevail in the volume of slag, recovery slows down that will entail an increase in the content of oxides in the slag. Coal dust is concentrated in a thin surface layer of the slag bath even with intensive bubbling. An increase in the coal load results in an increase in its content in the surface layer, the coal layer in the VF is distributed along the periphery of the areas where the bubble columns exit from the gas bath, in these areas the slag melt is depleted in coal. Accordingly, the intensity of heat transfer decreases [17]. The increase in coal dust in the surface layer of the slag increases the viscosity and changes the composition of the slag.

The study of the regularities of the distribution of coal dust in the bath of molten slag is required for the development of technology to feed additional fuel to the VF.

To clarify the mode of operation on oxygen-containing blast with the introduction of coal into the VF process, industrial tests were performed on the supply of coal dust through tuyeres to the VF melt at BCP. The conditions for carrying out smelting VF are shown in Table 1 (concentrate consumption - 100 t/h, air consumption - 2000 nm^3/h).

Table 1. Conditions for carrying out industrial melts of the BCP

No.	Melting temperature, °C	Coal consumption, t/h	O_2 consumption, nm^3/h	O_2 consumption for afterburning, nm^3/h	Cu content in matte, %
1	1,167	0.5	14,110	1,500	45.01
2	1,194	1.0	14,650	1,500	45.03
3	1,218	1.5	15,150	1,500	44.97
4	1,242	2.0	16,630	1,500	44.98
5	1,264	2.5	16,140	1,500	45.01
6	1,284	3.0	16,600	1,500	44.99
7	1,302	3.5	17,050	1,700	44.99
8	1,320	4.0	17,490	2,000	44.99

For the supply of coal dust, air without oxygen enrichment was used for safety reasons. The dust pipeline was purged from the Kinyon pump to the vent on the tuyere site using a purge valve

with compressor air. During the period of coal dust supply, the temperature of the drain water on the right side, wall caissons on the right and left sides, as well as the caissons of the slag partition were recorded. The change in the temperature of the gas duct was not observed due to the periodicity of the supply of coal dust. During industrial tests with a low level of coal dust in the bunker, dust was hanging at the junction of the conical part of the bunker in a square chute between the bunker and the Kinyon pump that indicates the need for smooth adjustment of the coal dust supply that, in turn, indicates the need for reconstruction of the bunker dust and dust-conducting pipelines.

The pulverized coal supply system must operate with the introduction of the blast, in which the additional amount of oxygen for combustion of pulverized coal should be calculated at the rate of 1,500 m³ of oxygen per 1 ton of pulverized coal. Coal supplied to the surface of the slag melt, due to the large difference in specific gravity with the slag, was almost not mixed into the slag melt, the blast oxygen was almost completely consumed at a slag bath depth of 500 mm. If the depth of the slag melt above the tuyeres exceeds this value, then there is no oxygen in the exhaust gases. With a still bath height of 2,400 mm (the total height of the melt bath up to the tuyeres is 1,660 mm, the height of the melt above the tuyeres is 740 mm), the coal practically did not have the opportunity to interact with the blast oxygen and was burned mainly due to air leaks on the bath surface, and fine coal fractions performed with dust, burned in the gas phase, heating to a greater extent the upper caissons and exhaust gases, creating the illusion of an increase in the melting temperature.

Moreover, unburned coal entered into reductive endothermic reactions with slag oxides, mainly with iron oxides, and contributed to the cooling of the slag in the tail zone of the furnace (zone without blast) that led to foaming of the cold slag with the hindered escape of gases from the viscous slag. Figures 1, 2 show the results of tests on the use of coal to improve the heat balance of smelting, performed in 2018-2019 on the VF-2. It was found that with an increase in coal consumption, the melt temperature decreased and foam formation increased not only in the slag siphon but also in the tail part of the furnace, near the slag partition. It should be noted the positive side of coal supply to the surface of the melt in the loading zone that contributed to the local “deoxidation” of the slag melt and a decrease in the content of magnetite in the slag from 10-12 to 7-8%.

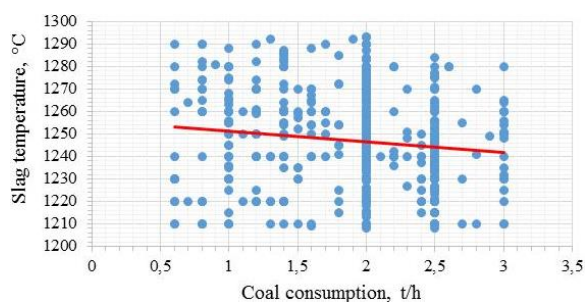


Figure 1. Dependence of slag temperature from coal consumption

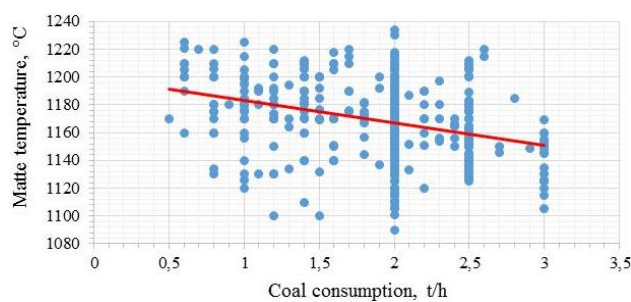


Figure 2. Dependence of matte temperature from coal consumption

The tests performed have shown the possibility of operation of the VF with coal supply, provided that the conditions for its complete combustion in the bubbling zone are met, the stable operation of the coal dust supply system is ensured, and the recommended technological parameters are observed. Conducting industrial smelting at BCP when feeding coal dust through tuyeres into the melt showed the complexity of the system for preparing and supplying coal dust, the problems of its combustion at the tuyere level, and the reduction of magnetite with its participation.

To study the regularities of the interference of coal dust in the slag bath on the change in the composition of the smelting products, laboratory experiments were performed to simulate the VF process.

Methodology. In the experimental part, BCP charge materials were used. The melting of the charge with the introduction of different amounts of activated carbon (0, 2, 4, 6, 8 g) was performed according to the well-known method [18]. The charge weight was 100 g, the melting temperature was 1300 °C, the exposure at the melting temperature was 30 minutes, each experiment was repeated 4-5 times. Oxygen-containing blast (oxygen content 50%) was supplied at a rate of 20 L/h. Activated carbon thoroughly interfered with the charge at the stage of its preparation. We used activated carbon-containing the main components, wt. %: 74.3 C, 1.12 Fe, 0.93 SiO₂, 1.56 Al₂O₃, 0.16 S, 0.025 P in the experiments. The compositions of the starting materials, including the charge material of the average composition and the quartz-containing flux, are given in Table 2. The addition of quartz-containing flux was 11.2% by weight of the charge for all experiments that provided a silicon dioxide content in the slags of more than 30% that positively affects the satisfactory separation of slag and matte.

Table 2. **Chemical composition of the materials used**

Material	Composition, %									
	Cu	Fe	S	Zn	Pb	As	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	other
Charge	16.65	24.65	29.31	1.77	0.1	0.1	17.48	0.75	2.45	6.74
Flux	-	-	-	-	-	-	97.00	-	-	3.00

The composition of the charge with different amounts of activated carbon is shown in Table 3. As a result of the performed smelting of the sulfide charge with the introduction of activated carbon, the products formed under the coal crust were analyzed (Table 4).

Table 3. **Composition of the charge with flux and activated carbon**

Charge No.	Coal Q-ty, g	Composition, %										
		Cu	Fe	S	Zn	Pb	As	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	C	other
1	0	14.79	21.89	26.03	1.57	0.088	0.088	26.37	0.67	2.18	-	6.324
2	2	14.50	21.48	25.52	1.54	0.086	0.086	25.88	0.65	2.16	1.49	6.608
3	4	14.22	21.10	25.04	1.51	0.085	0.085	25.41	0.64	2.16	2.97	6.780
4	6	13.95	20.71	24.55	1.48	0.083	0.083	24.93	0.63	2.15	4.46	6.974
5	8	13.69	20.36	24.10	1.45	0.082	0.082	24.50	0.62	2.14	5.94	6.298

Table 4. **Composition of products of smelting sulphide charge by main components**

Charge	Products	Composition, %								
		Cu	Fe	S	Zn	Pb	As	O ₂	SiO ₂	CaO
1	Matte	45.56	19.1	22.90	1.25	0.060	0.050	1.20	0.30	-
	Slag	0.55	35.7	0.40	2.30	0.020	0.030	12.70	31.90	1.20
2	Matte	45.50	19.0	22.70	1.20	0.050	0.050	1.18	0.29	-
	Slag	0.55	35.6	0.40	2.30	0.020	0.030	12.70	31.70	1.20
3	Matte	45.40	19.0	22.60	1.18	0.050	0.040	1.16	0.28	-
	Slag	0.53	35.5	0.30	2.28	0.018	0.028	12.60	31.60	1.18
4	Matte	45.30	18.9	22.50	1.16	0.040	0.030	1.14	0.27	-
	Slag	0.52	35.4	0.30	2.25	0.017	0.028	12.60	31.50	1.16
5	Matte	45.20	18.8	22.40	1.14	0.040	0.030	1.12	0.26	-
	Slag	0.52	35.3	0.28	2.24	0.017	0.027	12.50	31.50	1.15

Results and discussion. Upon visual inspection of the melting pots after melting, a loose crust was found on the surface of the slag consisting mainly of unburned coal. Chemical and analytical studies have confirmed the presence of carbon in the crust over 70%. Figure 3 shows that the thickness and porosity of the crusts increase with an increase in the amount of coal in the charge (from 0 to 8 g).

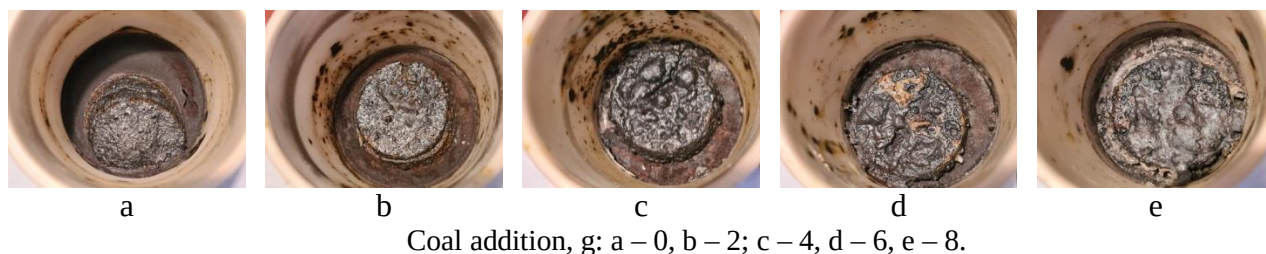


Figure 3. View of the slag surface depending on the amount of added coal

Unreacted coal particles accumulated in the upper layer of the slag bath indicate the difficulty of mixing the coal particles into the melt and their incomplete combustion with blast oxygen and the impossibility of their participation in the reduction of slag oxides.

The calculated composition of the matte without taking into account the presence of coal contained 50% copper. The resulting matte contained from 45.2 to 45.56% copper that indicates that some of the coal had time to oxidize due to the blast oxygen and this part remained almost unchanged with a significant change in the amount of coal added to the charge. In this case, the overwhelming majority of carbon did not interact with the oxygen of the blast. The content of coal dust in the slag should be such as to ensure a certain rate of chemical reactions of reduction of iron oxides and combustion of coal particles in an oxygen-containing blast.

However, since a characteristic trend in the development of autogenous copper production is the work with rich mattes containing ~ 65% or more copper, it becomes required to transfer the process to a different physical and chemical state that allows creating optimal conditions for ensuring the required melting temperature and ensuring obtaining slags with the lowest possible copper content. It is practically impossible to achieve such conditions without the use of fuel that should not only provide additional heat but also prevent slag over-oxidation. It is also known that gaseous reducing agents - CO, H₂, CH₄ are more effective than solid carbon, methane is the most intense reducing agent, and natural gas is the best fuel. The natural gas reduction process is improved by co-charging coal or coke using an oxygen-containing blast. The use of natural gas in the VF, its supply through the tuyeres will solve the problem of increasing the energy potential of raw materials and improve the thermal mode of the furnace. However, it is not always possible to use gaseous fuels. In this case, solid fuels such as coal can be used that may even be cheaper.

Conclusion. In connection with the dramatically changed composition of raw materials, the energy potential of raw materials decreases, the heat balance of autogenous processing is violated, and technical and economic indicators decrease. The intensification of the process is possible with the introduction of additional fuel that is also a reducing agent. The most common use is coal dust. The regularities of the influence of coal dust on the process of smelting copper sulfide charge have been studied. The introduction of different amounts of coal dust into the charge by careful mixing and the melting of the BCP charge of averaged composition in the presence of quartz flux made it possible to establish that the highest concentration of coal was noted in the surface layer of the slag. An increase in the content of coal in the charge entails an increase in its amount on the surface of the melt that indicates a decrease in the process of coal gasification and, accordingly, a deterioration in technical and economic indicators, in particular, the extraction of copper into matte. Despite the increase in the content of coal in the charge, the process is not intensified, coal is not consumed either for improving the heat balance of the smelting due to its combustion, or for reducing reactions with oxides in the slag. Thus, coal should be considered as a reducing agent and an additional source of heat during smelting in the absence of the ability to use natural gas.

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP08855511).

REFERENCES

- [1] Vyatkin G.P., Kuznetsov Yu.S., Mikhailov G.G., Kachurina O.I. Thermodynamics of iron reduction from oxides. - Chelyabinsk: SUSU, 2017. – 346 p.
- [2] Mikhailov G.G., Kuznetsov Yu.S., Kachurina O.I. System analysis of iron oxide reduction processes // Metals. - 2014. - No. 2. - P. 10-15.
- [3] Strokina I.V., Yakushevich N.F. Changes in the redox properties of the gas phase of the C-O₂-H₂ system // News of Higher Educational Institutions. Ferrous metallurgy. - 2011. - No. 6. - P. 3-5.
- [4] Grishin A.M., Simonov V.K., Scheglova I.S. About disparity of kinetic conformities to law to thermodynamics preconditions of reactions of carbon gasification by H₂O and CO₂ // Izvestiya. Ferrous Metallurgy. - 2013. - V. 56, No 7. - P. 64-67. DOI: 10.17073/0368-0797-2013-7-64-67
- [5] Podgorodetskiy G.S., Yusfin Y.S., Sazhin A.Y., Gorbunov V.B., Polulyakh L.A. Production of generator gas from solid fuels // Steel in Translation. - 2015. - V. 45. - P. 395-402. DOI: 10.15825/0368-0797-2015-6-393-401
- [6] Kozhakhmetov S., Gemeal A.M.B., Sokolovskaya L., Semenova A. Studies of smelting products of high-sulfur low-copper concentrates // World of Metallurgy – ERZMETALL. - 2020. - V. 73, No 3. - P. 134-140.
- [7] Sokolovskaya L.V., Kenzhaliev B.K., Kvyatkovskiy S.A., Semenova A.S., Seisembayev R.S. Physical and chemical transformations during the reduction treatment of slags from the melting of copper concentrate // News of Higher Educational Institutions. Non-ferrous metallurgy. - 2020. - No. 5. - P. 13-22. DOI: 10.17073/0021-3438-2020-5-13-22
- [8] Sit'ko Ye.A., Sukurov B.V., Ruzakhunova G.S., Omirzakov B.A., Bajduisenova A. E. Comprehensive processing of converter slag // Complex Use of mineral Resources. – 2018. - No 2. - P. 45–57. DOI: 10.31643/2018/6445.6
- [9] Zhukov V.P., Skopov G.V., Kholod S.I. Pyrometallurgy of copper (theory, practice, applied statistics, economics). - Yekaterinburg: Service of instant printing of AHU Ural Department of Russian Academy of Sciences, 2016. – 632 p.
- [10] Platonov O.M. Dynamics of coal combustion in a bubbling melt bath // Non-ferrous metal. - 2008. - No. 5. - P. 18-21.
- [11] Pat. 5662730 US. Method for pyrometallurgical smelting of copper // Akagi Susumu, Fujii Takayoshi, Maeda Masatoshi, Suzuki Yoshiaki; Publ. 02.09.1997.
- [12] Koochaki M., Karimifar A., Balouchi M., Mahmoudi H. Study of effective operating parameters influencing the dust reduction in output from the flash furnace smelter at Khatoon Abad // XV International Flash Smelting Congress. Finland, Helsinki, 4-8 September 2017.
- [13] Roshchin V.E., Roshchin A.V., Gamov P.A., Bil'genov A.S. Electron and mass transfer during solid carbon reduction of metals in solid complex oxides // Russian metallurgy (Metally). - 2020. - V. 2020, No 1. - P. 50-59. DOI: 10.1134/S0036029520010103
- [14] Yildirim H., Morcali H., Turan A., Yuccel O. Nickel pig iron production from lateritic nickel ores // Proceedings of the 13th Int. Ferroalloys Congress. - Almaty, 2013. - P. 237-244.
- [15] Vusikhis A.S., Dmitriev A.N. Investigation of metal oxides reduction processes from a melt by a reducing gas in a bubbling layer // Newsletter of UrFU. - 2004. - No.15 (45). - P. 93-95.
- [16] Kutepov A.N., Bondareva T.I., Berengarten T.I. General chemical technology. – M.: Akademkniga ICC, 2003. – 528 p.
- [17] Balasanov A.V., Leherzak V.E., Romenets V.A., Usachev A.B. Gasification of coal in molten slag. - M.: Institute Stalproekt, 2008. – 288 p.
- [18] Kvyatkovskii S.A., Sit'ko E.A., Sukurov B.M., Omirzakov B.A. Effect of Temperature and Amount of Flux in a Charge on Structure and Phase Composition of Balkhash Copper Smelter Plant Slags // Metallurgist. - 2020. - V. 63, Is. 9-10. - P. 1094-1104. DOI: 10.1007/s11015-020-00927-8.

¹С.А. Квятковский*, ¹С.М. Қожахметов, ²Е.А. Оспанов,

¹Л.В. Соколовская, ¹Р.С. Сейсембаев, ¹А.С. Семенова, ²А.А. Шахалов

¹Satbayev University, «Металлургия және кен байыту институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

²«Қазақмыс корпорациясы» ЖШС, Балқаш, Қазақстан

*e-mail: kvyatkovskiy55@mail.ru

ҚОСЫМША ОТЫННЫҢ ВАНЮКОВ ПЕШІНДЕГІ ҚОРЫТУ ПРОЦЕСІНЕ ӘСЕРІ

Аннотация. Балқаш мыс қорыту зауытындағы (БМҚЗ) қайта өңделетін шикізат құрамының өзгеруіне байланысты Ванюков пешінде (ВП) мыс сульфидті концентраттарды балқыту технологиясын түзету талап етіледі. Қажетті автогенділікті және балқыту температурасын қамтамасыз ету үшін барботаж аймағында жанатын, балқыту температурасын арттыратын және қож тотықтарын ішінара қалпына келтіретін қосымша көміртегі бар отынды пайдаланудың болашағы бар. Алайда, барботаж аймағында оттегімен үрлеуден қатты отынның бір бөлігі жанбайды және қож тотықтарымен қалпына келтіру реакцияларына қатыспайды, бұл оның қож балқымасының беткі қабатына жиналып қалуына алып келеді.

Қож балқымасының қажетті температурасын ұстап тұру және қож бен штейннің қанағаттанарлық бөлінуі үшін ВП пешіне үрлеуіштер арқылы көмір тозаңын беру бойынша БМҚЗ-да бұрын жүргізілген өнеркәсіптік сынақтардың нәтижелері қаралды. ПВ пешіне үрлеуіштер арқылы көмір тозаңын жіберудің сынақтан өткізілген жүйесінің тұрақсыз жұмыс істеуінің себептері анықталды және оны жетілдіру бойынша жұмыс бағыттары белгіленді. ВП пешінің тыныш аймағында көмір тозаңының әрекетін модельдейтін зертханалық тәжірибелер жүргізілді. Көмір тозаңының таралу заңдылықтары анықталды және көмір тозаңының қож балқымасының бетіне жиналатынын көрсетті. Осылайша, барботаж аймағында оттегімен үрлеу немесе қож балқымасының тотықтарымен әрекеттеспеген көмір тозаңы қож балқымасының бетіне шығады, тұтқыр қабықтың қалыптасуына ықпал етеді, әрі қарай қож балқымасымен өзара әрекеттеспейді және іс жүзінде пайдасыз болады.

Негізгі сөздер: мыс сульфидті концентраттар, Ванюков пеші, автогенді балқыту, қатты отын, көмір, көмір тозаңы, қож, штейн.

¹С.А. Квятковский*, ¹С.М. Қожахметов, ²Е.А. Оспанов,

¹Л.В. Соколовская, ¹Р.С. Сейсембаев, ¹А.С. Семенова, ²А.А. Шахалов

¹ Satbayev University, АО «Институт металлургии и обогащения», Алматы, Казахстан

²ТОО «Корпорация Казахмыс», Балхаш, Казахстан

*e-mail: kvyatkovskiy55@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ПРОЦЕСС ПЛАВКИ В ПЕЧИ ВАНЮКОВА

Аннотация. В связи с изменением состава перерабатываемого сырья на Балхашском медеплавильном заводе (БМЗ), требуется корректировка технологии плавки медных сульфидных концентратов в печи Ванюкова (ПВ). Для обеспечения необходимой автогенности и температуры плавки перспективно использование дополнительного углеродсодержащего топлива, сгорающего в зоне барботажа, повышающего температуру плавки и частично восстанавливающего оксиды шлака. Однако, часть твердого топлива не сгорает в зоне барботажа кислородсодержащим дутьем и не участвует в восстановительных реакциях с оксидами шлака, что ведет к накоплению его на поверхности шлакового расплава.

Рассмотрены результаты проведенных ранее промышленных испытаний на БМЗ по подаче угольной пыли через фурмы в печь ПВ для поддержания необходимой температуры шлакового расплава и удовлетворительного разделения шлака и штейна. Определены причины нестабильной работы испытанной системы подачи угольной пыли в печь ПВ через фурмы и намечены направления по её усовершенствованию. Проведены лабораторные эксперименты, моделирующие поведение угольной пыли в спокойной зоне печи ПВ. Определены закономерности распределения угольной пыли и показано, что угольная пыль концентрируется на поверхности шлакового расплава. Таким образом, угольная пыль, не прореагировавшая с кислородом дутья или оксидами шлакового расплава в зоне барботажа, выносится на поверхность шлакового расплава, способствует образованию вязкой корки, в дальнейшем практически не взаимодействует со шлаковым расплавом и становится практически бесполезной.

Ключевые слова: медные сульфидные концентраты, печь Ванюкова, автогенная плавка, твердое топливо, уголь, угольная пыль, шлак, штейн.

¹Н.М. Жунусбекова*, ¹Т.К. Исакова, ²Н.С. Чинибаева,

¹Г.К. Кусаинова, ¹Н.С. Худайбергенов

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Учебно-образовательный центр «Education Map»

*e-mail: n.zhunusbekova@satbayev.university

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЛИМЕР-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ТРЕХМЕРНОЙ СТРУКТУРЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ АКТИВНЫХ ЦЕНТРОВ

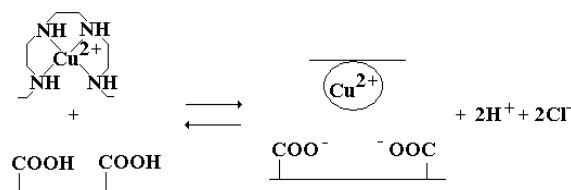
Аннотация. Изучено комплексообразование ионов металлов с полимерными гидрогелями. Для проведения исследования синтезированы полиэлектролитные гидрогели на основе гидроксиэтилакрилата, акриловой кислоты и хитозана, на поверхности которого происходила хемосорбция ионов различных металлов с формированием хелатных комплексов. Образование комплексных соединений полимерного гидрогеля с ионами двухвалентных и трехвалентных металлов подтверждено данными ИК спектров. Изучена динамика набухания полиэлектролитного гидрогеля на основе сополимера акриловой кислоты и акриламида. Обнаружено, что коэффициент набухания образованных комплексов зависит от природы переходных металлов: радиуса иона, электроотрицательности. Интеркаляционной полимеризацией синтетических мономеров получены новые полимер-силикатные композиционные материалы. В качестве силикатной составляющей использовали глину Дарбазинского месторождения, предварительно активированную 5% раствором карбоната натрия. Синтез композитов проводили в присутствии сшивающего агента, при температуре 333,15K в течение 1 часа. Образование целевых продуктов подтверждают данные ИК спектров и кинетика набухания.

Ключевые слова: ионы переходных металлов, сорбция, полимер-металлические комплексы, комплексообразование, гидрогели, полимерные композиты, интеркаляция.

Представляющей научный интерес и актуальность проблемой остается определение состава координационной сферы комплекса макромолекул – металл, характер распределения ионов металлов вдоль цепи и между цепями [1]. Полимеры, содержащие и карбоксильные и аминные функциональные группы, способны образовывать несколько типов комплексов: с участием карбоксильных или аминных групп, а также смешанного типа. Существует несколько типов структур полимерметаллических комплексов, различающихся количеством функциональных групп поликислоты и полиоснования в координационной сфере иона металла [2].

Координационные соединения различных металлов с макромолекулярными лигандами привлекают внимание исследователей в качестве катализаторов различных процессов. Роль полимерных носителей во многом определяется химическим составом, конфигурацией и конформацией цепных молекул, а знание их дает возможность выяснить влияние строения полимерного лиганда на каталитические свойства комплексов. Например, гидроксиэтилакрилат (ГЭА), акриловая кислота (АК) и хитозан (ХТ), составляющие полиэлектролитный комплекс (ПЭК), способны образовывать координационные комплексы с ионами переходных металлов. Реакция комплексообразования сопровождается понижением рН раствора, вязкости и коэффициента набухания, что свидетельствует об образовании комплекса. Необходимо отметить, что образование комплексов сшитых структур с переходными металлами зависит от порядка смешения реагентов. Между карбоксильными группами и аминогруппами может протекать только реакция нейтрализации, не сопровождающаяся выделением протонов. Подкисление среды может произойти лишь в том случае, если заряженный ион металла является связующим звеном между цепями полиэлектролитов. Согласно утверждениям авторов [3], реакцию образования

полимер-металлического комплекса следует рассматривать как кооперативную реакцию, протекающую в частицах молекулярных размеров. Схематически образование полимер-металлического комплекса можно представить следующей схемой:



Полифункциональность с точки зрения состава и строения полимеркомпозитов открывает широкие возможности для их практического применения в различных отраслях науки, техники, медицины и других областях. Интересным в данном направлении являются гетерогенные взаимопроникающие полимерные сетки, проявляющие свойства, характерные для входящих в их состав индивидуальных компонентов, наряду с некоторыми специфическими особенностями.

С целью получения новых биоактивных систем и изучения их физико-химических характеристик нами было проведено комплексообразование взаимопроникающих сеток (ВПС) на основе хитозана (ХТ) и гидроксиэтилакрилата (ГЭА), хитозана и полиакриловой кислоты (ПАК) с хлоридами меди (II), железа (III), кобальта (II), никеля (II),

Несмотря на значительный прогресс в изучении комплексообразования линейных полимеров и их сшитых аналогов с ионами металлов как с теоретической, так и с практической точек зрения [4–9], проблема связывания различных типов ионов металлов с полимерными гидрогелями требует дальнейшего глубокого и детального исследования. Это обусловлено неординарным поведением слабосшитых макромолекул, которые проявляют свойства, как линейных полимеров, так и ионитов и характеризуются наличием явления «коллапса», заключающегося в сильном уменьшении объема геля (в десятки раз и даже сотни раз) при незначительном изменении внешних факторов [10, 11]. Силы Ван-дер-Ваальса, гидрофобные взаимодействия, водородные связи между ионами противоположных знаков являются силами притяжения, которые могут вызвать коллапс гелей [12, 13]. Движущей силой перехода является нарушение баланса между силами притяжения и отталкивания между звеньями сетки, происходящее под влиянием тех или иных «внешних» факторов. Наиболее эффективными силами отталкивания являются дальнodelствующиe силы электростатического происхождения, главным образом, осмотическое давление противоионов.

Получение комплексов ионов переходных металлов с полимерными гидрогелями.

Комплексы ионов переходных металлов с полимерными сшитыми структурами получали смешиванием предварительно набухших в воде ВПС с растворами солей различной концентрации. Для этого образцы гелей одинаковой массы (0,01 г) заливали 10 мл дистиллированной воды и выдерживали в течение суток. Затем к набухшим образцам гелей добавляли растворы солей переходных металлов определенной концентрации и оставляли на 2-4 ч до установления равновесия в системе.

ИК спектры полученных комплексов записывали в таблетке KBr на ИК-Фурье спектрометре IR Prestige 21 (Shimadzu, Япония). Снимки выполняли на растровом электронном микроскопе JSM-6510 LV JEOL (Япония).

Обсуждение. В качестве комплексообразователей нами были выбраны соли железа, меди, никеля, кобальта, образующие окрашенные комплексы. Исследования показали, что наблюдается уменьшение гидродинамических размеров макромолекул, вызываемое внутримолекулярным хелатированием между ионами металлов и полилигандами, что приводит к дополнительному уменьшению сетки и компактизации линейных участков полимеров между узлами сшивки геля. При этом характер изменения гидродинамических размеров гидрогелей зависит от состояния ионизации функциональных групп сетки (рисунки

1а–1г). Отмечено, что при взаимодействии ВПС ХТ-ГЭА с хлоридами переходных металлов коэффициент набухания проходит через минимум. Однако для ионов Fe^{3+} минимум коэффициента набухания приходится на концентрацию соли, равную $1 \cdot 10^{-5}$ М (рисунок 1а), а для ионов Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} соответствует $5 \cdot 10^{-3}$ М.

Дальнейшее увеличение коэффициента набухания после прохождения точки минимума может быть обусловлено избыточным количеством сорбированных ионов металла и концентрации противоионов. По правилу электронейтральности при формировании координационной связи противоионы металла должны компенсировать избыточный положительный заряд сеток, что не противоречит принципу установления доннановского равновесия.

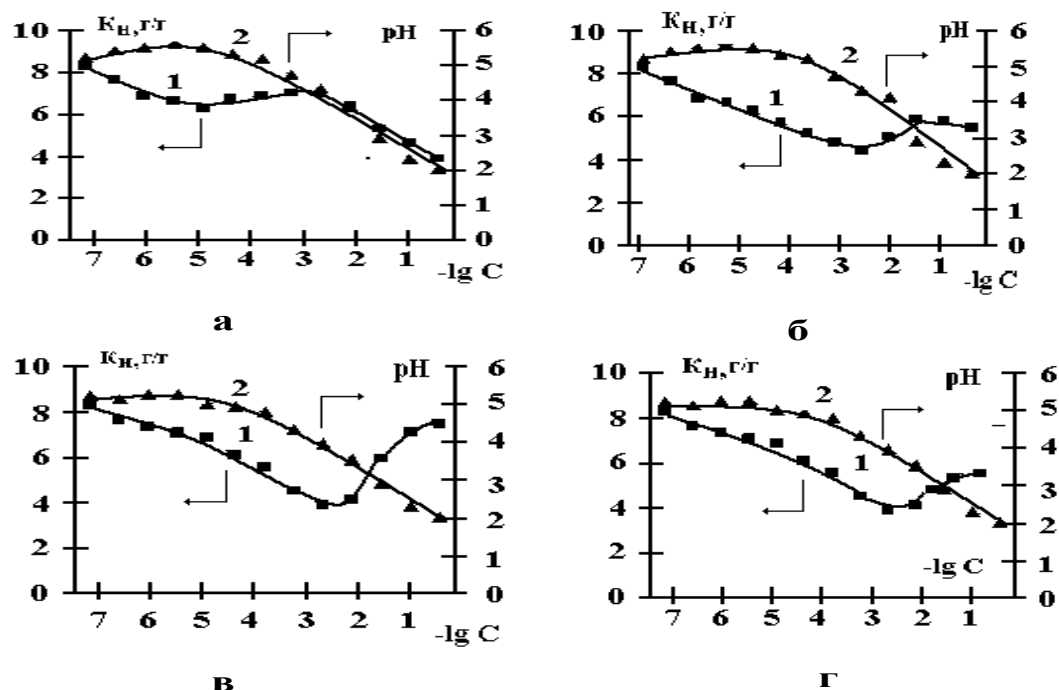


Рис. 1. Зависимость коэффициентов набухания (1) и pH (2) растворов ВПС ХТ-ГЭА от концентрации соли: (а) FeCl_3 , (б) CuCl_2 , (в) CoCl_2 , (г) NiCl_2

Из рисунка 1 следует, что коэффициент набухания зависит от природы металла: радиуса иона, электроотрицательности металлов, причем комплексообразование сопровождается уменьшением pH среды надгелевой жидкости (рисунки 1а–1г, кривая 2) для всех систем pH меняется от 5,0 до 2,0.

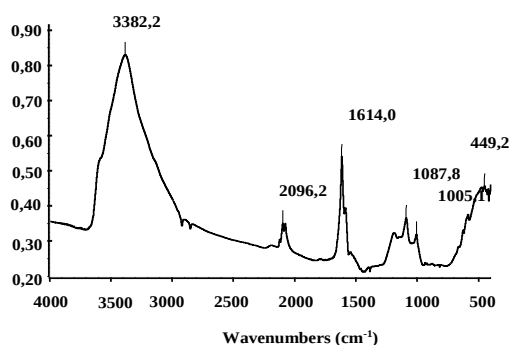
Спектрофотометрическим методом определена степень связывания ионов переходных металлов с ВПС (таблица 1). Измерение концентраций растворов солей производилось в области концентраций 10^{-6} – 10^{-4} М при длине волны FeCl_3 $\lambda = 380$ нм, CuCl_2 $\lambda = 700$ нм, CoCl_2 $\lambda = 520$ нм, NiCl_2 $\lambda = 400$ нм. Глубина протекания реакции комплексообразования увеличивается с ростом степени протонизации атомов азота. Максимальная степень связывания наблюдается для солей железа и меди, что может быть обусловлено валентностью ионов металла и их различной способностью к комплексообразованию.

Аналогичным образом проведено комплексообразование ВПС ХТ-АК с солями переходных металлов.

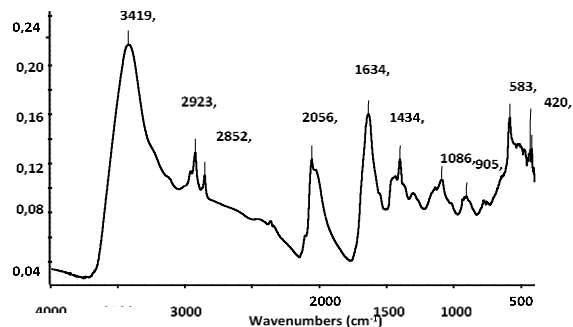
Об образовании комплекса можно судить по изменению положения и интенсивности полос поглощения в ИК спектрах исходных образцов соли металла и его полимерного комплекса (рисунок 2), а также по различной сорбционной способности по отношению к ионам металлов образцов ВПС, подвергшихся гидролизу в различных условиях (рисунок 3).

Таблица 1. Степень связывания ВПС ХТ-ГЭА, ХТ-АК с солями переходных металлов

$C_{\text{соли}}, M$	Степень связывания, %							
	ХТ-ГЭА				ХТ-АК			
	$FeCl_3$	$CuCl_2$	$CoCl_2$	$NiCl_2$	$FeCl_3$	$CuCl_2$	$CoCl_2$	$NiCl_2$
$1 \cdot 10^{-6}$	46	44	25	23	40	38	20	20
$5 \cdot 10^{-6}$	60	47	26	24	54	40	23	24
$1 \cdot 10^{-5}$	80	50	30	26	65	45	25	26
$5 \cdot 10^{-5}$	75	56	34	28	60	50	30	28
$1 \cdot 10^{-4}$	70	60	37	30	55	55	32	30

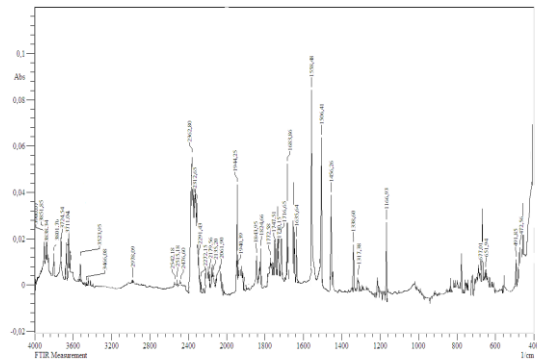


а

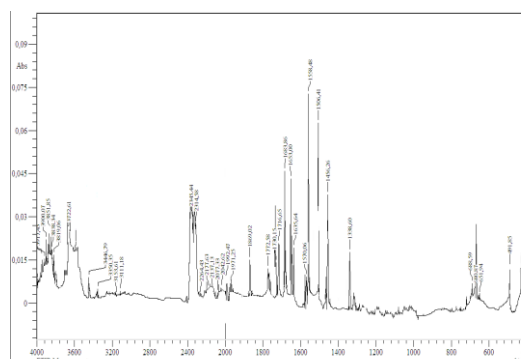


б

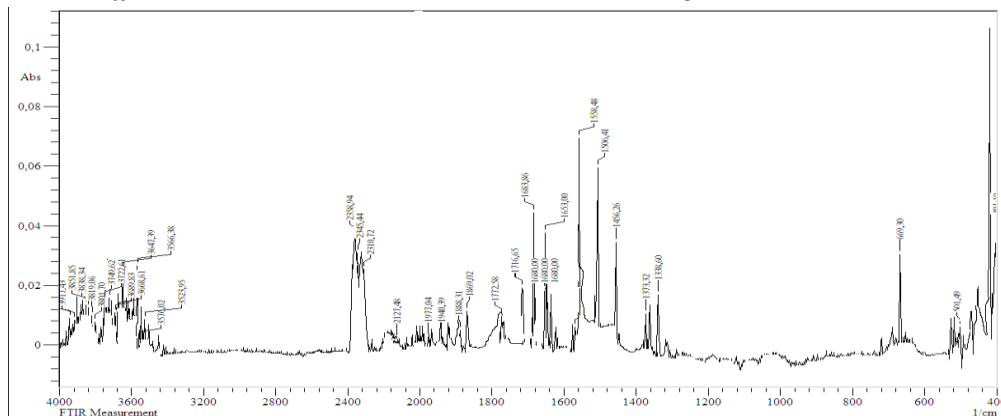
Рис. 2. ИК спектры: а – $FeCl_3$; б – комплекс сшитый полимер-металл



а



б



в

Рис. 3. ИК спектры образцов геля ХТ-АК после гидролиза:
а) 10 мин, 60°C с $FeCl_3$; б) 30 мин, 60°C с $FeCl_3$; в) более 2 ч, 60°C с $FeCl_3$

Для изучения морфологии поверхности проводящих и непроводящих материалов получены изображения с помощью растровой сканирующей микроскопии с нанометровым разрешением. Как видно, из снимков исходные ВПС и их металлосодержащие комплексы в основном имеют пористую и однородную структуру (рисунки 4, 5). Анализ поверхности образцов ХТ-АК при комплексообразовании с ионами железа показывает равномерное распределение частиц на поверхности полимера (рисунок 5б).

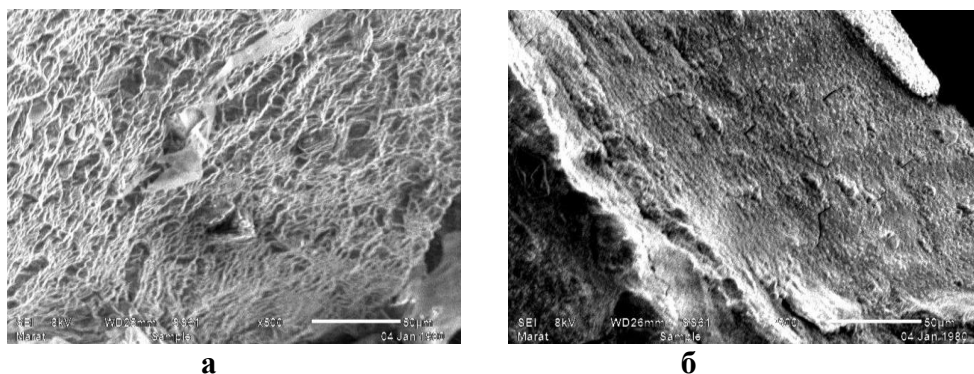


Рис. 4. Снимки образцов ХТ-ГЕА: а –исходной ВПС, б – комплекса с ионами железа

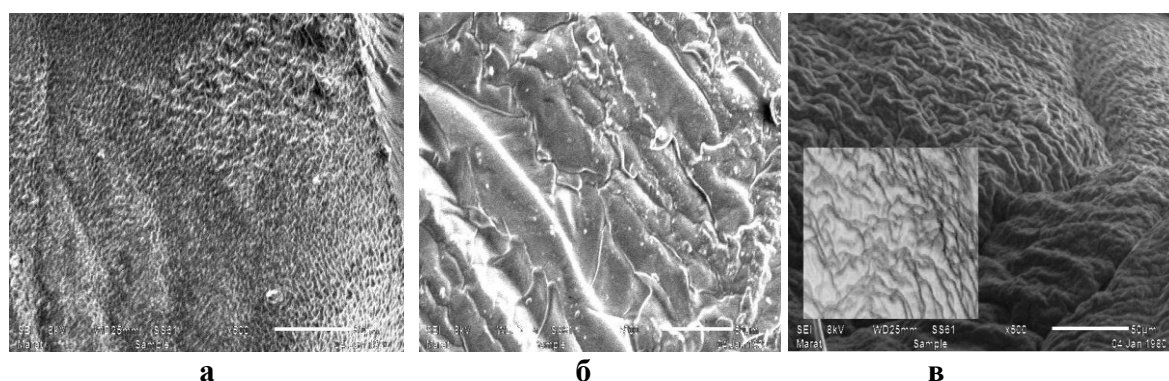


Рис. 5. Снимки образцов ХТ-АК: а –исходной ВПС, б –комплекса с ионами железа, в –комплекса с ионами кобальта

Создание полимер-силикатных композиционных материалов, модифицированных слоистыми силикатами. Для улучшения и придания новых свойств полимерным сшитым структурам, интеркаляционной полимеризацией синтетических мономеров в присутствии сшивающего соединения синтезированы принципиально новые полимер-силикатные композиционные материалы, модифицированные слоистыми силикатами содовой активации. Результатом такой модификации является полимерный композит, по структуре и свойствам отличный от отдельно входящих в него компонентов. В качестве наполнителей используют слоистые силикаты (глинистые материалы), обладающие рядом полезных свойств, такими как, например, отсутствие токсичности, высокая пластичность и сорбционная емкость наряду с низкой стоимостью и доступностью [14–16]. Все перечисленные свойства обеспечивают их широкое использование в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства.

В данном исследовании использовали глины Дарбазинского месторождения, которые нашли самое широкое применение в различных отраслях промышленности: при каталитическом крекинге нефти, очистке нефтяных продуктов, для изготовления высококачественных буровых растворов, производства керамзита, для очистки растительных масел, оклейки виноматериалов, обезжиривания шерсти и сукна, очистки сточных вод, предотвращения потери воды в ирригационных системах, сохранения влаги в почвах и др., однако коллоидно-химические и сорбционные свойства глин данного месторождения изучены недостаточно [17].

В таблице 2 представлен вещественный состав сырьевого материала.

Таблица 2. Вещественный состав «дарбазинской глины» до активации

Содержание компонентов, масс. %							
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	п.п.п
60,51	16,06	6,43	1,27	2,23	2,41	1,20	10,00

Как видно из проведенного анализа, основным компонентом исследуемого материала является диоксид кремния, составляющий 60,51 масс.%, а содержание оксида натрия составляет 2,41 масс.%, обеспечивая наличие подвижных ионов натрия в бентоните.

Для увеличения содержания подвижных обменных катионов перед синтезом полимерного композита целесообразно было провести предварительную активацию глины [18]. Образующийся в ходе ионного обмена карбонат кальция (магния) может образовывать неорганические отложения, которые осаждаются из водных композиций активированных бентонитов [19]. Для увеличения сорбционной емкости слоистые силикаты активировались 5% раствором карбоната натрия, способствующего обогащению катионами более подвижного элемента, предположительно, за счет замены в глинистой составляющей малоподвижных двухвалентных ионов кальция и магния на одновалентный ион щелочного металла.

Следующий этап исследований заключался в проведении модификации слоистых силикатов содовой активации органическими соединениями. Синтез композиционных полимерных материалов, содержащих частицы глины, проводили путем интеркаляционной [20, 21] полимеризации синтетических мономеров 2-гидроксиэтилакрилата в присутствии сшивающего агента, при температуре 333,15K в течение 1 часа. Полученные материалы представляли собой сшитые трехмерные структуры в виде гелей на основе производных акриловой кислоты, где в процессе образования полимерного композита происходила интеркаляция неорганических катионов в полимерную сетку. На рисунке 6 представлен образец геля без включения глины, а также гель, полученный путем интеркаляционной полимеризации.



Рис. 6. Образцы синтезированных гелей: а) без включения наполнителя; б) полученные путем интеркаляционной полимеризации

После проведенной радикальной интеркаляционной полимеризации сшитые полимерные композиты многократно промывались в течение нескольких недель водой до постоянных значений pH и полного освобождения от непрореагировавших мономеров. После промывания, образцам гелей придавали формы дисков и высушивали на тефлоновой поверхности при комнатной температуре до постоянной массы.

Для изучения влияния наполнителя на сорбционные свойства гелей нами была исследована кинетика набухания гидрогелей в водном растворе при различном содержании наполнителя. Показано, что при увеличении содержания глины в образце происходит постепенное изменение сорбционных свойств геля.

Методом ИК спектроскопии установлено взаимодействие между ХТ-ГЕА и бентонитовым наполнителем (рисунок 7а, б). В спектре б появляются интенсивные полосы поглощения при 1072 см^{-1} и 1157 см^{-1} , характерные для связи $-\text{Si}-\text{O}-\text{C}-$ и валентных колебаний мостиковых связей $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}(\text{Al})$. Полосы поглощения связанной ОН-группы обнаружены в спектрах образцов при 3251 см^{-1} , которые имеют среднюю интенсивность и характеризуются малой структурированностью. Полосы с частотами 1683, 1703 и 1716 см^{-1} , обусловлены поглощением деформационных колебаний гидроксильной группы бентонитов. Деформационные колебания CH_2 -групп проявляются в исследованных спектрах в области 1395 см^{-1} . Более высокочастотные компоненты связаны с антисимметричными деформациями, а более низкочастотные с симметричными деформациями этих групп. Все описанное подтверждает, что при взаимодействии ХТ-ГЕА с бентонитами образуются органосиликатные соединения, обеспечивающие формирование сшитой трехмерной структуры с химически встроенным в нее бентонитовым наполнителем.

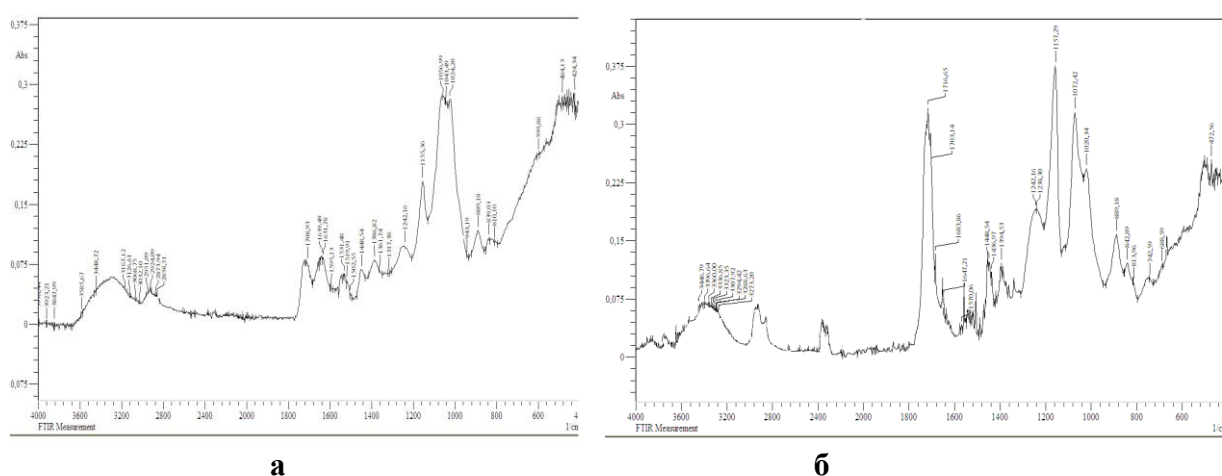


Рис. 7. ИК спектры: а - исходный образец ВПС; б - полимер-силикатный композит

Как видно из снимка полученного образца на растровом электронном микроскопе, полимерные композиты с бентонитами имеют пористую и однородную структуру, что свидетельствует о самодисперсации в процессе получения композиции [20].

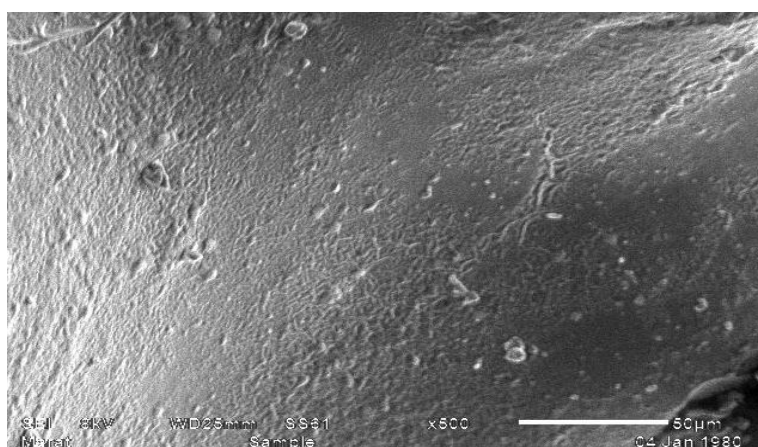


Рис. 8. Снимок образца ХТ-ГЕА, содержащего бентонит

Заключение. Показано, что в результате комплексообразования полученных полимерных систем с ионами переходных металлов, увеличение мольного содержания низкомолекулярных солей приводит к значительному увеличению pH надгелевой жидкости. Увеличение pH среды может быть

обусловлено выделением гидроксильных ионов в результате реакции ионного обмена между комплексными анионами железа и гидроксильными группами полимерного лиганда. Спектрофотометрическим методом определена степень связывания ионов переходных металлов со взаимопроникающими сетками. Измерение концентраций растворов солей производилось в области концентраций 10^{-6} – 10^{-4} М при длине волны FeCl_3 $\lambda = 380$ нм, CuCl_2 $\lambda = 700$ нм, CoCl_2 $\lambda = 520$ нм, NiCl_2 $\lambda = 400$ нм. Определена степень связывания ВПС с металлами. Максимальная степень связывания наблюдается для солей железа и меди. Наибольшая степень связывания ВПС в системе ХТ-ГЕА наблюдается при концентрации соли 1×10^{-5} М, а для системы ХТ-АК – при концентрации 5×10^{-5} М. Данное явление обусловлено валентностью ионов железа, разной способностью комплексообразования.

Интеркаляционной полимеризацией синтетических мономеров в присутствии сшивающего соединения синтезированы композиционные полимерные материалы, модифицированные слоистыми силикатами содовой активации. Полученные материалы представляют собой сшитые трехмерные структуры в виде гелей на основе производных акриловой кислоты, где в процессе образования полимерного композита происходит интеркаляция неорганических катионов в полимерную сетку. Процесс проводили при температуре 333,15 К в течение 1 часа. Изучен вещественный состав неорганического модификатора. Показано, что основным компонентом исследуемого материала является диоксид кремния, составляющий 60,51 масс.%, катионы натрия содержатся в виде оксида натрия (2,41 масс.%). Для увеличения сорбционной емкости, слоистые силикаты, перед включением в состав полимерного композита, активировались 5% раствором карбоната натрия. Изучена кинетика набухания гидрогелей в водном растворе при различном содержании наполнителя. Показано, что при увеличении содержания глины в образце происходит изменение сорбционных свойств геля. Охарактеризованы основные физико-химические свойства используемых полимерных комплексов, установлены оптимальные режимы получения металлсодержащих полимерных матриц, с целью их использования, как биокатализаторов.

Финансирование: Результаты исследований получены в рамках проекта (AP08956439), финансируемого Комитетом науки МОН РК.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Смирнова Н.Н. Ультрафильтрационные мембраны на основе интерполиэлектролитных комплексов: адсорбционные и массообменные свойства // Журн. прикл. хим. - 2017. - Т. 90.- Вып. 6. - С. 770-777.
- [2] Morsali A., Hashemi L. Main Group Metal Coordination Polymers: Structures and Nanostructures. – 2017.– USA: Scrivener Publishing LLC, Wiley.- 253 p. ISBN: 978-1-119-37023X.
- [3] Зезин А.Б., Кабанов Н.М., Кокорин А.И., Рогачева В.Б. Тройные полимер-металлические комплексы на основе полиакриловой кислоты, линейного полиэтиленimina и меди // Высокомогл. соед., серия А. - 1977. - Т. 19.- № 1. - С. 118–124.
- [4] Li Hui, Yang Peng. Recent Advances in Metal-Containing Polymer Hydrogels //Macromol. Rapid Com. – 2017.- Vol. 38.- No 14. P. 1-20. DOI:10.1002/marc.201700109.
- [5] Zichao Wei, Hanny Duan, Gengsheng Weng, Jie He. Metals in polymers: hybridization enables new functions // J. Mater. Chem. C.- 2020.- Vol. 8. - 15956-15980. doi.org/10.1039/D0TC03810E.
- [6] Nebhani L., Choudhary V., Adler H.-J. P., Kuckling D. pH- and Metal Ion-Sensitive Hydrogels based on N-[2-(dimethylaminoethyl)acrylamide] // Polymers. - 2016. - Vol. 8.- No 6. – 233. doi.org/10.3390/polym8060233.
- [7] Kim S., Regitsky A.U., Song J., Ilavsky J., McKinley G.H., Holten-Andersen N. In situ mechanical reinforcement of polymer hydrogels via metal-coordinated crosslink mineralization // Nature Com. – 2021. - Vol. 12.- P. 667.

- [8] Huiqin, Liu Pan, Chi Zheng, Chen Xuegang. Metallo-Supramolecular Hydrogels from the Copolymers of Acrylic Acid and 4-(2,2':6',2''-terpyridin-4'-yl)styrene // *Polymers (Basel)*. - 2019. - Vol. 11.- No 7. P. 1152. doi: 10.3390/polym11071152.
- [9] Stamatatos Theocharis C., Rentschler E. Organic chelate-free and azido-rich metal clusters and coordination polymers from the use of Me_3SiN_3 : a new synthetic route to complexes with beautiful structures and diverse magnetic properties// *Chem. Commun.*- 2019.- Vol. 55.- P. 11-26. DOI: 10.1039/C8CC08854C.
- [10] Rumyantsev, A. M.; Pan, A.; Roy, S. G.; De, P.; Kramarenko, E. Yu. Polyelectrolyte Gel Swelling and Conductivity vs Counterion Type, Cross-Linking Density and Solvent Polarity // *Macromolecules*.- 2016.- Vol. 49.- P. 6630-6643. doi.org/10.1021/acs.macromol.6b00911.
- [11] Pafiti Kyriaki, Cui Zhengxing, Adlam Daman, Hoyland Judith, Freemont Anthony J., Saunders Brian R. Hydrogel Composites Containing Sacrificial Collapsed Hollow Particles as Dual Action pH-Responsive Biomaterials// *Biomacromolecules*. - 2016.- Vol. 17.- No 7.- P. 2448–2458. <https://doi.org/10.1021/acs.biomac.6b00593>.
- [12] Hobzova R., Pradny M., Zhunusbekova N., Sirc J., Guryca V., Michalek J. Bioactive support for cell cultivation and potential grafting. Part 1: Surface modification of 2-hydroxyethyl methacrylate hydrogels for avidin immobilization // *e-Polymers*. 2011. - No.043.- P. 474–491. DOI:10.1515/epoly.2011.11.1.474.
- [13] Keidel R., Ghavami A., Lugo D.M., Lotze G., Virtanenpeter B.O., Pedersen J.S., Bardow A., Winkler R.G., Richtering W. Time-resolved structural evolution during the collapse of responsive hydrogels: The microgel-to-particle transition// *SCIENCE ADVANCES*.- 2018.- Vol. 4.- Iss. 4. DOI: 10.1126/sciadv.aa.
- [14] Chih Wei Chiu, Ya Chi Wang, Ting Kai Huang. Intercalation strategies in clay/polymer hybrids//*Progress in Polymer Science*.- 2013.- Vol. 39. – No 3. DOI:10.1016/j.progpolymsci.2013.07.002.
- [15] Radu I.-C., Vasile E., Damian C.M., Iovu H. Influence of the Double Bond LDH Clay on the Exfoliation / Intercalation Mechanism of Polyacrylamide Nanocomposite Hydrogels // *Materiale plastice*. – 2018.- Vol. 55. – No 3. P. 263-268. DOI:10.37358/MP.18.3.5010.
- [16] Wasuthep Luecha, Rathanawan Magaraphan. A Novel and Facile Nanoclay Aerogel Masterbatch toward Exfoliated Polymer-Clay Nanocomposites through a Melt-Mixing Process// *Advances in Applications of Polymer Nanocomposites*.- doi.org/10.1155/2018/810618917.
- [17] Сулейменов И.Э., Бектуров Е.А. Полимерные гидрогели. – Алма-Ата: Ғылым. –1998. – 240 с.
- [18] Шварева Г.Н. Суперабсорбенты на основе (мет)акрилатов, аспекты их использования // *Пластические массы*. – 1996. – № 3. – С.32–35.
- [19] Нагорнов Р. С., Разговоров П. Б., Лепилова А. М., 154 Строганова Ю. И., Смирнов П. Р., Кочетков С. П. Щадящая активация полиминерального сорбента и ее влияние на процесс очистки маслосодержащих сред от примесных ингредиентов // *Изв. вузов. Сер.: Химия и хим. технология*. – 2017. – Т. 60. – № 8. – С. 53-59. <https://cyberleninka.ru/article/n/schadyaschaya-aktivatsiya-polimineralnogo-sorbenta-i-ee-vliyanie-na-protsess-ochistki-maslosoderzhaschih-sred-ot-primesnyh> (по состоянию на 22.09.2021)
- [20] Kiliaris P., Papaspyrides C.D. Polymer/layered silicate (clay) nanocomposites: An overview of flame retardancy // *Progress in Polymer Science*. –2010. – V. 35. – P. 902–958. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2010.03.001> (по состоянию на 22.09.2021).
- [21] Махкамов М.А., Мухамедиев М.Г. Композиционные гели полиакриловой кислоты с бентонитовой глиной и их свойства // *Universum: Химия и биология : электрон. научн. журн*. 2016. № 11(29). URL: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/3832>.

REFERENCES

- [1] Cmirnova N.N. Ul'trafil'tracionnye membrany na ocnove interpolielektrolitnyh kompleksov: adorbcionnye i massoobmennye svoystva // *Zhurn. prikl. him.* - 2017. - T. 90.- Vyp. 6. - С. 770-777 (in Russian).
- [2] Morsali A., Hashemi L. Main Group Metal Coordination Polymers: Structures and Nanostructures. - 2017.- USA: Scrivener Publishing LLC, Wiley.- 253 r. ISBN: 978-1-119-37023X.
- [3] Zezin A.B., Kabanov N.M., Kokorin A.I., Rogacheva V.B. Trojnye polimer-metallicheckie komplekcy na ocnove poliakrilovoj kisloty, linejnogo polietilenimina i medi // *Vycokomol. coed., ceriya A.* - 1977. - T. 19.- № 1. - С. 118–124 (in Russian).

- [4] Li Hui, Yang Peng. Recent Advances in Metal-Containing Polymer Hydrogels // *Macromol. Rapid Com.* – 2017.- Vol. 38.- No 14. P. 1-20. DOI:10.1002/marc.201700109.
- [5] Zichao Wei, Hanny Duan, Gengsheng Weng, Jie He. Metals in polymers: hybridization enables new functions // *J. Mater. Chem. C.* – 2020.- Vol. 8. - 15956-15980.
- [6] doi.org/10.1039/D0TC03810E.
- [7] Nebhani L., Choudhary V., Adler H.-J. P., Kuckling D. pH- and Metal Ion-Sensitive Hydrogels based on N-[2-(dimethylaminoethyl)acrylamide] // *Polymers.* - 2016. - Vol. 8.- No 6. – 233. doi.org/10.3390/polym8060233.
- [8] Kim S., Regitsky A.U., Song J., Ilavsky J., McKinley G.H., Holten-Andersen N. In situ mechanical reinforcement of polymer hydrogels via metal-coordinated crosslink mineralization // *Nature Com.* – 2021. - Vol. 12.- P. 667.
- [9] Huiqin, Liu Pan, Chi Zheng, Chen Xuegang. Metallo-Supramolecular Hydrogels from the Copolymers of Acrylic Acid and 4-(2,2':6',2"-terpyridin-4'-yl)styrene // *Polymers (Basel).* - 2019. - Vol. 11.- No 7. P. 1152. doi: 10.3390/polym11071152.
- [10] Stamatatos Theocharis C., Rentschler E. Organic chelate-free and azido-rich metal clusters and coordination polymers from the use of Me₃SiN₃: a new synthetic route to complexes with beautiful structures and diverse magnetic properties// *Chem. Commun.* – 2019.- Vol. 55.- P. 11-26. DOI: 10.1039/ C8CC08854C.
- [11] Rumyantsev, A. M.; Pan, A.; Roy, S. G.; De, P.; Kramarenko, E. Yu. Polyelectrolyte Gel Swelling and Conductivity vs Counterion Type, Cross-Linking Density and Solvent Polarity // *Macromolecules.* – 2016.- Vol. 49.- P. 6630-6643. doi.org/10.1021/acs.macromol.6b00911.
- [12] Pafiti Kyriaki, Cui Zhengxing, Adlam Daman, Hoyland Judith, Freemont Anthony J., Saunders Brian R. Hydrogel Composites Containing Sacrificial Collapsed Hollow Particles as Dual Action pH-Responsive Biomaterials// *Biomacromolecules.* – 2016.- Vol. 17.- No 7.- P. 2448–2458. https://doi.org/10.1021/acs.biomac.6b00593.
- [13] Hobzova R., Pradny M., Zhunusbekova N., Sirc J., Guryca V., Michalek J. Bioactive support for cell cultivation and potential grafting. Part 1: Surface modification of 2-hydroxyethyl methacrylate hydrogels for avidin immobilization // *e-Polymers.* 2011. - No.043.- P. 474–491. DOI:10.1515/epoly.2011.11.1.474.
- [14] Keidel R., Ghavami A., Lugo D.M., Lotze G., Virtanenpeter B.O., Pedersen J.S., Bardow A., Winkler R.G., Richtering W. Time-resolved structural evolution during the collapse of responsive hydrogels: The microgel-to-particle transition// *SCIENCE ADVANCES.* – 2018.- Vol. 4.- Iss. 4. DOI: 10.1126/sciadv.aa.
- [15] Chih Wei Chiu, Ya Chi Wang, Ting Kai Huang. Intercalation strategies in clay/polymer hybrids//*Progress in Polymer Science.* – 2013.- Vol. 39. – No 3. DOI:10.1016/j.progpolymsci.2013.07.002.
- [16] Radu I.-C., Vasile E., Damian C.M., Iovu H. Influence of the Double Bond LDH Clay on the Exfoliation / Intercalation Mechanism of Polyacrylamide Nanocomposite Hydrogels // *Materiale plastice.* – 2018.- Vol. 55. – No 3. P. 263-268. DOI:10.37358/MP.18.3.5010.
- [17] Wasuthep Luecha, Rathanawan Magaraphan. A Novel and Facile Nanoclay Aerogel Masterbatch toward Exfoliated Polymer-Clay Nanocomposites through a Melt-Mixing Process// *Advances in Applications of Polymer Nanocomposites.* – doi.org/10.1155/2018/810618917.
- [18] Sulejmenov I.E., Bekturov E.A. Polimernye gidrogeli. – Alma-Ata: Fylym. –1998. – 240 s (in Russian).
- [19] Shvareva G.N. Cuperabcorbenty na ocnove (met)akrilatov, aspekty ih icpol'zovaniya // *Placticheckie maccy.* – 1996. – № 3. – S.32–35 (in Russian).
- [20] Nagornov R. S., Razgovorov P. B., Lepilova A. M., 154 Stroganova YU. I., Smirnov P. R., Kochetkov S. P. SHCHadyashchaya aktivaciya polimineral'nogo sorbenta i ee vliyanie na process ochistki maslosoderzhashchih sred ot primesnyh ingredientov // *Izv. vuzov. Ser.: Himiya i him. tekhnologiya.* – 2017. – T. 60. – № 8. – S. 53-59. https://cyberleninka.ru/article/n/schadyashchaya-aktivatsiya-polimineralnogo-sorbenta-i-ee-vliyanie-na-protsess-ochistki-maslosoderzhaschih-sred-ot-primesnyh (po sostoyaniyu na 22.09.2021) (in Russian).
- [21] Kiliaris P., Papaspyrides C.D. Polymer/layered silicate (clay) nanocomposites: An overview of flame retardancy // *Progress in Polymer Science.* –2010. – V. 35. – P. 902–958. https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2010.03.001 (po sostoyaniyu na 22.09.2021).
- [22] Mahkamov M.A., Muhamediev M.G. Kompozicionnye geli poliakrilovoj kisloty s bentonitovoj glinoj i ih svojstva // *Universum: Himiya i biologiya : elektron. nauchn. zhurn.* 2016. № 11(29). URL: http://7universum.com/ru/nature/archive/item/3832 (in Russian).

¹Н.М. Жунусбекова*, ¹Т.К. Искакова, ²Н.С. Чинибаева,

¹Г.К. Кусаинова, ¹Н.С. Худайбергенов

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²«Education Map» оқу-білім орталығы

*e-mail: n.zhunusbekova@satbayev.university

ТҮРЛІ СЫРТҚЫ ОРТА ФАКТОРЛАРЫНА БАЙЛАНЫСТЫ БЕЛСЕНДІ ОРТАЛЫҚТАРДЫ АНЫҚТАУ ҮШІН ҮШӨЛШЕМ ҚҰРЫЛЫМДЫ ПОЛИМЕР-МЕТАЛЛ КЕШЕННІҢ ӨЗАРА ӨРЕКЕТТЕСУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Андатпа. Полимерлі гидрогельдері бар металл иондарының кешенді қалыптасуы зерттелді. Зерттеу жүргізу үшін гидроксэтилакрилат, акрил қышқылы және хитозан негізінде полиэлектролитті гидрогельдер синтезделді, оның бетінде хелат кешендерін қалыптастыра отырып, әртүрлі металл иондарының хемсорбциясы орын алды. Эквивалентті және үшвалентті металл иондарымен полимерлі гидрогельдің кешенді қосылыстары ИҚ спектрлердің деректерімен расталды. Акрил қышқылы мен акриламид сополимері негізінде полиэлектролитті гидрогельдің ісіну динамикасы зерттелді. Ион радиусы, электртерістілік сияқты ауыспалы металдардың табиғатынан түзілген кешендердің ісіну коэффициенті тәуелді екендігі анықталды. Синтетикалық мономерлерді интеркаляциялық полимерлеу арқылы жаңа полимер-силикатты композициялық материалдар алынды. Силикат компоненті ретінде алдын ала натрий карбонатының 5% ерітіндісімен белсендірілген Дарбаза кен орнының сазы қолданылды. Композиттерді синтездеу 333,15 К температурада 1 сағат ішінде қосушы агенттің қатысуымен жүргізілді. Нысаналы өнімдердің пайда болуы ИҚ спектрлерінің мәліметтерін және ісіну кинетикасын растайды.

Негізгі сөздер: ауыспалы металл иондары, сорбция, полимер-металл кешендері, кешенді қалыптастыру, гидрогельдер, полимерлі композиттер, интеркаляция.

¹N.M. Zhunusbekova*, ¹T.K. Iskakova, ²N.S. Chinibayeva,

¹G.K. Kusainova, ¹N.S. Khudaibergenov

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²Training and educational center «Education Map»

*e-mail: n.zhunusbekova@satbayev.university

STUDY OF INTERACTIONS OF POLYMER-METAL COMPLEXES OF THREE-DIMENSIONAL STRUCTURE DEPENDING ON DIFFERENT FACTORS OF THE EXTERNAL ENVIRONMENT FOR IDENTIFICATION OF ACTIVE CENTERS

Abstract. The complexation of metal ions with polymer hydrogels has been studied. For the study, polyelectrolyte hydrogels based on hydroxyethyl acrylate, acrylic acid, and chitosan were synthesized, on the surface of which ions of various metals were chemisorbed with the formation of chelate complexes. The formation of complex compounds of the polymer hydrogel with ions of divalent and trivalent metals was confirmed by the data of IR spectra. The dynamics of swelling of a polyelectrolyte hydrogel based on a copolymer of acrylic acid and acrylamide has been studied. It was found that the swelling coefficient of the formed complexes depends on the nature of the transition metals: ion radius, electronegativity. New polymer-silicate composite materials have been obtained by intercalation polymerization of synthetic monomers. As a silicate component, we used the clay of the Darbazinsky deposit, previously activated with a 5% sodium carbonate solution. The composites were synthesized in the presence of a crosslinking agent at a temperature of 333.15 K for 1 hour. The formation of the target products is confirmed by the data of IR spectra and the kinetics of swelling.

Keywords: transition metal ions, sorption, polymer-metal complexes, complexation, hydrogels, polymer composites, intercalation.

А.В. Ревуцкий*, Б.В. Сырнев, О.В. Семилюцкая

Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Казахстан

*e-mail: RevutskiyAV@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН НЕСТАБИЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОЦЕССА ВАКУУМНОГО ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ ПОРОШКОВ БЕРИЛЛИЯ

Аннотация. В работе проведен анализ путей повышения показателя качества процесса получения заготовок конструкционного бериллия путем вакуумного горячего прессования порошков бериллия дисперсностью менее 56 мкм. В ходе работы, были проведены: сравнительный анализ качества горячепрессованных заготовок в зависимости от периода производства; анализ представительности значений характеристик порошков; изучена динамика изменения химического состава бериллия в процессе измельчения слитков. Представлены результаты исследований причин неустойчивости качества заготовок спеченного бериллия. С использованием методом математической статистики изучено влияние отдельных факторов промышленного производства на показатели качества. Приведены результаты изменения химического состава бериллия при измельчении слитков, а также приведена оценка невоспроизводимости результатов анализа содержания примесей и аттестации продукции по механическим свойствам.

Ключевые слова: порошок бериллия, горячее прессование, сравнительный анализ, оценка воспроизводимости.

Введение. Промышленный конструкционный бериллий выпускается методами порошковой металлургии. А основной технологический передел получения заготовок для последующей обработки давлением и механической обработки является процесс вакуумного горячего прессования порошков бериллия дисперсностью менее 56 мкм [1]. Потенциал процесса в значительной степени определяет как экономические показатели производства, так и конкурентоспособность продукции, часть из которой направляется за рубеж.

Повышение надежности и стабильности процесса, которые характеризуются показателями качества, является одной из важнейших производственных целей.

Для решения поставленной цели были проведены статистические исследования указанного технологического передела от получения слитков до готовых горячепрессованных заготовок.

Задачи статистического мониторинга состояли в:

- сравнительном анализе качества горячепрессованных заготовок, полученных в различные периоды производства;
- анализе представительности значений характеристик порошков, определяемых в аттестационной лаборатории;
- изучении динамики изменения химического состава бериллия на переделе механического измельчения слитков в порошки;

Методика и анализ. Сравнительный анализ качества горячепрессованной продукции из бериллия проводился за несколько лет.

Была собрана производственная статистика по механическим свойствам горячепрессованных заготовок «современного» производства (СП) и «доперестроечного» периода (ДП). Существенное отличие в технологическом регламенте современного производства состоит в том, что порошки получают по «сухой» схеме – методом стружкования слитков. В то время как ранее, в «доперестроечный» период, порошки получали по «мокрой» схеме – измельчением слитков в жидкости.

Анализ результатов показал, что при переходе от «мокрой» к «сухой» схеме производства порошков существенных изменений механических свойств не произошло: значение предела прочности составляло величину порядка 390 МПа, однако появилась неустойчивость качества продукции (таблица 1).

Таблица 1. Механические свойства горячепрессованных заготовок и показатель их стабильности СКО (среднеквадратическое отклонение).

Период выпуска	Схема производства порошков	Механические свойства					
		Относит. удлинение, %		Предел прочности, МПа		Предел текучести, МПа	
		Ср.зн.	СКО	Ср.зн.	СКО	Ср.зн.	СКО
ДП	«мокрая»	1.8	0.3	392	1.8	305	2.1
СП, 1 год	«сухая»	2.0	0.5	394	2.3	305	2.1
СП, 2 год	«сухая»	2.05	0.5	361	2.1	286	3.9

Несмотря на то, что средние значения предела прочности превышают контрольное значение 350 МПа, средняя дефектность продукции (несоответствующая техническим условиям) составляла 15 – 20% (рис. 1).

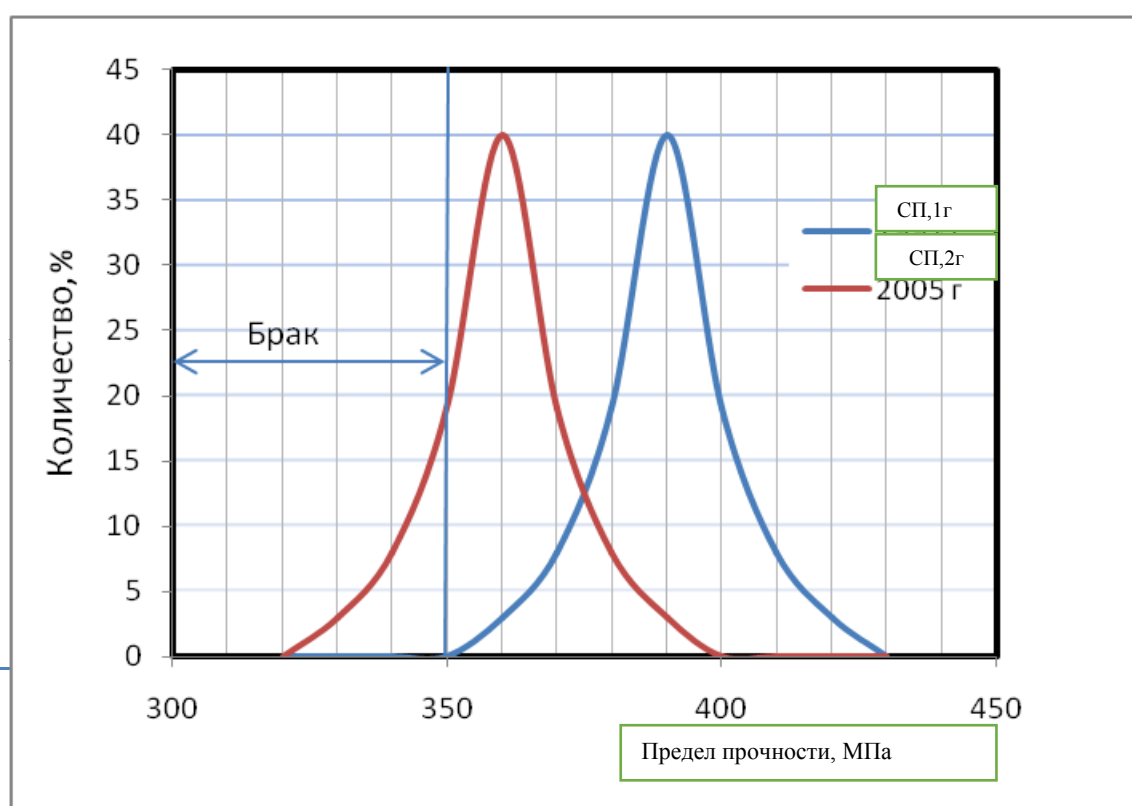


Рис. 1. Кривые распределения значений прочностных свойств горячепрессованных заготовок из бериллия в различные периоды производства

Перед производством возникла задача по выяснению причин нестабильности качества готовой продукции. Был определен поэтапный регламент анализа качества исходного сырья (порошков ПТБ-56) и технологических режимов формования.

Оценка воспроизводимости результатов анализа химического и гранулометрического составов порошка

При проведении статистических исследований зависимости качества спеченной продукции от характеристик порошков важнейшее значение имеют данные, подтверждающие представительность результатов контроля продукции [2, 3, 4].

Для получения указанных данных проводилась работа по оценке воспроизводимости результатов анализа химического и гранулометрического состава порошков [5].

а) Проверка воспроизводимости результатов химического анализа проводилась в

соответствии с требованиями МВИ 0306 385-2000 (углерод), МВИ 0306 386-2000 (Al, Fe, Si, Mn, Mg, Cu, Ni, Pb, Cr), МВИ 0306 384-2004 (кислород). Решение об удовлетворительной воспроизводимости принималась при выполнении условия [5]:

$$|X_1 - X_2| \leq \delta \cdot X_{\text{ср}} \quad (1)$$

где X_1 и X_2 – результаты основного и «контрольного» анализов,
 δ – доверительная граница суммарной погрешности соответствующего МВИ,
 $X_{\text{ср}}$ – среднее арифметическое X_1 и X_2 .

б) Проверка воспроизводимости результатов определения удельной поверхности проводилась в соответствии с требованиями МВИ 0306 414-2001 «Порошок бериллия. Метод определения удельной поверхности». Решение об удовлетворительной воспроизводимости принималась при выполнении условия 2.30 [5].

в) Проверка воспроизводимости результатов определения гранулометрического состава порошков проводилась в соответствии с требованиями МВИ 0306 429-2002 «Бериллий металлический. Метод определения гранулометрического состава порошков фотоседиментационным способом». Решение об удовлетворительной воспроизводимости принималась при выполнении условия [6]:

$$|X_1 - X_2| \leq D_{\text{отн}} \cdot X_{\text{ср}} \quad (2)$$

где X_1 и X_2 – результаты основного и «контрольного» анализов,
 $D_{\text{отн}}$ – норматив оперативного контроля воспроизводимости из МВИ,
 $X_{\text{ср}}$ – среднее арифметическое X_1 и X_2 .

г) Оценка расхождения результатов определения насыпной плотности и плотности после утряски в основном и «контрольном» анализе определялась в процентах от среднего значения. Решение об удовлетворительной воспроизводимости для этих показателей качества принималась при расхождении результатов не более 5 % (требование ГОСТ 25279-93 «Порошки металлические. Определение плотности после утряски» для параллельных определений).

Аналізу были подвергнуты 24 партии порошков марки ПТБ 56, на которых определялись характеристики воспроизводимости 23 показателей качества.

Анализ полученных результатов показал, что:

- при определении химического состава порошков отсутствует воспроизводимость в 20,8 % анализов при определении хрома (5 несоответствий), 8,3 % - никеля (2 несоответствия), 4,2 % - кислорода и кремния (1 несоответствие),
- при определении удельной поверхности отсутствует воспроизводимость в 20,8 % анализов (5 несоответствий),
- при определении характеристик гранулометрического состава несоответствия результатов не обнаружено,
- при определении значений насыпной плотности и плотности утряски обнаружено отсутствие воспроизводимости в 12,5 % анализов по определению насыпной плотности и в 20,8 % - плотности после утряски.

По результатам обработки данных, представленных в таблице, построена диаграмма Парето (рисунок 2) [7].

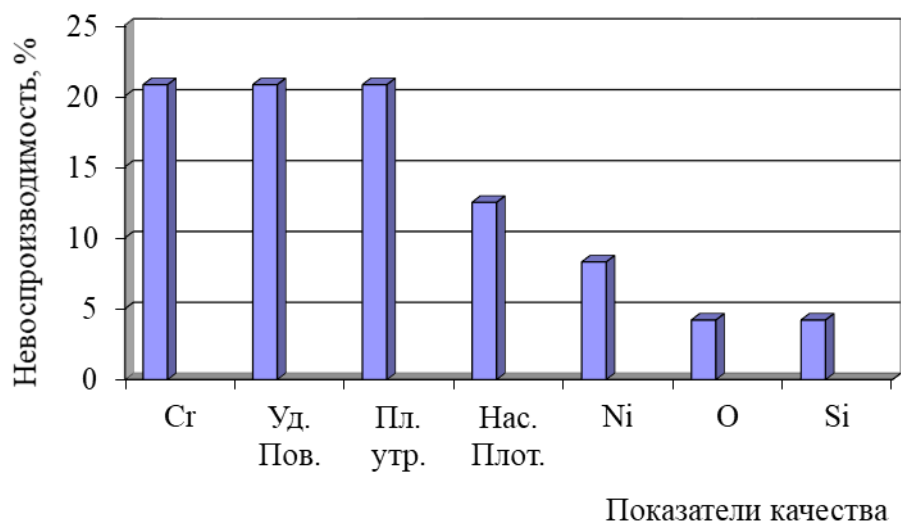


Рис. 2. Диаграмма Парето воспроизводимости результатов анализов характеристик порошков ПТБ 56

Таким образом, из 23 анализируемых показателей качества порошков ПТБ 56 – 7 показателей характеризуются пониженной воспроизводимостью: содержание примесей хрома, никеля, кислорода, кремния, а также показатели удельной поверхности, плотности утряски и насыпной плотности. Однако, возможно, полученные показатели воспроизводимости являются результатом нестабильности химического и гранулометрического состава порошков по объему партии.

Оценка изменения химического состава бериллия при измельчении слитков в порошок. При расчете шихтовки слитков, в особенности при использовании резерва, в котором могут быть слитки с повышенным содержанием отдельных примесей, полезно представлять, как меняется химический состав бериллия в процессе «сухого» измельчения слитков в порошок.

Для проведения анализа были отобраны слитки для двух партий порошков с повышенной однородностью по химическому составу (таблица 2) [8].

Таблица 2. Химический состав слитков и порошков, в % масс.

Слитки	Be	Fe	Al	Si	Mn	Cu	Mg	Ni	Cr	O	C
189	99,521	0,16	0,012	0,014	0,007	0,0048	0,012	0,013	0,028	0,12	0,097
183	99,561	0,17	0,012	0,014	0,007	0,0048	0,018	0,014	0,028	0,1	0,058
621	99,585	0,11	0,013	0,014	0,007	0,0048	0,012	0,013	0,033	0,11	0,084
660	99,563	0,13	0,013	0,014	0,008	0,0048	0,013	0,012	0,031	0,14	0,061
618	99,615	0,11	0,014	0,014	0,007	0,0048	0,018	0,012	0,034	0,1	0,057
605	99,578	0,11	0,014	0,015	0,007	0,0048	0,018	0,012	0,033	0,11	0,086
884	99,63	0,1	0,014	0,014	0,007	0,0048	0,012	0,012	0,03	0,1	0,064
Средн	99,498	0,13	0,013	0,014	0,007	0,0048	0,015	0,013	0,031	0,11	0,072
Порошок											
Парт.132		0,14	0,012	0,01	0,01	0,01	0,016	0,014	0,039	0,68	0,05
Слитки											
117	99,534	0,12	0,025	0,014	0,007	0,00498	0,012	0,012	0,043	0,17	0,077
48	99,575	0,13	0,029	0,014	0,007	0,0048	0,012	0,017	0,035	0,10	0,088
76	99,575	0,13	0,025	0,014	0,007	0,00478	0,015	0,012	0,028	0,13	0,075

8	99,535	0,13	0,023	0,014	0,007	0,0058	0,020	0,018	0,035	0,11	0,088
827	99,507	0,16	0,027	0,014	0,014	0,0048	0,019	0,014	0,048	0,1	0,077
121	99,673	0,13	0,022	0,014	0,007	0,0048	0,012	0,012	0,028	0,10	0,075
109	99,521	0,19	0,021	0,014	0,007	0,0048	0,012	0,012	0,029	0,12	0,085
Среднее		0,14	0,025	0,014	0,008	0,0049	0,015	0,014	0,035	0,12	0,081
Порошок											
Парт.131		0,12	0,018	0,01	0,01	0,01	0,013	0,015	0,032	0,70	0,05
Изм. хим. сост. в % от значения в слитке.		+/- 14.2	- 28	- 28.6	+ 42.8	+ 108	+/- 13.3	+ 7.7	+/- 25.8	+ 518	- 38.3

Примечание: Знаки (+), (-) или (+-) обозначают – увеличение, уменьшение или изменение как в сторону увеличения, так и снижения содержания примеси в процессе измельчения слитков в порошок.

При изучении влияния фактора «сухого» измельчения на изменение содержания примесей в порошке установлено, что содержание примесей: Mn, Cu, Ni, O при производстве порошка бериллия увеличивается соответственно на величины порядка 40, 100, 10 и 500 %. А содержание примесей Al, Si и C уменьшается на 30-40 %. Часть примесей: Fe, Mg и Cr могут как увеличиваться в порошке, так и уменьшаться по сравнению с содержанием в слитке. Рост кислорода – следствие поверхностного окисления при измельчении. Увеличение металлических примесей, видимо, результат «натира» от технологической оснастки и инструмента (значительное увеличение меди – в два раза, видимо, результат загрязнения бериллиевой бронзой).

Уменьшение Al, Si и C, возможно, связано с повышенным содержанием указанных примесей в литейной корке, шлаке, которые, в основном, удаляются при «стружковании».

Оценка воспроизводимости механических характеристик, изучаемых на различных испытательных установках. Одна из причин снижения показателей качества горячепрессованных заготовок могла заключаться в изменении регламента испытаний на растяжение: переходе на другую испытательную машину, с иными жесткостными, скоростными характеристиками. С целью исследования сходимости результатов испытаний механических свойств, определенных на разных испытательных машинах, из штатной заготовки № 0505154 были изготовлены образцы для параллельных испытаний на испытательных машинах ИМ-10 и «Инстрон 1195». Вырезка образцов проводилась из верхнего и нижнего торцов заготовки, из трех зон, расположенных через 120° [9]. Результаты механических испытаний приведены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты сравнительного анализа испытаний механических свойств на различных испытательных машинах по средним значениям

Место отбора	Направление	Расхождение между средними знач.,%		
		Предел прочности, кг/мм ²	Предел текучести, кг/мм ²	Относит. удлинение, %
Низ	Вдоль	3.32	4.23	0
	Поперек	5.86	7.66	17.39
Верх	Вдоль	8.64	7.25	16.67
	Поперек	8.56	8.05	8.00
Среднее	6.6	6.8	10.51	

Анализ результатов испытаний механических свойств горячепрессованных заготовок на различных испытательных машинах показал, что механические свойства, определенные на установке «Инстрон 1195» выше, чем значения характеристик, полученных на ИМ-10. При этом значения прочностных свойств, в среднем, выше на 6-7 %, а пластических – на 10-11 %. Это расхождение результатов может быть следствием различных методов снятия дефектного поверхностного слоя образцов (электрополировка и химполировка), различной метрологической настройки, а также может являться следствием большей жесткости испытательной машины «Инстрон 1195».

Результаты и обсуждение. В результате исследований первого этапа было установлено:

- нестабильность химического состава при измельчении слитков в порошок, что может быть связано с качеством литейной корки, вносящей дополнительное загрязнение в порошки «мокрой» схемы получения;
- нестабильность гранулометрического состава и содержания некоторых примесей в пробах партий порошка, что, видимо, связано с недостаточно эффективным смешением порошков при формировании партий;
- невозпроизводимость механических характеристик горячепрессованных бериллиевых заготовок, определяемых на различных испытательных машинах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бериллий наука и технология / под ред. Д.Вебстера; - М.: Metallurgiya, 1984. 623 с.
- [2] Адлер Ю.П. Новое направление в статистическом контроле качества – метод Тагути. М.: Знание, 1993.
- [3] Статистические методы повышения качества. Пер. с англ. Под ред. Хитоси Кумэ. –М.: Финансы и статистика, 1990.
- [4] Статистические методы в инженерных расчетах. Лабораторный практикум. Под. Ред. Г.К. Круга. –М.: Высшая школа. 1983.
- [5] Кейн В.Э. Воспроизводимость процессов. Ж. «Курс на качество», №2, 1992 г.
- [6] ISO TC 69/SC4 Показатели воспроизводимости и работоспособности процесса;
- [7] Лapidус В.А. и др. Статистический контроль качества продукции на основе принципа распределенных приоритетов. – М.: Финансы и Статистика, 1991-224 с.
- [8] Ликеш И., Ляга Й. Основные таблицы математической статистики. Пер. с чешского. М.: Финансы и Статистика, 1995,-356 с.
- [9] Сырнев Б.В., Данилов С.Н., Агапов В.А., Шевченко О.В. Методика статистического анализа согласованности требований заявки (контракта) на поставку с техническими возможностями производства и контроля в Бериллиевом производстве. УК ВКГТУ, 2004 г.
- [10] Бериллий/Пер. с англ. под ред.М.Б. Рейфмана; Под ред. Д. Уайта, Дж. Берка. -М.:Издательство Иностранная литература,1960. –616с.:ил. – с. 153.

REFERENCES

- [1] Berillii nauka i tekhnologiya / pod red. D.Vebstera; - M.: Metallurgiya, 1984. 623 s.
- [2] Adler Yu.P. Novoe napravlenie v statisticheskom kontrole kachestva – metod Taguti. M.: Znanie, 1993.
- [3] Statisticheskie metody povysheniya kachestva. Per. s ang. Pod red. Khitosi Kume. –M.: Finansy i statistika, 1990.
- [4] Statisticheskie metody v inzhenernykh raschetakh. Laboratornyi praktikum. Pod. Red. G.K. Kruga. –M.: Vysshaya shkola. 1983.
- [5] Kein V.E. Vosproizvodimost' protsessov. Zh. «Kurs na kachestvo», №2, 1992 g.
- [6] ISO TC 69/SC4 Pokazateli vosproizvodimosti i rabotosposobnosti protsessa;
- [7] Lapidus V.A. i dr. Statisticheskii kontrol' kachestva produktsii na osnove printsipa raspredelennykh prioritetrov. – M.: Finansy i Statistika, 1991-224 s.
- [8] Likesh I., Lyaga I. Osnovnye tablitsy matematicheskoi statistiki. Per. s cheshskogo. M.:Finansy i Statistika, 1995,-356 s.

[9] Syrnev B.V., Danilov S.N., Agapov V.A., Shevchenko O.V. Metodika statisticheskogo analiza soglasovannosti trebovaniy zayavki (kontrakta) na postavku s tekhnicheskimi vozmozhnostyami proizvodstva i kontrolya v Berillievom proizvodstve. UK VKGTU, 2004 g.

[10] Berillii/Per. s angl. pod red.M.B. Reifmana; Pod red. D. Uaita, Dzh. Berka.-M.:Izdatel'stvo Inostrannaya literatura,1960. –616s.:il. – s. 153.

А.В. Ревуцкий*, Б.В. Сырнев, О.В. Семилуцкая

Д.Серикбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университет, Өскемен, Қазақстан

*e-mail: RevutskiyAV@mail.ru

БЕРИЛЛИЙ ҰНТАҚТАРЫН ВАКУУМДЫ ЫСТЫҚ ПРЕСТЕУДІҢ ӨНДІРІСТІК ПРОЦЕСІНІҢ ТҰРАҚСЫЗДЫҒЫНЫҢ СЕБЕПТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Мақалада құрылымы бериллий дайындамаларын 56 микроннан аспайтын жұқа бериллий ұнтақтарын вакуумдық ыстық престеу арқылы алу процесінің сапа индексін жақсарту жолдары талданған. Жұмыс барысында мыналар жүргізілді: өндіріс кезеңіне байланысты ыстықтай престелген бланкілердің сапасын салыстырмалы талдау; ұнтақтардың сипаттамалары мәндерінің репрезентативтілігін талдау; құймаларды ұнтақтау процесінде бериллийдің химиялық құрамының өзгеру динамикасын зерттеу. Агломерленген бериллий дайындамаларының сапасының тұрақсыздығының себептерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Математикалық статистика әдісін қолдана отырып, өнеркәсіптік өндірістің жеке факторларының сапа көрсеткіштеріне әсері зерттелді. Құймаларды ұнтақтау кезіндегі бериллийдің химиялық құрамындағы өзгерістердің нәтижелері, сонымен қатар қоспалардың құрамын талдау және механикалық қасиеттері бойынша өнімдерді сертифициаттау нәтижелерінің қайтарымысыздығына баға беріледі.

Негізгі сөздер: бериллий ұнтағы, ыстық престеу, салыстырмалы талдау, репродуктивті бағалау.

A.V. Revutskiy*, B.V. Syrnev, O.V. Semilutskaya

D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

*e-mail: RevutskiyAV@mail.ru

RESEARCH THE REASONS OF INSTABILITY OF THE INDUSTRIAL PROCESS OF VACUUM HOT PRESSING OF BERYLLIUM POWDERS

Abstract. The paper analyzes ways to improve the quality index of the process of obtaining structural beryllium blanks by vacuum hot pressing of beryllium powders with a fineness of less than 56 microns. In the course of the work, the following were carried out: comparative analysis of the quality of hot-pressed blanks depending on the production period; analysis of the representativeness of the values of the characteristics of powders; studied the dynamics of changes in the chemical composition of beryllium in the process of grinding ingots. The results of studies of the reasons for the instability of the quality of sintered beryllium billets are presented. Using the method of mathematical statistics, the influence of individual factors of industrial production on quality indicators was studied. The results of changes in the chemical composition of beryllium during the grinding of ingots are presented, as well as an assessment of the irreproducibility of the results of analysis of the content of impurities and certification of products by mechanical properties.

Keywords: beryllium powder, hot pressing, comparative analysis, reproducibility assessment.

Г.А. Буршукова*, Р.Ж. Абуова, А.Е. Канажанов

Satbayev University, Алматы, Казахстан

*e-mail: gzzi@mail.ru

Исследование вибрационных и акустических характеристик сплавов на основе железа

Аннотация: Статья посвящена актуальной проблеме создания демпфирующих сталей с наноструктурным покрытием. Объектом исследования являются стали, используемые для изготовления зубчатых колес, венцов, полумуфт, шестерен и генерирующие шум, создающий акустический дискомфорт. Основная идея работы заключается в оценке акустических, вибрационных, физико-механических и демпфирующих свойств сталей, получении сталей с наноструктурным покрытием с повышенными демпфирующими свойствами, обеспечивающие снижение шума и вибрации. В процессе работы были исследованы акустические (уровень звука, уровень звукового давления) характеристики сплавов. По итогам проведенных работ разработаны новые демпфирующие металлические материалы на основе железа.

Ключевые слова: сплавы, покрытие, демпфирование, соударения, шум, вибрация.

Введение. Шум ударного происхождения является наиболее распространенным и вредным производственным фактором [1].

В автомобильной промышленности одним из важных вопросов исследования является комплексный анализ виброакустических и прочностных характеристик. Для оценки и анализа виброакустических и прочностных характеристик используют такие понятия как – шум, вибрация, жесткость [2].

Проводимые исследования для снижения шума и вибраций включает в себя – борьбу в источнике возникновения и на пути их распространения.

Самым эффективным способом шумоподавления является снижение уровня шума в источнике его возникновения, применяя материалы с высокими демпфирующими свойствами.

Методы. В качестве объектов исследования выбраны стандартные 30Л, 40Л, 50Л и выплавленные на их основе стали – МБГ-1, МБГ-2, МБГ-3. Назначение и общая характеристика стандартных сталей приведена в таблице 1.

Таблица 1. Назначение и общая характеристика сталей [3]

Сталь	Назначение
30Л, 40Л, 50Л	Зубчатые колеса и муфты подъемно-транспортных машин, ходовые колеса, бегунки, зубчатые сектора и венцы, полумуфты, скаты, тормозные диски разливочных машин, втулки зубчатых муфт и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной твердости.

Имея существующие данные о влиянии химического состава сплавов на демпфирующие свойства, можно сделать вывод о возможности разработки металлических материалов с высоким уровнем демпфирующих свойств. Принципы легирования сплавов в работе основаны на изучении диаграмм состояния Fe-C, Fe-Cr, Fe-Ni; Fe-Si; Fe-Ce. Диаграммы состояния определяют в условиях равновесия фазовый состав сплава в зависимости от температуры и концентрации компонентов [4]. Данные о химическом составе сплавов приведены в таблице 2.

Таблица 2. Характеристики стандартных и выплавленных сплавов

№ п/п	Марка стали	Химический состав сталей, %вес					
		C	Si	Mn	Cr	Ni	PЗМ
1	30Л	0,27-0,35	0,2-0,52	0,4-0,9	-	-	-
2	40Л	0,37-0,45	0,2-0,52	0,45-0,9	-	-	-
3	50Л	0,47-0,55	0,2-0,52	0,45-0,90	-	-	-
4	МБГ-1	0,42	0,25	0,45-0,50	0,35	≤0,45	(0,03)Ce
5	МБГ-2	0,48	0,30	0,40-0,48	0,55	0,6-0,9	(0,05)Ce
6	МБГ-3 (НСП)	0,51	0,38	0,50-0,53	0,65	0,7-1,0	(0,08)Ce

Для исследования акустических (уровень звука, уровень звукового давления) и вибрационных (уровень виброускорения, общий уровень виброускорения) свойств сталей было выбрано устройство для комплексного исследования акустических и вибрационных свойств пластинчатых и трубчатых образцов сталей с последующей модернизацией [5].

Исследование представляло собой возбуждение механическими ударами стальной пластины, у каждой из них разный уровень демпфирования. Возникающий звук измеряли шумомером «Октава 101А», а его сигнал регистрировался на осциллографе. Акустические измерения находили как среднее значение пяти измерений.

Также, при изучении производимого шума использовался анализатор спектра 1-класса точности Ассистент SI.

Звуковой импульс фиксировали микрофонным капсюлем МК-102. Этот импульс преобразуется в электрический сигнал, усиливается предусилителем МК-102 и подается на вход точного импульсного шумомера 00017 фирмы RFT (Германия) или шумомера «Октава-101А» (РФ). Индикатор шумомера позволяет регистрировать уровни звукового давления от 30 до 130 дБ с точностью до 0,5 дБА.

Уровни звукового давления исследовали в октавных полосах частот в диапазоне 31,5-31500 Гц, уровни виброускорения в диапазоне 31,5-31500 Гц. Уровень звука – по шкале «А», общий уровень виброускорения – по характеристике «Lin».

Определение механических характеристик разработанных сплавов проводили стандартными методами [4, 7].

Исследования в области разработки износостойких покрытий на рабочих поверхностях исследуемых образцов показали, что многокомпонентные покрытия на основе нитридов имеют более высокие эксплуатационные характеристики по сравнению с однокомпонентными.

Указанные покрытия обладают более высокими упругими характеристиками и, как следствие, более высоким сопротивлением пластической деформации. Введение в состав покрытий на основе мононитридов дополнительных элементов способствует повышению уровня микродеформаций, измельчению размера кристаллитов, и может явиться одним из способов получения материала покрытия, характеризующегося сочетанием высоких значений твердости и вязкости [12].

Для этой цели разработан сплав с наноструктурным покрытием МБГ-3(НСП).

Наноструктурное покрытие образовывали известным методом PVD, основанный на генерации вещества в вакуумное пространство камеры с подачей реакционного газа (N₂, O₂, CH₄ и др.). Различие технологий PVD состоит в принципах генерации вещества, различной степени ионизации паро-ионного потока, конструкциях и технологических особенностях установок. Наибольшее применение в практике производства инструмента покрытием нашли системы низковольтного вакуумно-дугового испарения, получившие наименование arc-PVD (КИБ). Преимуществом КИБ считают достаточно скоростные действия испаряемого вещества [6].

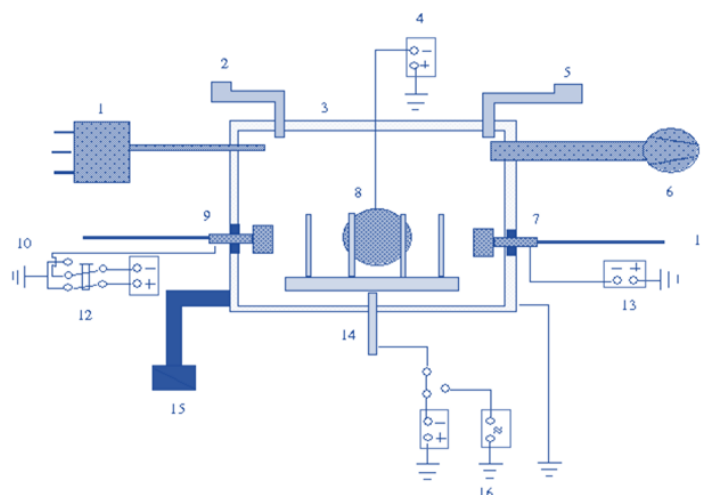


Рис. 1. Устройство для нанесения наноструктурного покрытия

1 – газосмеситель; 2 – вакуумметр; 3 – камера установки; 4 – источник электропитания ускорителя-сепаратора; 5 – система контроля температуры; 6 – вакуумная система; 7, 9 – дуговые испарители; 8 – источник сепарированной плазмы; 10, 11 – системы охлаждения испарителей; 12, 13 – источники электропитания испарителей; 14 – поворотный стол для размещения инструмента; 15 – система нагрева и охлаждения камеры; 16 – источник импульсной подачи напряжения смещения на инструмент

Покрyтия наносились посредством 3 испарительных катодов с сепараторами капельной фазы в атмосфере реакционного газа – азота ($P_{N_2} = 3 \cdot 10^{-3}$ Па). Получены многокомпонентные покрытия Ti-Al-N с размером кристаллитов от 10 до 100 нм. Изучение морфологии и состава образцов осуществлялось с применением полевого растрового электронного микроскопа JSM-6700F с приставкой для энергодисперсионной спектроскопии JED-2300F фирмы «JEOL», Япония.

Результаты исследований. В таблицах 3-8 представлены вибрационные и акустические характеристики образцов (пластины размером 50x50x5 мм) из сталей 30Л, 40Л, 50Л и МБГ-1, МБГ-2, МБГ-3(НСП), после соударения с шарами-ударниками диаметрами $d=7$ мм, $d=8$ мм, $d=9$ мм и $d=11$ мм.

В таблице 3 представлены акустические характеристики образцов стандартных при соударении с шарами-ударниками разных диаметров.

Таблица 3. Акустические характеристики сталей 30Л, 40Л, 50Л

Марка сталей	Диаметр шара-ударника, d, мм	Уровни звуковых давлений, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц						УЗ, дБА
		1000	2000	4000	8000	16000	31500	
30Л	7	43	51	57	63	62	53	67
	8	57	60	63	73	68	58	76
	9	55	67	70	73	67	63	75
	11	63	64	67	74	73	70	86
40Л	7	46	58	62	64	60	55	69
	8	61	61	65	71	68	60	76
	9	60	63	67	73	81	60	77
	11	61	60	65	77	80	71	81
50Л	7	43	46	50	58	56	53	56
	8	62	63	67	77	77	63	78
	9	61	65	70	77	74	65	82
	11	63	66	71	81	71	65	83

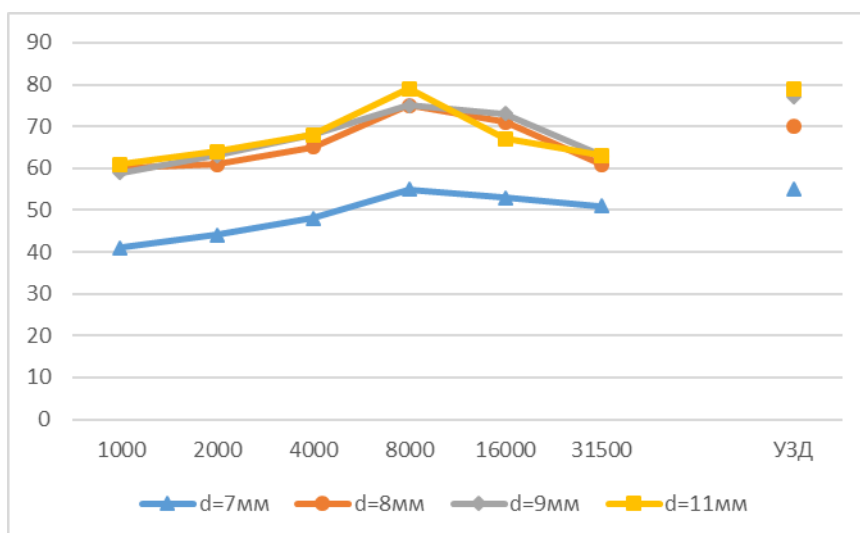


Рис. 2. Характеристики звукоизлучения образца 30Л при соударении

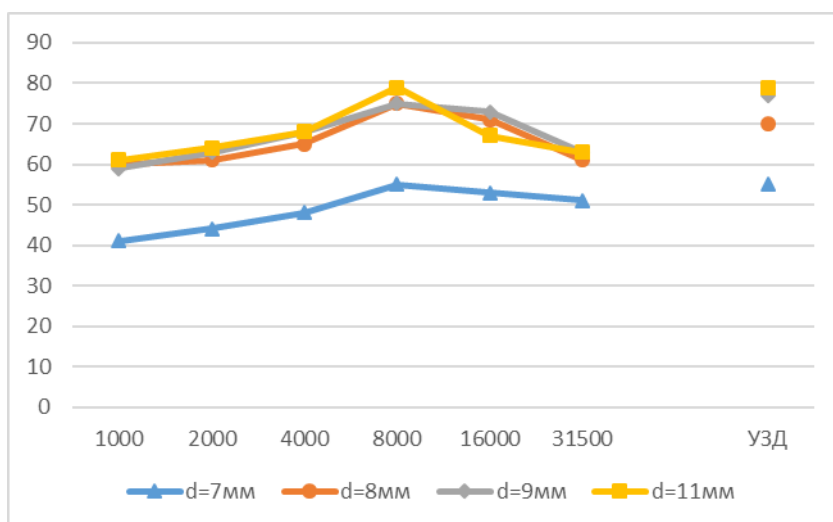


Рис. 3. Характеристики звукоизлучения образца 40Л при соударении

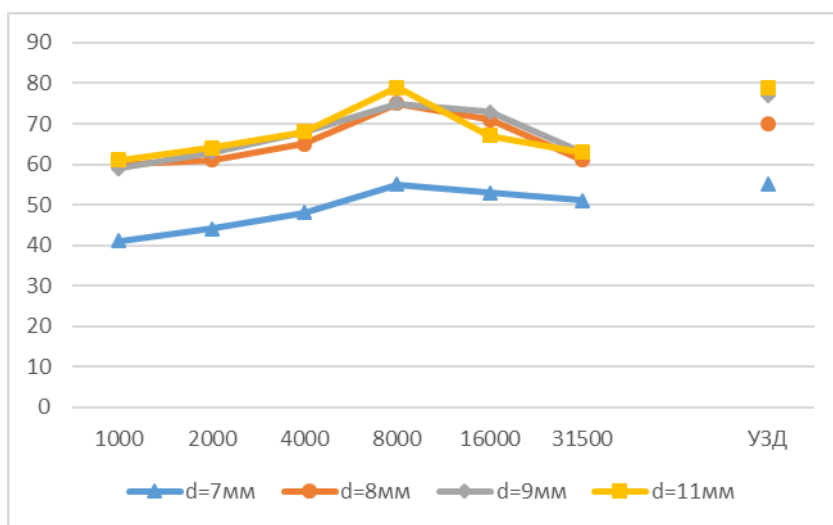


Рис. 4. Характеристики звукоизлучения образца 50Л при соударении

В таблице 4 представлены акустические характеристики образцов разработанных при соударении с шарами-ударниками разных диаметров.

Таблица 4. Акустические характеристики сталей МБГ-1, МБГ-2, МБГ-3(НСП)

Марка сталей	Диаметр шара-ударника, d, мм	Уровни звуковых давлений, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц						УЗ, дБА
		1000	2000	4000	8000	16000	31500	
МБГ-1	7	41	49	55	61	59	51	65
	8	55	58	61	71	66	56	73
	9	53	65	68	71	65	61	75
	11	61	62	65	73	70	68	81
МБГ-2	7	44	56	60	61	58	53	67
	8	59	59	63	69	66	58	72
	9	58	61	65	71	79	58	75
	11	59	58	63	75	78	69	78
МБГ-3	7	51	52	51	55	57	58	66
	8	61	62	65	77	71	65	79
	9	63	63	69	78	73	63	81
	11	71	68	68	77	69	70	93

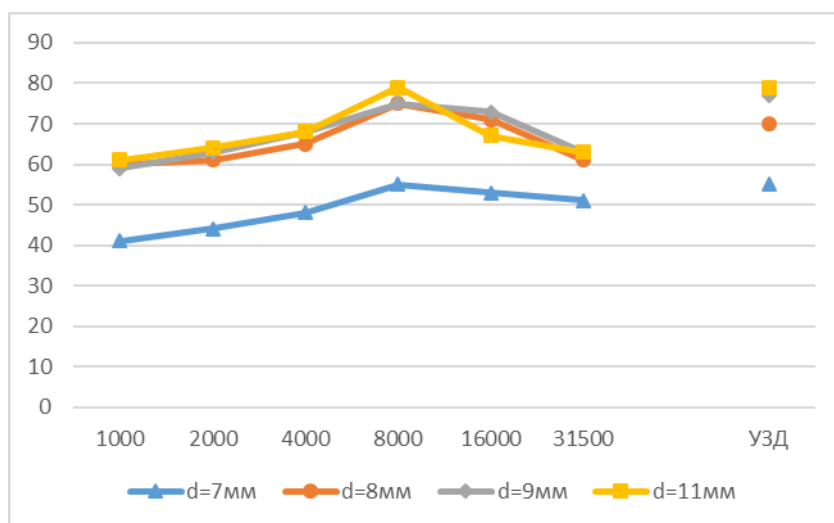


Рис. 5. Характеристики звукоизлучения образца МБГ-1 при соударении

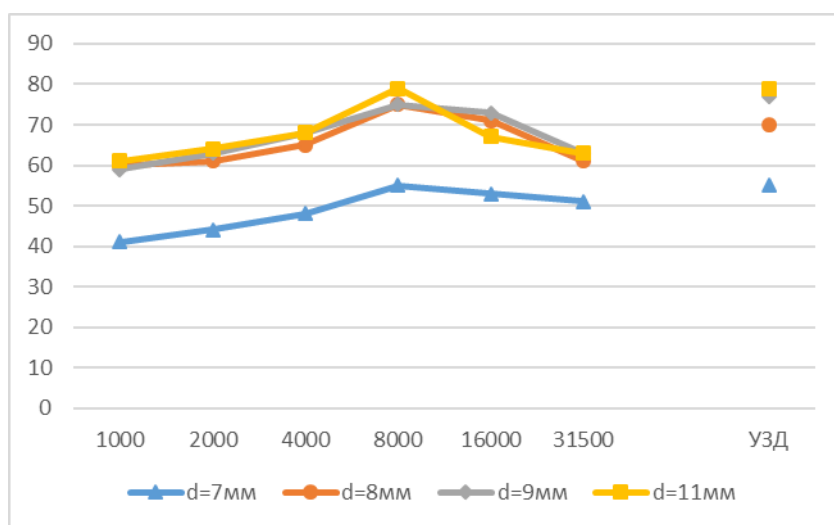


Рис. 6. Характеристики звукоизлучения образца МБГ-2 при соударении

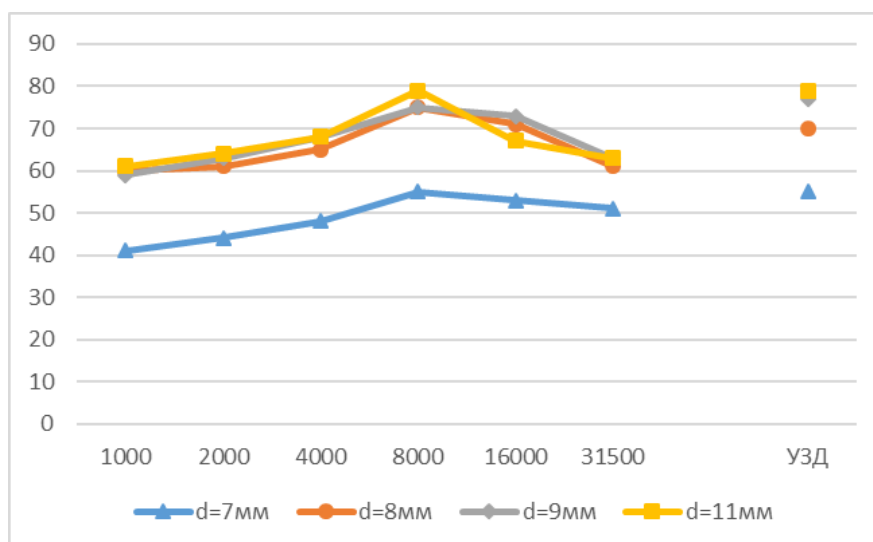


Рис. 7. Характеристики звукоизлучения образца МБГ-3 при соударении

Таблица 5. Акустические характеристики сплава МБГ-3(НСП)

Марка сталей	Диаметр шара-ударника, d, мм	Уровни звуковых давлений, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц						УЗ, дБА
		1000	2000	4000	8000	16000	31500	
МБГ-3 (НСП)	7	41	44	48	55	53	51	55
	8	60	61	65	75	71	61	75
	9	59	63	68	75	73	63	79
	11	61	64	68	79	67	63	81

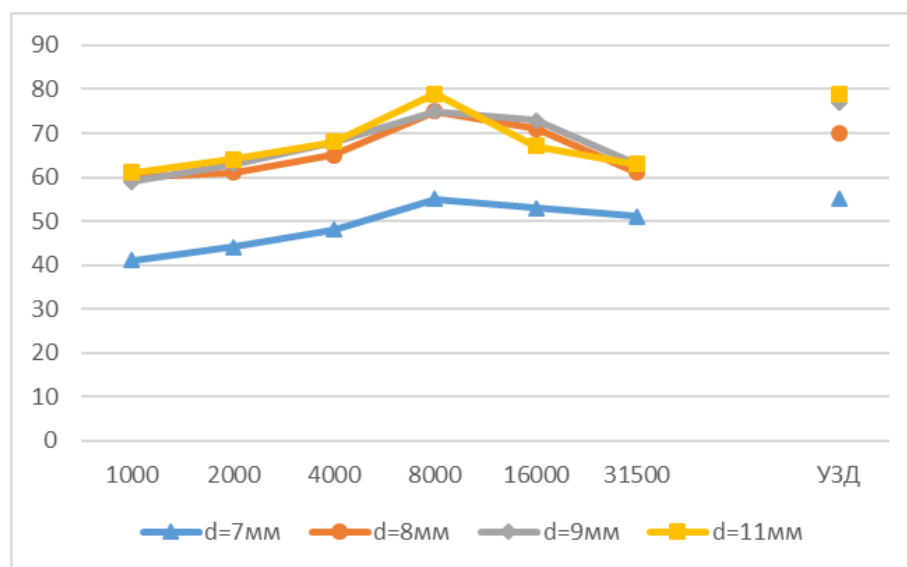


Рис. 8. Характеристики звукоизлучения образца МБГ-3(НСП) при соударении

В таблице 6-8 представлены вибрационные характеристики стандартных и разработанных образцов при соударении с шарами-ударниками разных диаметров.

Таблица 6. Вибрационные характеристики стандартных сталей

Марка стали	Диаметр шара-ударника, d, мм	Уровни виброускорения, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц											ОУВ у, дБ
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	31500	
30Л	7	73	72	78	65	60	56	57	76	85	81	81	93
	8	82	88	89	74	76	62	63	68	67	63	70	95
	9	78	65	65	60	61	57	58	65	63	61	57	98
	11	69	65	62	66	65	67	80	79	87	96	98	100
40Л	7	63	64	73	64	60	61	60	60	58	66	57	104
	8	58	60	71	69	64	61	61	63	69	60	63	111
	9	81	104	104	79	76	63	65	68	70	65	71	117
	11	103	99	94	92	68	65	63	66	65	65	63	121
50Л	7	69	70	73	70	63	67	68	75	77	77	82	91
	8	77	80	85	77	67	69	71	75	80	73	80	99
	9	74	88	87	75	67	71	68	65	79	81	91	101
	11	92	104	98	80	81	83	85	97	95	95	99	124

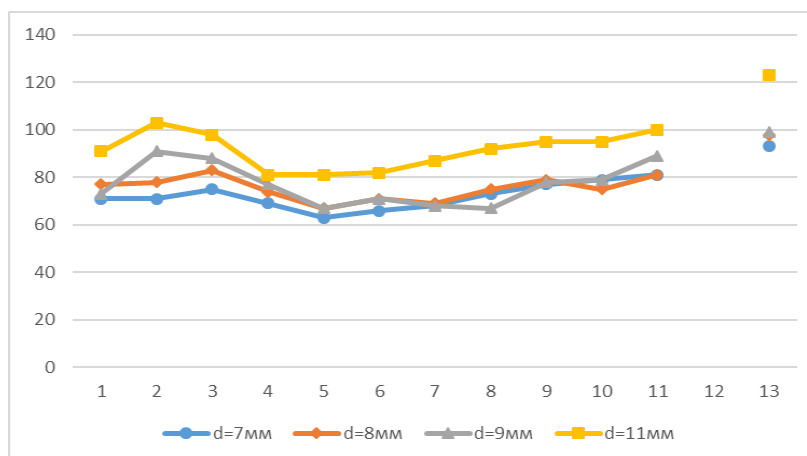


Рис. 9. Характеристики виброускорений стали 30Л при соударении

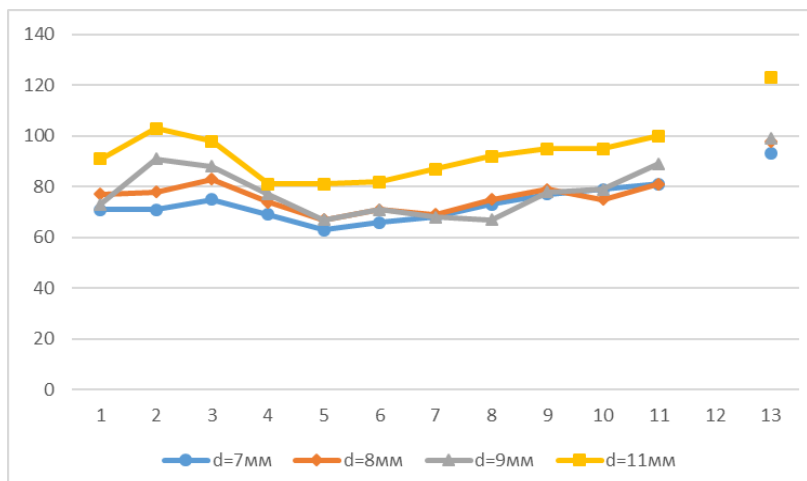


Рис. 10. Характеристики виброускорений стали 40Л при соударении

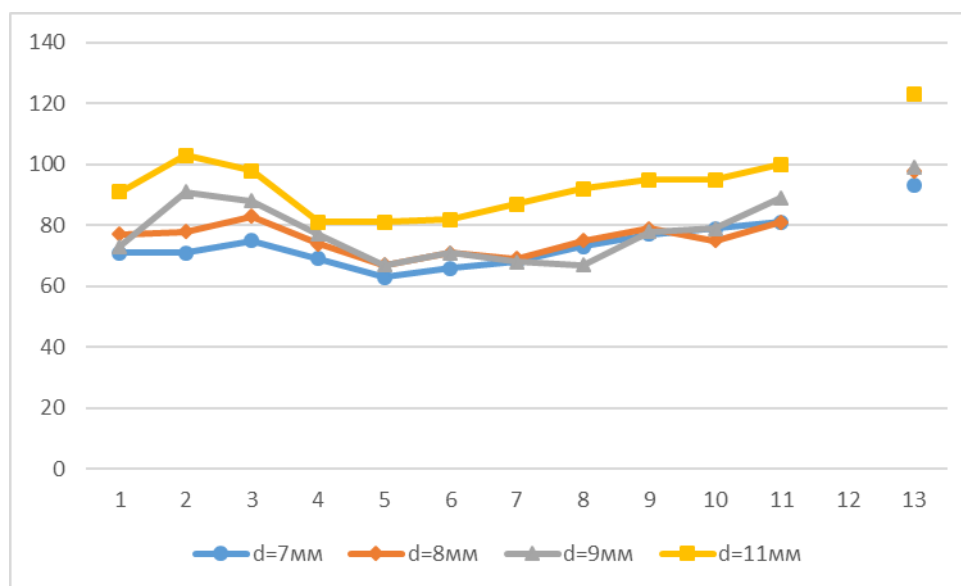


Рис. 11. Характеристики виброускорений стали 50Л при соударении

Таблица 7 – Вибрационные характеристики разработанных сталей МБГ-1, МБГ-2, МБГ-3

Марка стали	Диаметр шара-ударника, d, мм	Уровни виброускорения, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц											ОУВУ, дБ
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	31500	
МБГ-1	7	71	72	76	61	58	54	55	74	84	81	79	91
	8	80	86	86	71	74	60	61	66	65	61	68	93
	9	76	63	62	58	59	55	56	63	61	58	55	96
	11	67	62	59	64	63	65	78	79	82	94	96	99
МБГ-2	7	61	63	70	62	58	59	58	58	55	62	55	101
	8	56	58	69	65	62	59	59	61	65	59	61	109
	9	78	101	100	77	74	61	63	66	69	63	69	115
	11	101	99	92	89	66	63	61	64	63	65	61	118
МБГ-3	71	71	75	69	63	66	68	73	77	79	81	71	93
	77	78	83	74	67	71	69	75	79	75	81	77	98
	73	91	88	77	67	71	68	67	78	79	89	73	99
	91	103	98	81	81	82	87	92	95	95	100	91	123

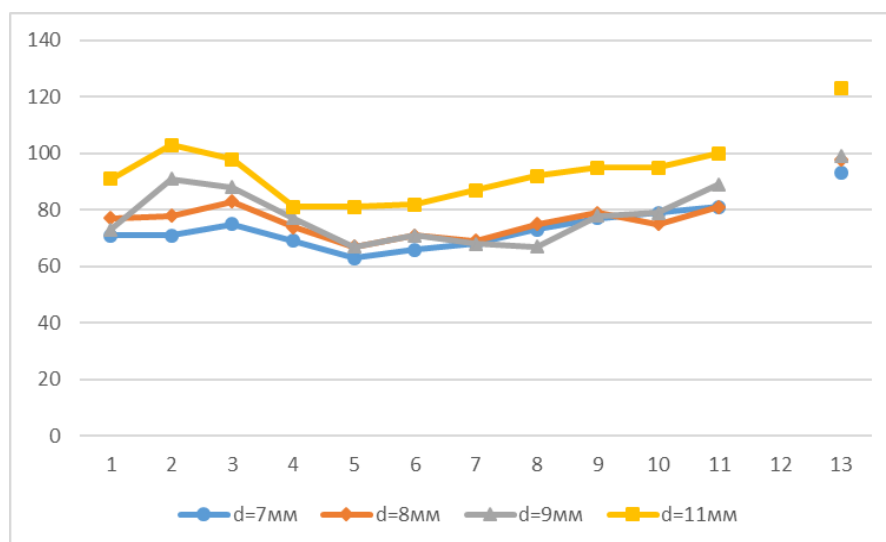


Рис. 12. Характеристики виброускорений стали МБГ-1 при соударении

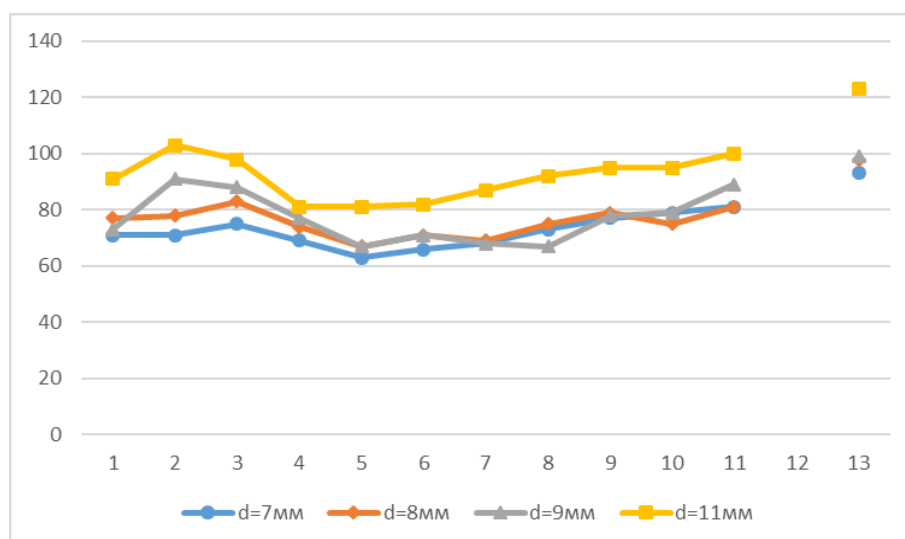


Рис.13. Характеристики виброускорений стали МБГ-2 при соударении

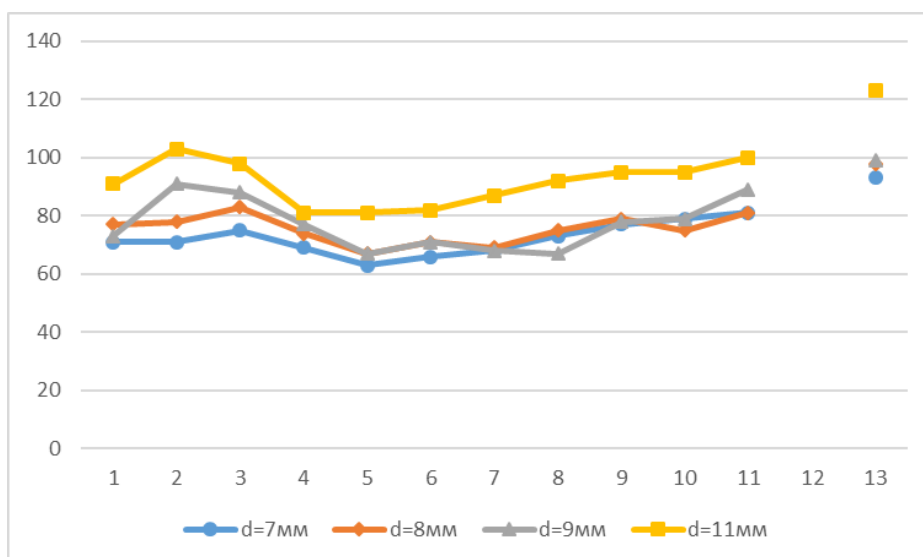


Рис. 14. Характеристики виброускорений стали МБГ-3 при соударении

Таблица 8. Вибрационные характеристики разработанного сплава МБГ-3(НСП)

Марка стали	Диаметр шара-ударника, d, мм	Уровни виброускорения, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц											ОУВУ, дБ
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	31500	
МБГ-3 (НСП)	7	67	68	71	68	61	65	68	71	75	75	81	89
	8	75	78	81	75	65	68	69	73	78	73	78	97
	9	72	88	85	73	65	69	65	63	77	78	89	98
	11	90	102	96	78	79	81	85	92	93	95	98	121

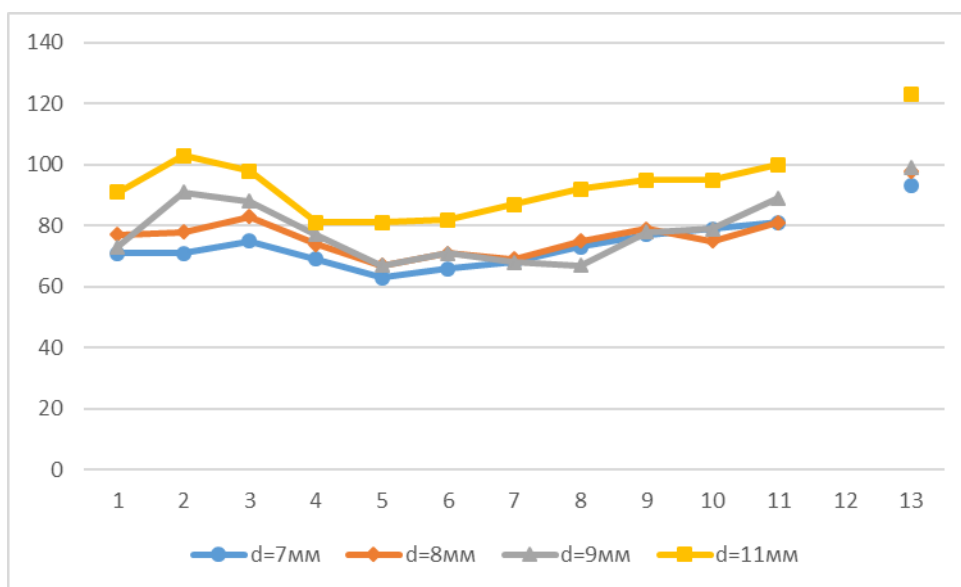


Рис. 15. Характеристики виброускорений стали МБГ-3(НСП) при соударении

Заключение. В результате проведенных работ было определено, что источниками затухания колебаний в сталях МБГ-1, МБГ-2, МБГ-3(НСП) в амплитудно-зависимой области являются упругое двойникование, бездиффузионное обратимое фазовое превращение и магнитно-упругое рассеяние энергии.

Наноструктурное послойное покрытие (2 мкм) существенно отличается по плотности и физико-механическим свойствам от матрицы сплава, что обеспечивает эффективное демпфирование звуковых колебаний.

Данное исследование было поддержано Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках грантового финансирования (номер гранта AP08956794).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сулеев Д.К., Утепов Е.Б., Заликанова И.П. и др. Сплавы с повышенными демпфирующими свойствами для борьбы с шумом соударений; Монография. – Алматы, КазНТУ, 2006. – 311 с.
- [2] Вахидов У.Ш., Китов А.Г., Согин А.В., Шапкин В.А., Шапкина Ю.В. Параметры шума и вибрации транспортных и технологических машин. Журнал «Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований». – 2014. – № 7 – С. 8-11.
- [3] Журавлев В.Н., Николаева О.И. Машиностроительные стали. Справочник. – М.: Машиностроение, 1981. – 391 с.

- [4] Скороходов Е.А., Законников В.П., Пакнис А.Б. и др. Общетеchnический справочник. – М.: Машиностроение. – 1989. – 512 с.
- [5] Ерконыр А.К., Утепов Е.Б., Утепова А.Б. и др. Исследование шума и вибрации твердых образцов // Труды шестой международной научно-технической конференции «Новое в безопасности жизнедеятельности» (охрана труда, экология, валеология, защита человека в ЧС, токсикология). – Алматы. – 2004. – Ч. 1. – С. 52-54.
- [6] Блинков И.В., Аникин В.Н., Кратохвил Р.В., Соболев Н.А., Фролов А.Е. Наноструктурные покрытия на режущем инструменте, работающем в условиях непрерывного и прерывистого резания. Тр. 9 междунар. конф. «Технологии ремонта, восстановления, упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки». 11-14 апреля 2007, СПб. СПб: Изд-во СПб ГПУ, 2007. – ч.2. – с.22-29.
- [7] Сулеев Д.К., Утепов Е.Б., Заликанова И.П. и др. Измерение шумовых характеристик транспортной шума // Вестник КазНТУ. – Алматы: КазНТУ. – 2005. – № 3 (47). – С. 41-46..
- [8] ЕБ Утепов, ДК Сулеев, НК Бижанов. [Научные основы создания «тихих» сплавов \(проблемы акустической экологии\)](#). Алматы: ТОО «Принт. 2000, 332 стр.
- [9] Утепов Е.Б., Буршукова Г.А., Ибраева Г.М., Беркинбаева А.С., Утепов Е.Н., Абуова Р.Ж., Нурғалиев А.К. Разработка сплавов на основе железа с повышенной демпфирующей способностью и высокими механическими свойствами. *Металлург*, №3, 2015. С. 52-56.
- [10] Утепов Е.Б., Нурғалиев А.К., Буршукова Г.А., Беркинбаева А.С./Инновационный патент №30449. 15.10.2015, бюл. № 10. /Сплав с повышенными демпфирующими свойствами.
- [11] Сулеев Д.К., Утепов Т.Е., Буршукова Г.А., Тусупкалиева Э.А. Литые демпфирующие стали с наноструктурным покрытием. *Вестник КазНТУ*, №6, Алматы, 2014г. – с.61-68.
- [12] Блинков, И. В.; Волхонский, А. О.; Аникин, В. Н.; Конюхов, Ю. В. Наноструктурированные износостойкие покрытия на основе многокомпонентных нитридов, получаемые методом вакуумно-дугового ионно-плазменного осаждения // *Физикохимия поверхности и защита материалов*. – 2012. – Т. 48, № 6. – С. 546-553.

REFERENCES

- [1] Suleev D.K., Uteпов E.B., Zalikanova I.P. i dr. Splavy s povyshennymi dempfiruyushchimi svoystvami dlya bor'by s шумом soudarenii; Monografiya. – Алматы, KazNTU, 2006. – 311 s.
- [2] Vakhidov U.Sh., Kitov A.G., Sogin A.V., Shapkin V.A., Shapkina Yu.V. Parametry shuma i vibratsii transportnykh i tekhnologicheskikh mashin. Zhurnal «Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy». – 2014. – № 7 – S. 8-11.
- [3] Zhuravlev V.N., Nikolaeva O.I. Mashinostroitel'nye stali. Spravochnik. – М.: Mashinostroenie, 1981. – 391 s.
- [4] Skorokhodov E.A., Zakonnikov V.P., Paknis A.B. i dr. Obshchetekhnicheskii spravochnik. – М.: Mashinostroenie. – 1989. – 512 s.
- [5] Erkonyr A.K., Uteпов E.B., Uteпова A.B. i dr. Issledovanie shuma i vibratsii tverdykh obraztsov // Trudy shestoi mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Novoe v bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti» (okhrana truda, ekologiya, valeologiya, zashchita cheloveka v ChS, toksikologiya). – Алматы. – 2004. – Ch. 1. – S. 52-54.
- [6] Blinkov I.V., Anikin V.N., Kratochkvil R.V., Sobolev N.A., Frolov A.E. Nanostrukturnye pokrytiya na rezhushchem instrumente, rabotayushchem v usloviyakh nepreryvnogo i preryvistogo rezaniya. Tr. 9 mezhdunar.konf. «Tekhnologii remonta, vosstanovleniya, uprochneniya detalei mashin, mekhanizmov, oborudovaniya, instrumenta i tekhnologicheskoi osnastki». 11-14 aprelya 2007, SPb. SPb: Izd-vo SPb GPU, 2007. – ch.2. – s.22-29.
- [7] Suleev D.K., Uteпов E.B., Zalikanova I.P. i dr. Izmerenie shumovykh kharakteristik transportnoi shuma // Vestnik KazNTU. – Алматы: KazNTU. – 2005. – № 3 (47). – S. 41-46.
- [8] Uteпов E.B., Suleev D.K., Bizhanov N.K. Nauchnye osnovy sozdaniya «tikhikh» splavov (problemy akusticheskoi ekologii). Алматы: ТОО «Print. 2000, 332 стр.
- [9] Uteпов E.B., Burshukova G.A., Ibraeva G.M., Berkinbaeva A.S., Uteпов E.N., Abuova R.Zh., Nurgaliev A.K. Razrabotka splavov na osnove zheleza s povyshennoi dempfiruyushchei sposobnost'yu i vysokimi mekhanicheskimi svoystvami. *Metallurg*, №3, 2015. S. 52-56.
- [10] Uteпов E.B., Nurgaliev A.K., Burshukova G.A., Berkinbaeva A.S./Innovatsionnyi patent №30449. 15.10.2015, byul. № 10. /Splav s povyshennymi dempfiruyushchimi svoystvami.

[11] Suleev D.K., Utegov T.E., Burshukova G.A., Tusupkalieva E.A. Lite dempfiruyushchie stali s nanostrukturnym pokrytiem. Vestnik KazNTU, №6, Almaty, 2014g. - s.61-68.

[12] Blinkov, I.V.; Volkhonskii, A.O.; Anikin, V.N.; Konyukhov, Yu.V. Nanostrukturirovannyye iznosostoikiye pokrytiya na osnove mnogokomponentnykh nitridov, poluchaemye metodom vakuumno-dugovogo ionno-plazmennogo osazhdeniya // Fizikokhimiya poverkhnosti i zashchita materialov. - 2012. - T. 48, № 6. - S. 546-553.

Г.А. Буршукова*, Р.Ж. Абуова, А.Е. Канажанов

Satbayev University, Алматы, Қазақстан

*e-mail: gzzi@mail.ru

Темір негізіндегі қорытпалардың вибрациялық және акустикалық сипаттамаларын зерттеу

Аңдатпа: Мақала наноқұрылымдық жабындысы бар демпферлеуші қорытпаларды жасау бойынша өзекті мәселеге арналған. Зерттеу нысаны - берілістер, тәждер, жартылай муфталар, берілістер жасау үшін қолданылатын және акустикалық қолайсыздықты тудыратын шу шығаратын болаттар болып табылады. Жұмыстың негізгі идеясы болаттардың акустикалық, діріл, физика-механикалық және демпферлік қасиеттерін бағалау, шу мен дірілді азайтуды қамтамасыз ететін жоғары демпферлік қасиеттері бар наноқұрылымды жабындысы бар болаттарды алу болып табылады. Жұмыс барысында қорытпалардың акустикалық (дыбыс деңгейі, дыбыс қысымының деңгейі) сипаттамалары зерттелді. Жүргізілген жұмыстардың қорытындысы бойынша темір негізіндегі жаңа демпферлік металл материалдар әзірленді.

Негізгі сөздер: қорытпа, жабынды, демпферлеу, соккы, шу, вибрация.

G.A. Burshukova*, R.Zh. Abuova, A.Ye. Kanazhanov

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: gzzi@mail.ru

Investigation of vibration and acoustic characteristics of iron-based alloys

Abstract: The article is devoted to the actual problem of creating damping steels with a nanostructured coating. The object of research is the steels used for the manufacture of gears, rims, half-couplings, gears and generating noise that creates acoustic discomfort. The main idea of the work is to assess the acoustic, vibration, physical-mechanical and damping properties of steels, to obtain steels with a nanostructured coating with increased damping properties, which reduce noise and vibration. During the work, the acoustic (sound level, sound pressure level) characteristics of the alloys were investigated. Based on the results of the work carried out, new damping metal materials based on iron have been developed.

Keywords: alloys, coating, damping, impacts, noise, vibration.

М.С. Сатаев, П.А. Абдуразова*, Ш.Т. Қошқарбаева, Е.Б. Райымбеков, Ш.Н. Сұлтан
М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан
*e-mail: abdurazova-p@mail.ru

ДИЭЛЕКТРЛІ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ БЕТІНЕ МОДИФИЦИРЛЕНГЕН МЕТАЛЛ ҚАПТАМАСЫН АЛУ

Андатпа. Мақалада диэлектрлі материалдардың бетіне модифицирленген металл қаптамасын алу бойынша зерттеу нәтижелері келтірілген. Диэлектрлі материалдарға химиялық әдісті пайдаланып металл қаптамаларын алуды зерттеу ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізудің маңызды бағыттарының бірі болып табылады. Қазіргі уақытта автомобильдерде ішінде де, сыртында да пластикалық бөлшектер өте көп. Эстетикалық және қорғаныс талаптарын қанағаттандыру үшін бұл пластикалық бөлшектерге металл қаптамаларын алады. Диэлектрлі материалдарды металдандыру өңделетін үлгілердің сипаттамаларын өзгерту үшін қолданылады. Үлгіге металл қабаты тұндырылғаннан кейін, үлгі қосымша тұрақтылыққа ие болады, атап айтқанда жоғары температураға, коррозияға, тозуға және эрозияға. Сонымен қатар, тұндырылған металл қабаты дайын өнімді қоршаған ортадан қорғайды және декоративті безендіру қызметін атқарады. Металдандыру арқылы металл емес үлгілерге белгілі бір қасиет беруге мүмкіндік туады.

Негізгі сөздер: диэлектрлі материалдар, металл қаптамасы, мыс, никель, шыны.

Кіріспе. Диэлектрлік материалдарды оларға физика-химиялық, механикалық және декоративті қасиеттер беру үшін металдандырады [1,2]. Металдандырылған диэлектриктер типтік қабатты композициялық материалдар болып табылады, олардың қасиеттері мыналарға тәуелді: тірек құрылымының қасиеттеріне (бастапқы диэлектрик), оны өнімге өңдеу әдісі мен режиміне, аралық қабаттың қасиеттеріне, бетті дайындау және металдандыру әдісі, металл жабынының қасиеттері (оның қалыңдығы, құрамы және құрылымы) [3].

Алайда химиялық-электролиттік металдандыруда қымбат заттар мен жоғары температураны қолдану және өте кеуекті материалдарды жабудың мүмкін еместігіне байланысты кейбір шектеулер кездеседі.

Көбіне, диэлектрлік материалдарға мыс және никель жағу үрдісінде мыс-никельмен қатар қоспалар бірге жүреді. Ресейлік ғалымдар Скопинцев Владимир Дмитриевич, Моргунов Андрей Владимировичтің зерттеулерінде [4] никель-мыс-фосфор қорытпасын құрамында никель және мыс тұздары, натрий гипофосфиті және органикалық заттардың қоспалары бар сулы ерітіндіде химиялық жағу әдісі келтірілген. Металдандыру пластмассада, матадан және матадан тыс материалдардан жасалған бұйымдарда жүзеге асырылады. Бұл әдісті машина және құрылғылар мен аспаптар жасауда қолдануға мүмкіндік бар.

Келесі [5,6] еңбекте лазерлік сәулеленудің әсерінен металдарды олардың қосылыстарының ерітінділерінен тотықсыздану нәтижесінде диэлектрлік беттерде алу үдерісі қарастырылған. Лазермен тұндыру әдісі үш координаталық ауысуды қолдана отырып, басқарушы компьютермен орнатылған ерікті түрде күрделі конфигурацияның өткізгіш жолдарын жасауға мүмкіндік береді.

А. Manshina, А. Povolotskiy, Т. Ivanova [7] ғалымдардың зерттеулерінде электролит ерітінділерінен металды лазерлік тұндыру оксидті шыны бетіне мыс құрылымдарын қою арқылы жүргізілген. Стационарлы режимде тұндырудың оңтайлы параметрлері анықталды (субстрат бетінде лазерлік сәулеленуді сканерлемей), алынған металл конструкцияларының диаметрінің әсер ету уақытына және лазерлік сәулелену қуатына тәуелділігі келтірілген.

[8] ғылыми мақала авторлары глюкоза датчиктерін құрастыру үшін никель мен мыс-никель қорытпасының материалын көміртекті талшықтарға электродаралық беруді қолдану әдісін қарастырған. Миниатюралық глюкоза датчиктерін жинау үшін никель мен мыс-

никель қорытпасын таза суда анодтау кезінде көміртекті талшықтың микроэлектродтарына электрохимиялық тұндыру қолданылған.

Әр түрлі никель және аралас мыс-никель модификацияланған микроэлектродтар глюкоза датчиктері ретінде зерттелген, ал ең тиімді қосындылы тұнба электродтары өте жоғары сезімталдықты ($5720 \text{ мкА} \cdot \text{см}^{-2}$), төмен анықтау шегін ($0,3 \text{ мкм}$) көрсеткен.

Келесі [9] мақалада мысқа қоспа ретінде никельдің орнына фосфорды алып қарастырған. Мұнда мыс-фосфор қаптамасын химиялық жолмен алу әдісі өңделген. Мыс фосфидінің ток өткізетін қабыршақтарын диэлектрік материалдардың бетіне қондыру технологиясы көрсетілген. Металдан жасалған бұйымдардың беттері механикалық өңдеу, майсыздандыру және қышқыл мен сілтілік өңдеуден өткізіледі, ал диэлектрлік материалдардың беті осындай алдын-ала өңдеуден өтіп, бұдыр болады және қаптама жақсы жабысады. Нәтижесінде мыс-фосфорлық қаптамалардың қаттылығы гальваникалық никель мен хром қабыршақтардың және химиялық никель қабыршақтың беріктілігінен асады.

[10] мақалада диэлектрлік материалға мыс және никельді химиялық жағу үрдісі қарастырылған. Бастапқы кезеңде ол тек катализатордың жеке бөлшектерінде пайда болған, содан кейін автокаталитикалық түрде жалғасады. Біртіндеп бөлшектер өсіп, үздіксіз жабынға айналады. Процесс электрохимиялық жабындарды (әдетте $0,3\text{-}0,8 \text{ мкм}$) жағу үшін жеткілікті электр өткізгіштікті қамтамасыз ететін қалыңдық алынғанға дейін жалғасады.

Осы орайда, диэлектрлі материалдарға мыс және никель қаптамаларын химиялық әдіспен тұндыру арқылы модифицирленген, тозуға, механикалық зақымдануға, жоғары ылғалдылыққа төзімді қаптама алу өзекті мәселелердің бірі болып табылады.

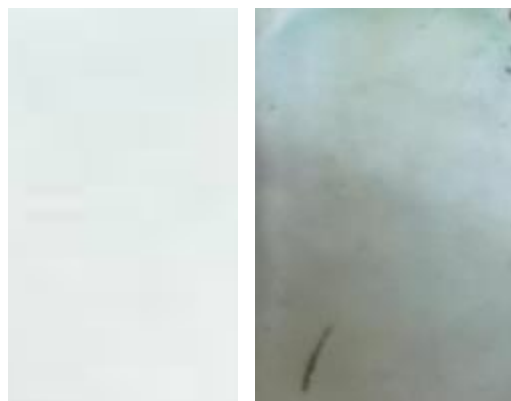
Диэлектрлі материалдарға металл қаптамасын алу үшін зерттеу жұмыстарын жүргізу әдістемесі. Диэлектрлі материалдар ретінде зерттеу жұмыстарында шыны үлгісі қолданылды.

Диэлектрлі материалдардың бетіне металл қаптамасын алу үшін үлгі бетін өңдеу металл бетін өңдеуге қарағанда өте күрделі үрдіс болып табылады. Диэлектрлі үлгілерге металл қаптамасын алу үшін оның бетін әр түрлі лас заттардың қоспасынан тазартамыз және адгезияны жеңілдету үшін, сонымен қатар үлгі бетіне жақсы жабысқан металл қаптамасын алу үшін үлгі бетін кедір-бұдырландырамыз (травление жүргіземіз).

Диэлектрлі материалдардың бетін металдандыру алдында сенсбилизациялау (активтендіру) үрдісі ерекше орын алады.

Зерттеу жұмыстарында қолданылған диэлектрлі материал шыны бетіне металл қаптамасын алу үшін үлгі бетін дайындау және зерттеу жүргізу.

Бұл зерттеу жұмысында үлгі ретінде кәдімгі шыны алынды. Ең алдымен шыны бетінің жылтырлығын жою мақсатында зімпара қағазымен бұлыңғыр болғанға дейін өңделді (1-сурет). Содан соң ағынды суда жуылады.



Сурет 1. Шыны үлгісінің бастапқы және зімпара қағазымен өңделгеннен кейінгі бейнесі

Ары қарай шыныны майсыздандыру үшін температурасы 60-70°C NaOH-40г/л; Na₂ CO₃ -40 г/л ерітіндісінде 20 мин өңделді. Содан соң ыстық және мұздай суда жуылады. Шынының бетіне металл қабықшасын қондыру қабілетін жоғарылату мақсатында шыны фтор қышқылының буынында ұсталынады. Ұстау уақыты 30 мин, өңдеу температурасы 20 – 22⁰ С.

Зерттеу жұмысында ары қарай шыны үлгісін активтендіру үшін концентрациялары 100 г/л мыс хлориді мен мыс бромиді ерітінділерінде өңделді. Өңдеу процесінде химиялық мыстау ерітіндісінің құрамы, г/л: CuSO₄·6H₂O -15; NiCl₂ - 3; NaOH -15; NaCO₃ - 3; KNaC₄H₄O₆ -60; формалин CH₂O 40% - ті 20 мл/л; температурасы: 20-22 °С және аскорбин қышқылының ерітіндісі: концентрациясы 50 г/ л, температурасы 20 – 22⁰ С, өңдеу уақыты 30 сек қолданылды. Себебі аскорбин қышқылы эквивалентті хлоридті моноваленттікке айналдыру үшін қажетті күшті тотықсыздандырғыш болып табылады [11]. Осы кезде аскорбин қышқылы (А-(ОН)₂) дегидроаскорбин қышқылына (А-ООН) дейін тотығады. Бұл процесте мыс бөлшектерінің шыны бетінде түзілуі келесі механизммен анықталады, реакция барысында моновалентті мыс хлоридінің түзілуі келесі реакциямен жүреді:

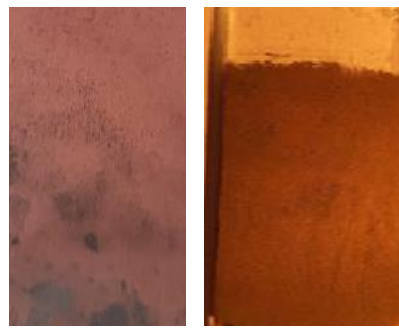


Содан соң үлгілер күн сәулесінде 30 мин кептіріледі. Күн сәулесінде кептірілгеннен кейін шыны бетіне түзілген металл қабықшалардың түсіне қарай белсендіру үрдісінің жылдамдығы мыс бромидінде жоғары екендігі анықталды.

Нәтижелер және оларды талқылау. Металды өзінің қосылысының құрамынан тотықсызданып шығуы үшін, яғни ион күйіндегі металдың металл күйіне өту үшін күн сәулесінің фотондары негізгі тотықсыздандырғыштың рөлін атқарады [12]. Нәтижесінде шыны бетінде жұқа металл қабықшасы пайда болады. Мыс хлориді ерітіндісіне алынған шыны бетінде сарғыш түсті қабықша түзілді (2-сурет, 1). Мыс бромиді ерітіндісінде өңделген шыны бетіне қара түсті қабықша түзілгенін байқалды (2-сурет, 2).



Сурет 2. Әр түрлі мыс қосылыстарында өңделген шыны үлгілері: 1 - мыс хлориді ерітіндісінде өңделген үлгі; 2 - мыс бромиді ерітіндісінде өңделген үлгі



Сурет 3. Химиялық әдіспен мыс қаптамасы алынған шыны үлгілері: 1 - мыс хлориді ерітіндісінде өңделген үлгі; 2 - мыс бромиді ерітіндісінде өңделген үлгі

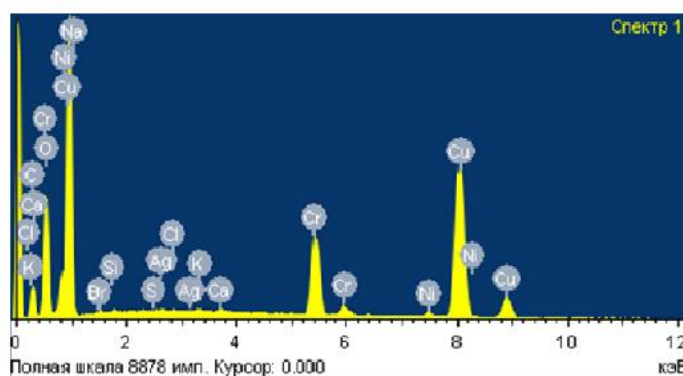
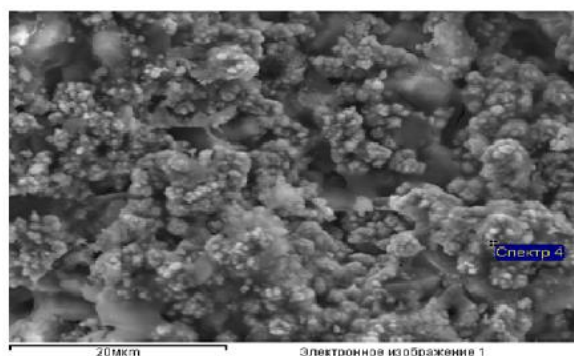
Шынының бетіне мыс құрамды қаптама алынды. Қаптаманың түсі қызыл-қоңыр. Күн сәулесінде жылтырайды. Қаптама ток өткізгіштік қасиетіне ие [13]. Химиялық мыстау үрдісінен соң шынының бейнесі келесі 3-суретте бейнеленген.

Мыс хлориді және мыс бромиді ерітінділерінде өңделген шыны үлгілері бетіндегі алынған мыс қаптамасының сапасына қарай отырып, мыс бромидімен өңделген шыны бетінде тегіс мыс қаптамасы алынғандығы анықталды. Ары қарай тегіс, сапалы алынған қаптаманың элементтік құрамы JSM6490LV расторлы электронды микроскопта анықталды.

Төмендегі 1-кесте және 4-суретте шыны үлгісінде алынған мыс қаптамасының элементтік құрамы келтірілген.

Кесте 1. Шыны үлгісінде алынған мыс қаптамасының элементтік құрамы

Элемент	Салмақтық, %	Атомдық, %
C	18,00	42,06
O	15,27	26,79
Na	0,61	0,75
Si	0,18	0,18
S	0,05	0,04
Cl	0,04	0,03
K	0,15	0,11
Ca	0,20	0,10
Cr	9,90	5,30
Ni	1,60	0,50
Cu	53,96	24,11
Br	0,04	0,03

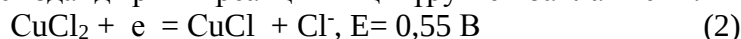


Сурет 4. Шыны үлгісіне алынған мыс қаптамасының элементтік құрамы

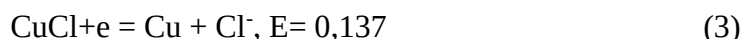
Алынған нәтижелер бойынша мыс қаптамасының құрамында мыстың массалық үлесі 53,96 %- ға тең, бромның массалық үлесі 0,04 % екендігі анықталды.

Диэлектрлі материалдар бетіне мыс қабықшасын алуды зерттеу нәтижелері. Зерттеу үлгілерін активтендіруге арналған мыс хлоридінің оңтайлы концентрациясын анықтау мақсатында мыс хлоридінің 100 г/л құрамды концентрациялы ерітіндісі дайындалды. Оңтайлы концентрацияны анықтау үшін қалыңдығы 1 мм болатын мыс үлгілері пайдаланылды. Үлгілер ерітіндіде 1-2 минут аралығында өңделеді, содан соң үлгілер күн сәулесіне қойылып кептіріледі, нәтижесінде үлгі бетінде қара түсті қабықша түзіледі.

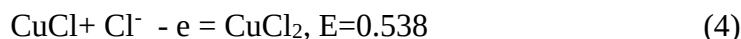
Реакция барысында моновалентті мыс хлориді түзілуі мүмкін. Сонымен қатар, CuCl_2 тотықсыздануы тотықсыздандырғыш реакцияның жүруімен байланысты:



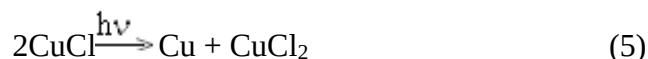
Бұл реакцияның стандартты потенциалдарының мәндеріне сүйене отырып, келтірілген реакция термодинамикалық мүмкін, бірақ күннің сәулесі түспеген жағдайда реакция жүрмейді. Сол себептен күн сәулесі электрод катализаторы қызметін атқарады. Бұл үрдісте пайда болған монохлоридті мыс бинарлы жартылай өткізгіш болып табылады және оның бетінде фотохимиялық процестер жүруі мүмкін. Фотондардың әсерінен күн сәулесінің электромагниттік сәулелеріне ұшыраған кезде жартылай өткізгіште қосымша энергия пайда болады, ал қозған электрондар қарапайым мыс түзуге қажетті тотықсыздандырғыш қабілетіне ие болады:



Осы процесстен кейін жартылай өткізгіште бос орындар («тесіктер») қалады, олардың толтырылуы өз электрондарын беру қабілетіне ие заттардың жүйеде болуын талап етеді.



3 және 4 реакцияның потенциал айырмашылығы - 0,401В құрайды. Сондықтан, күн сәулесінен алынған қосымша энергия жүйеде осы мәннен асатын нақты кернеуді қамтамасыз етуі керек. Бұл жағдайда фотохимиялық реакция пайда болады.



Зерттеу барысында төмен концентрацияда түзілген қабықшаның қараю деңгейі төмен екендігі анықталды. Ал концентрация жоғарылаған сайын қараю деңгейі жоғарылайды, бірақ өте жоғары концентрацияда қабықшаның үлгі бетіне адгезиясы төмендейтіндігі байқалды. Сондықтан оңтайлы концентрация 100 г/л екендігі анықталды.

Қорытынды. Шыны үлгілерін концентрациялары 100 г/л мыс хлориді мен мыс бромиді ерітінділерінде өңдеп, фотохимиялық процесстен соң белсендіру үрдісінің жылдамдығы мыс бромидінде жоғары екендігі және элементтік құрамында мыстың массалық үлесі 53,96 %- ға тең, бромның массалық үлесі 0,04 % екендігі анықталды. Химиялық никель қаптамасы қышқылды және сілтілі ерітінділерде жүргізіліп, никель қаптамасының қону жылдамдығы қышқылды электролитте жоғары болатындығы орташа қалыңдығы 2,695 мкм-ге тең, ал сілтілі ерітінділерде тұну жылдамдығы төмен болатындығын көрсетті. Орташа қалыңдығы 1,105 мкм-ге тең. Сондықтан қышқыл ерітіндімен зерттеу жұмыстарын жүргізу тиімді деп есептелінеді.

Алғыс. Бұл зерттеу ҚР БҒМ Ғылым комитеті тарапынан гранттық қаржыландыру аясында орындалды (Грант нөмірі AP08956891).

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Шалкаускас М.И., Вашкялис А.Ю. Химическая металлизация пластмасс. - Л.: Химия, 2000. - 144 с.
- [2] Lomovsky O.I., Zaikova I.O. Thermal Decomposition of Copper Hypophosphite and Possibility of the Reaction Control // Thermochemica Acta. - 2005.- V.92.- P. 645-648.
- [3] А с. 176151 (СССР). Способ химического серебрения изделий / Р.Г.Головчанская, Н.Т.Кудрявцев, К.Н.Тютина. Оpubл. в Б.И. 1989. Н 21.
- [4] Патент РФ № 2481423С1,МПК: C25D5/54, C23C28/00. Способ металлизации диэлектрических частиц / Мушенко В.Д., Васильев И.А., Кудрявцева О.В., Соколов В.В. Оpubл. 10.05.2013.

- [5] Kordás K., Bali K., Leppävuori S., Uusimäki A., May L. Laser direct writing of copper on polyimide surface from solution // *Applied Surface Science*. - 2000. – No.154–155. - P. 399–404.
- [6] Manshina A., Povolotskiy A., Ivanova T. Laser-assisted metal deposition from CuSO₄-based electrolyte solution // *Laser Physics Letters*. - 2007. – No.2. - P. 163–167.
- [7] Manshina A., Povolotskiy A., Ivanova T. CuCl₂-based liquid electrolyte precursor for laser-induced metal deposition // *Laser Physics Letters*. - 2007. – No.3. - P. 242–246.
- [8] Bell J.G., Dao M., Wang J. Qualitative dependence of the electro-oxidation behavior of sulfite on solution pH // *Journal of Electroanalytical Chemistry*. – 2018. – Vol.816. – P.1-6.
- [9] Wee L.M., Li L. Multiple-layer laser direct writing metal deposition in electrolyte solution // *Applied Surface Science*. - 2005. – Vol.247. - P. 285–293.
- [10] Официальный сайт завода гальванических покрытий и металлообработки НПП Электрохимия. URL: <https://zctc.ru/sections/uslugi> (Доступно на 08.08.2021).
- [11] Du J., Cullen J.J., Buettner G.R. Ascorbic acid: Chemistry, biology and the treatment of cancer // *Biochim. Biophys. Acta*. - 2012. - Vol. 1826. - P. 443–457.
- [12] Parveen F., Sannakki B., Mandke M.V., Pathan H.M. Copper nanoparticles: synthesis methods and its light harvesting performance // *Solar Energy Materials and Solar Cells*. - 2016. -Vol. 144.- P. 371–382.
- [13] Chen W., Wang Z., Zhi C., Zhang W. High thermal conductivity and temperature probing of copper nanowire / up conversion nanoparticles / epoxy composite // *Composites Science and Technology*. - 2016. - Vol. 130. - P. 63–69.

REFERENCES

- [1] Shalkauskas M.I., Vashkjalis A.Ju. Himicheskaja metallizacija plastmass. - L.: Himija, 2000. - 144 s.
- [2] Lomovsky O.I., Zaikova Ĭ.O. Thermal Decomposition of Copper Hypophosphite and Possibility of the Reaction Control // *Thermochimica Acta*. - 2005.- V.92.- P. 645-648.
- [3] А. с. 176151 (SSSR). Способ химического серебрения изделий / R.G.Golovchanskaja, N.T.Kudrjavcev, K.N.Tjutina. Opubl. v B.I. 1989. N 21.
- [4] Patent RF № 2481423C1,MPK: C25D5/54, C23C28/00. Способ металлзации диэлектрических веществ / Mushenko V.D., Vasil'ev I.A., Kudrjavceva O.V., Sokolov V.V. Opubl. 10.05.2013.
- [5] Kordás K., Bali K., Leppävuori S., Uusimäki A., May L. Laser direct writing of copper on polyimide surface from solution // *Applied Surface Science*. - 2000. – No.154–155. - P. 399–404.
- [6] Manshina A., Povolotskiy A., Ivanova T. Laser-assisted metal deposition from CuSO₄-based electrolyte solution // *Laser Physics Letters*. - 2007. – No.2. - P. 163–167.
- [7] Manshina A., Povolotskiy A., Ivanova T. CuCl₂-based liquid electrolyte precursor for laser-induced metal deposition // *Laser Physics Letters*. - 2007. – No.3. - P. 242–246.
- [8] Bell J.G., Dao M., Wang J. Qualitative dependence of the electro-oxidation behavior of sulfite on solution pH // *Journal of Electroanalytical Chemistry*. – 2018. – Vol.816. – P.1-6.
- [9] Wee L.M., Li L. Multiple-layer laser direct writing metal deposition in electrolyte solution // *Applied Surface Science*. - 2005. – Vol.247. - P. 285–293.
- [10] Официальный сайт завода гальванических покрытий и металлообработки НПП Электрохимия. URL: <https://zctc.ru/sections/uslugi> (Доступно на 08.08.2021).
- [11] Du J., Cullen J.J., Buettner G.R. Ascorbic acid: Chemistry, biology and the treatment of cancer // *Biochim. Biophys. Acta*. - 2012. - Vol. 1826. - P. 443–457.
- [12] Parveen F., Sannakki B., Mandke M.V., Pathan H.M. Copper nanoparticles: synthesis methods and its light harvesting performance // *Solar Energy Materials and Solar Cells*. - 2016. -Vol. 144.- P. 371–382.
- [13] Chen W., Wang Z., Zhi C., Zhang W. High thermal conductivity and temperature probing of copper nanowire / up conversion nanoparticles / epoxy composite // *Composites Science and Technology*. - 2016. - Vol. 130. - P. 63–69.

М.С. Сатаев, П.А. Абдуразова*, Ш.Т. Кошкарбаева, Е.Б. Райымбеков, Ш.Н. Султан

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

*e-mail: abdurazova-p@mail.ru

ПОЛУЧЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по получению модифицированного металлического покрытия на поверхности диэлектрических материалов. Исследование получения металлических покрытий с использованием химического метода на диэлектрических материалах является одним из важнейших направлений проведения научно-исследовательских работ. В настоящее время в автомобилях очень много пластиковых деталей как внутри, так и снаружи. Для удовлетворения эстетических и защитных требований эти пластиковые детали получают металлические покрытия. Металлизация диэлектрических материалов используется для изменения характеристик обрабатываемых образцов. После осаждения на образце слоя металла образец приобретает дополнительную устойчивость, а именно к высоким температурам, коррозии, износу и эрозии. Кроме того, наплавленный слой металла защищает готовое изделие от окружающей среды и служит декоративным украшением. Металлизация позволяет придать неметаллическим образцам определенное свойство.

Ключевые слова: диэлектрические материалы, металлическое покрытие, медь, никель, стекло.

M.S. Sataev, P.A. Abdurazova*, Sh.T. Koshkarbaeva, Y.B. Raiymbekov, Sh.N. Sultan

M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

*e-mail: abdurazova-p@mail.ru

OBTAINING A MODIFIED METAL COATING ON THE SURFACE OF DIELECTRIC MATERIALS

Abstract. The article presents the results of research on obtaining a modified metal coating on the surface of dielectric materials. The study of the production of metal coatings using a chemical method on dielectric materials is one of the most important areas of research. Currently, there are a lot of plastic parts in cars, both inside and outside. To meet the aesthetic and protective requirements, these plastic parts receive metal coatings. Metallization of dielectric materials is used to change the characteristics of the processed samples. After the metal layer is deposited on the sample, the sample acquires additional resistance, namely to high temperatures, corrosion, wear and erosion. In addition, the deposited metal layer protects the finished product from the environment and serves as a decorative decoration. Metallization allows you to give non-metallic samples a certain property.

Keywords: dielectric materials, metal coating, copper, nickel, glass.

М. Х. Шалабаева*, А.К. Абуова

Казахский университет путей сообщения, Алматы, Казахстан

*e-mail: m.shalabaeva@mail.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Аннотация. Железнодорожный транспорт является одним из базовых видов транспорта и экономики в целом для Республики Казахстан. Именно данный вид транспорта обеспечивает перевозку значительного объема различных по своим свойствам опасных грузов. При несоблюдении мер безопасности и предосторожности при их транспортировке могут возникнуть угрозы для работников железнодорожного транспорта, населения, а также для окружающей среды.

Безопасность перевозок является самым высоким приоритетом различных звеньев железнодорожного транспорта. Безопасность зависит от синергетического взаимодействия многих составляющих транспортного процесса – свойств груза, технического состояния подвижного состава, пути и объектов инфраструктуры железных дорог, квалификации работников, состояния окружающей среды и тому подобное.

В данной статье рассмотрены экологические проблемы на железнодорожном транспорте, их негативное влияние на окружающую среду. Проведен анализ литературы, посвященной данной теме.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, экологические проблемы, опасные грузы.

Введение. Одной из важнейших проблем развития глобальной индустриальной цивилизации является загрязнение окружающей среды выбросами антропогенного характера.

Наземный транспорт в промышленно развитых регионах мира стал базисом развития других отраслей экономики. При этом экологическая нагрузка на окружающую среду от транспорта также остается существенной. Анализ экологической составляющей триады системы «транспорт - природа (окружающая среда) - человек», показал, что обострение экологических проблем на транспорте и усиление его негативного воздействия на окружающую среду, стали следствием недостаточного внимания именно к экологической составляющей данной триады. Однако, эта проблема сегодня стала влиять на экологическую ситуацию в мире вследствие опережающих темпов развития транспорта, прежде всего автомобильного и воздушного, и особенностями взаимодействия транспортных систем с окружающей средой.

Известно, что главными причинами аварийных ситуаций является неудовлетворительное состояние основных производственных фондов, постоянные нарушения установленных требований по безопасному ведению работ, низкая производственная, технологическая и трудовая дисциплина [1].

Стратегия минимизации воздействия на окружающую среду должна осуществляться как на этапе предотвращения аварийных ситуаций (профилактика, своевременная диагностика, замена), так и на этапах локализации и ликвидации последствий аварийных ситуаций. В этом случае особое внимание должно уделяться современным инновационным методам восстановления загрязненных территорий и обезвреживания опасных отходов ликвидации. Необходимым этапом современного подхода к формированию эффективной системы

экологического менеджмента на железнодорожном транспорте является создание специальной эколого-информационной системы, что позволит дать объективную оценку эколого-экономический ущерб как в процессе природопользования, так и в случаях аварийных инцидентов с негативными экологическими последствиями.

Выбросы, генерируемые стационарными и передвижными источниками, к которым относятся все транспортные системы (автомобильные, железнодорожные, авиационные и др.), приводят к накоплению вредных для здоровья человека веществ в окружающей среде. А кроме того, аварии и катастрофы на транспорте, особенно железнодорожном, при перевозке опасных грузов, достаточно часто сопровождаются загрязнением окружающей среды. Результатом этого является ухудшение состояния окружающей среды и, как следствие, хронические и острые формы различных заболеваний населения [1].

Железнодорожный транспорт (ЖДТ) является сложным производственно-хозяйственным комплексом. Предприятия ЖДТ как отрасли экономики являются одними из самых мощных факторов антропогенного воздействия на окружающую среду. К наиболее техногенным нагрузкам, вызванным деятельностью ЖДТ, относят загрязнения атмосферного воздуха, увеличение шума и вибраций.

Протяженность железных дорог Казахстана составляет порядка 17 тысяч километров. При этом доля загрязнения окружающей среды от воздействия ЖДТ продолжает оставаться высокой.

С точки зрения обеспечения экологической безопасности, устойчивое развитие предприятий ЖДТ должно обеспечивать максимальное уменьшение нагрузки на окружающую среду, целостность биологических и физических природных систем.

На сегодня одной из важнейших экологических проблем на ЖДТ является загрязнение воздушного бассейна в результате выбросов продуктов сгорания. Ежегодно экологи, которые занимаются замерами выбросов вредных веществ в атмосферу, фиксируют рост количества подобных выбросов. Такие негативные тенденции напрямую оказывают негативное влияние на развитие живых организмов, а также отрицательно воздействуют на сооружения, здания, памятники истории и культуры. ЖДТ загрязняет атмосферу, прежде всего продуктами сгорания топлива. К вредным выбросам, которые содержатся в продуктах сгорания, также можно отнести и углеводороды, соединения тяжелых металлов, различные аэрозоли, кислотные и щелочные соединения, лакокрасочные отходы и т.д.

Экологические преимущества ЖДТ можно объяснить широким применением электрической тяги. Переход на электрическую тягу во многих государствах мира привел к резкому сокращению выбросов вредных веществ в атмосферу. Это связано с тем, что выбросы загрязняющих веществ от электроподвижного состава практически отсутствуют. Также для ЖДТ характерны меньшие удельные показатели расхода топлива на единицу транспортной работы. К плюсам ЖДТ можно отнести и меньшие показатели по отчуждению земельных участков для сети железных дорог в сравнении с автомобильными дорогами.

Однако несмотря на эти преимущества ЖДТ по-прежнему оказывает достаточно ощутимое негативное влияние на состояние окружающей среды. В частности, ЖДТ вызывает нарушение устойчивости ландшафтов. Прокладка новых и эксплуатация существующих железных дорог способствуют развитию эрозии и оползней. Несмотря на постепенное сокращение количества выбросов в атмосферу продуктов сгорания топлива, продолжают увеличиваться уровни загрязнения земли нефтепродуктами, тяжелыми металлами, различными продуктами, образованными выдуванием и падением сыпучих грузов, например, угля, цемента и т.п. Особую опасность для окружающей среды представляют аварии на железнодорожных путях [5].

По-прежнему многие технологические процессы на ЖДТ транспорте не обходятся без воды. В ходе различного использования в сточные воды предприятий ЖДТ попадают не только технологические отходы, но и токсичные вещества, которые оказывают разрушительное воздействие на окружающую среду. Например, в сточные воды

локомотивных депо, если нет специальных фильтров и систем очистки, попадают химические вещества, которые образуются в ходе процессов мойки подвижного состава, отдельных узлов и агрегатов, чистки аккумуляторных батарей, при химчистке и стирке одежды, спальных принадлежностей пассажиров и др.

Мощным источником загрязнения остаются и инфраструктурные предприятия ЖДТ. К таковым можно отнести – депо, железнодорожные станции, цеха и участки подготовки и ремонта пассажирских и грузовых вагонов, склады, шпалопропиточные заводы и др.

Загрязнение окружающей среды интенсивно происходит в результате аварий при перевозках экологически опасных грузов, различными сыпучими грузами при их загрузке, разгрузке и транспортировке, мусором и отходами предприятий ЖДТ, все это негативно сказывается на состоянии окружающей природной среды.

Негативное влияние деятельности ЖДТ на окружающую среду можно снизить только при планомерном внедрении природоохранных мероприятий. Прежде всего, речь должна идти о реализации принципов системного подхода при решении экологических проблем ЖДТ. Отсутствие в правовом поле Казахстана целостного системного документа по природоохранной деятельности в железнодорожной сфере требует разработки Стратегии экологической деятельности на ЖДТ.

Несмотря на достаточно большое количество инцидентов вопрос о необходимости разработки стратегии экологической деятельности на ЖДТ РК пока осталось без должного внимания. Своевременная и эффективная организация мониторинга текущей экологической обстановки на ЖДТ, а также современные средства автоматизированной оценки экологической безопасности при ликвидации последствий аварий на ЖДТ должны стать одной из приоритетных задач руководства железных дорог Республики Казахстан.

Анализ обстановки, сложившейся в результате аварийной ситуации при транспортировке опасных грузов, требует наличия точных и достаточно простых для проведения расчетов моделей развития опасных факторов таких ситуаций. Также необходимо задействовать потенциал эффективных и недорогих автоматических средств оценки экологической безопасности при ликвидации последствий аварий на ЖДТ.

Поэтому актуальной задачей является задача выбора модели для прогнозирования развития опасных факторов аварийных ситуаций с опасными грузами на ЖДТ.

Общие проблемы по ликвидации последствий аварий при перевозке основных экологически опасных грузов рассмотрены в работе [20]. В ней рассмотрены типы физических процессов развития аварий и направления ликвидации последствий аварийных ситуаций, определены основные подходы к эффективному проведению ликвидационных работ. Определенное внимание в работе уделяется определению требований относительно организационных мероприятий и технических решений по ликвидации аварий в частности, необходимости разработки технологических процессов по локализации, улавливания или обезвреживания экологически опасных веществ, попавших в окружающую среду.

Вопросы совершенствования профилактических мероприятий при перевозках опасных грузов рассмотрены в работе [20]. Подчеркнуто, что основными свойствами, которые определяют условия перевозок и хранения нефтепродуктов, является их легкая воспламеняемость, повышенная вязкость и застывания при минусовых температурах, высокая способность к испарению, коррозионное воздействие на металл и вредное воздействие на организм человека. Установлены общие требования к средствам и технологическим процессам ликвидации экологических последствий железнодорожных аварийных ситуаций. Подробно рассмотрены механизмы загрязнения почвы и водоемов. Показано, что интервал времени между моментом аварии и началом работ по ликвидации их последствий должен быть как можно меньше. Это особенно актуально для летучих фракций нефтепродуктов, имеющих большую скорость миграции через почвы и распространения их по поверхности, а также негативного влияния на атмосферу в зоне воздействия.

Принципы и методы оценки экологических рисков возникновения аварийных ситуаций на ЖДТ освещены в работах [18, 22], в которых рассмотрены основные аспекты формирования экологических рисков в условиях экологизации транспортных процессов и предложены методы оценки вероятности и некоторые принципы управления экологическими рисками на ЖДТ. К сожалению, в этих работах не проведена классификация транспортных происшествий с их последствиями, не проанализированы основные свойства опасных грузов различных классов опасности по их воздействию на окружающую среду, а также не рассмотрены количественные и качественные характеристики негативного влияния опасных грузов на экологию.

Во многих зарубежных странах в настоящее время большое внимание уделяется проблеме интеллектуализации транспортных процессов, в том числе и для повышения уровня безопасности перевозок, улучшения экологической обстановки, снижения негативного влияния человеческого фактора на качество управления и тому подобное.

Еще одно направление научных исследований, посвященных научно-методическим подходам создания интеллектуальных транспортных систем, с учетом особенностей функционирования ЖДТ, является применения в их составе экспертных систем (ЭС) и систем поддержки принятия решений (СППР), применению информационных технологий, новейших систем связи и мониторинга состояния объектов инфраструктуры и подвижного состава. Некоторые аспекты таких подходов рассмотрены, в частности, в работе [13].

Результаты анализа современных принципов управления состоянием окружающей среды на ЖДТ в процессах транспортировки и использования нефтепродуктов представлены в работе [19]. В данном исследовании, предложен один из путей оптимизации существующих схем такого управления с целью повышения эколого-экономических показателей [24].

В работе [16] рассматриваются вопросы организации взаимодействия аварийно-спасательных служб различного подчинения при ликвидации последствий железнодорожных аварийных ситуаций с опасными грузами.

Работа [25] посвящена методам управления безопасностью перевозочного процесса опасных грузов и путям повышения экологической безопасности, в том числе за счет разработки новых принципов проектирования систем безопасности перевозок опасных грузов на основании информационных технологий.

Применению СППР и экспертных систем при управлении процессами движения поездов, перевозке пассажиров и грузов, сокращению простоев вагонов, проведению ремонтов объектов инфраструктуры и подвижного состава посвящены работы [26, 27].

В работе [26] предлагается разработать многоуровневую СППР со связью между уровнями на основе железнодорожной сети связи с помощью терминалов, установленных на соответствующих мобильных и стационарных пунктах управления. В ней предлагается рассматривать количество сил и средств, необходимых для ликвидации аварийной ситуации, как функцию от причиненного им вреда.

Выводы. Были получены следующие результаты:

- проведен обзор и анализ предшествующих исследований по проблематике управления ликвидацией аварийных ситуаций на ЖДТ, связанных с экологической безопасностью при перевозке опасных грузов;
- обоснована необходимость применения инновационных интеллектуальных и автоматизированных технологий для оценки экологической безопасности на ЖДТ.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Павлова, Е. И. Общая экология и экология транспорта: учебник и практикум для среднего профессионального образования / Е. И. Павлова, В. К. Новиков. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 480 с.
- [2] Зубрев Н.И. Охрана окружающей среды и экологическая безопасность на железнодорожном транспорте / Н.И. Зубрев. – М.: УМК МПС России, 1999. – 592 с.

- [3] Крутякова В.С. Охрана труда и основы экологии на железнодорожном транспорте и транспортном строительстве / В.С. Крутяна. – М.: Транспорт, 1993. – 352 с.
- [4] Мямлин, С. В., Зеленко, Ю. В., Недужа, Л. А. (2015). Параметрическая экология на железнодорожном транспорте: принципы, оценка, контроль, безопасность. Днепро. С. 270.
- [5] Либерман Б. А., Хмелев А. С. Экологические проблемы транспортировки опасных грузов по железным дорогам России //Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2016. – Т. 6. – №. 1 (7). – С. 51-54.
- [6] Aher, S. B., & Tiwari, D. R. (2018). Railway Disasters in India: Causes, Effects and Management. International Journal of Reviews and Research in Social Sciences, 6(2), 125-132.
- [7] Lac-Mégantic runaway train and derailment investigation summary. <https://www.tsb.gc.ca/eng/rapports-reports/rail/2013/r13d0054/r13d0054-r-es.html>
- [8] Кацман М. Вероятностная модель определения эффективности действий по локализации экологических последствий транспортных событий / М. Кацман, С. Мирошниченко // RIADENIE BEZPEČNOSTI ZLOŽITÝCH SYSTÉMOV: Zborník vedeckých a odborných prác Medzinárodná vedecko-odborná konferencia, 24–28.02.2014 г.: абстракты, Liptovský Mikuláš, Slovakia 2014. – С.265–272.
- [9] Правила перевозок опасных грузов к Соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС). Приложение 2. Изд. в 2-х томах. К.:, 2006. – Т.1 – 576 с.
- [10] Умурзаков Д. Создание транспортно-логистических центров для распределения, хранения и перевозки грузов в северном регионе РК КР //Бас редактор. – 2017. – №. 4. – С. 36-41.
- [11] Чумляков К. С., Чумлякова Д. В. Экологизация и безопасность в планах развития международных транспортных коридоров //Вестник Томского государственного университета. Экономика. – 2016. – №. 3 (35). – С. 240-251.
- [12] Абуова А.К. Автоматизированные системы поддержки решений по реагированию на чрезвычайные ситуации на железнодорожном транспорте // Материалы международной практической интернет-конференции «Актуальные проблемы науки». – Алматы: КазННТУ им. К.И. Сатпаева, 22 ноября 2018. – С.180-182. <https://doi.org/10.31643/2018.034>.
- [13] Попов В.Г. Оценка риска от аварийных происшествий/ В.Г. Попов, Ф.И.Сухов, С.В. Петров. URL: <http://mirtr.elpub.ru/jour/article/view/785/1134>
- [14] Медведев В.И. Методы управления безопасностью перевозочного процесса опасных грузов и пути повышения экологической безопасности на железнодорожном транспорте: автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук: спец. 05.22.08 – управление процессами перевозок/ Медведев Владимир Ильич: Сибирский государственный университет путей сообщения. – Новосибирск, 2001. – 40 с.
- [15] Акимов В.А. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах / В.А. Акимов, В.В. Лесных, Н.Н. Радаев -Учебное пособие. – Москва: Деловой экспресс, 2004. – 352 с.
- [16] Сорока М. Л., Технология ликвидации разливов нефтепродуктов с превентивным накоплением сорбентов в зоне образования и локализации разлива / М. Л. Сорока, Л. А. Ярышкина URL: <http://elibrary.ru/ contents.asp? issueid=1284881>.
- [17] Макарова Е.И. Научные основы защиты окружающей среды при ликвидации, обезвреживании и блокировании загрязнений железнодорожного транспорта: автореферат на соискание научной степени доктора технических наук: спец. 03.02.08 - Экология (по отраслям)/ Макарова Елена Игоревна: Ростовский государственный университет путей сообщения – Ростов-на-Дону, 2007. – 42 с.
- [18] Мартынюк И.В. Повышение безопасности железнодорожных перевозок опасных грузов с учетом взаимодействия с другими видами транспорта и окружающей средой : автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук: спец. 05.22.01 – транспортные и транспортно-технологические системы страны и её регионов и городов, организация производства на транспорте (технические науки)/ Мартынюк Игорь Владимирович: Ростовский государственный университет путей сообщения. – Ростов-на-Дону, 2007. – 28 с.
- [19] Бутко Т.В. Интеллектуальные аспекты формирования системы поддержки решений оперативного персонала пограничных станций / Т.В.Бутко, Г.С.Баулина // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. - № 2, 2003. - С.8-12.
- [20] Годяев А.И. Методологические основы и принципы построения системы поддержки принятия решений в задачах обеспечения безопасности управления движением на железнодорожном транспорте: автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук: спец. 05.22.08 –

управление процессами перевозок/ Годяев Александр Иванович: Московский государственный университет путей сообщения. – Москва, 2010. – 40 с.

[21] Цуриков А.Н. Интеллектуальная советующая система управления ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте/ А.Н. Цуриков // Бюллетень Объединённого ученого совета ОАО «РЖД». Москва, 2013. – № 3. – С.70–76.

[22] Akhmetov B., Lakhno, V., Malyukov, V., Omarov, A., Abuova, K. Issaikin, D., Development of a decision support system on the distribution of financial resources for emergency situations elimination on railway transport//Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 97(16), с. 4401-4411, 2019.

[23] Б. С. Ахметов, В. А. Лахно, А. К. Абуова. Интеллектуальные технологии для анализа чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте// Вестник ПГУ, Серия энергетическая. № 1. – 2019. – С. 43-51

REFERENCES

[1] Pavlova, E. I. General ecology and ecology of transport: textbook and workshop for secondary vocational education / E. I. Pavlova, V. K. Novikov. - 5th ed., Rev. and add. - Moscow: Yurayt Publishing House, 2019. -- 480 p.

[2] Zubrev N.I. Environmental protection and ecological safety in railway transport / N.I. Zubrev. - M.: UMK MPS of Russia, 1999. -- 592 p.

[3] Krutyakova V.S. Labor protection and the foundations of ecology in railway transport and transport construction / V.S. Krutyakova. - M.: Transport, 1993. -- 352 p.

[4] Myamlin, S.V., Zelenko, Yu.V., Neduzha, L.A. (2015). Parametric ecology in railway transport: principles, assessment, control, safety. Dnipro. P. 270.

[5] Lieberman B.A., Khmelev A.S. Ecological problems of transportation of dangerous goods by railways in Russia // Modern problems of the transport complex of Russia. - 2016. - T. 6. - No. 1 (7). - S. 51-54.

[6] Aher, S. B., & Tiwari, D. R. (2018). Railway Disasters in India: Causes, Effects and Management. International Journal of Reviews and Research in Social Sciences, 6(2), 125-132.

[7] Lac-Mégantic runaway train and derailment investigation summary. <https://www.tsb.gc.ca/eng/rapports-reports/rail/2013/r13d0054/r13d0054-r-es.html>

[8] Katsman M. Probabilistic model for determining the effectiveness of actions to localize the environmental consequences of transport events / M. Katsman, S. Miroshnichenko // RIADENIE BEZPEČNOSTI ZLOŽITÝCH SYSTÉMOV: Zborník vedeckých a odborných prác Medzinárodná vedecko-odborná konferencia, 24–28.02.2014 r.: abstrakty, Liptovský Mikuláš, Slovakia 2014. – С.265–272.

[9] Rules for the Carriage of Dangerous Goods to the Agreement on International Goods Transport by Rail (SMGS). Appendix 2. Ed. in 2 volumes. K., 2006. - Vol. 1 - 576 p.

[10] Umurzakov D. Creation of transport and logistics centers for distribution, storage and transportation of goods in the northern region of the Republic of Kazakhstan QR // Bas editor. - 2017. - No. 4. - S. 36-41.

[11] Chumlyakov K.S., Chumlyakova D.V. Ecologization and safety in plans for the development of international transport corridors // Bulletin of the Tomsk State University. Economy. - 2016. - No. 3 (35). - S. 240-251.

[12] Abuova A.K. Automated decision support systems for responding to emergency situations in railway transport // Materials of the international practical Internet conference "Actual problems of science". - Almaty: KazNRTU them. K.I. Satpayev, November 22, 2018. -- p. 180-182. <https://doi.org/10.31643/2018.034>.

[13] Popov V.G. Assessment of the risk from emergencies / V.G. Popov, F.I. Sukhov, S.V. Petrov. URL: <http://mirtr.elpub.ru/jour/article/view/785/1134>

[14] V.I. Medvedev Methods for managing the safety of the transportation process of dangerous goods and ways to improve environmental safety in railway transport: abstract for the degree of Doctor of Technical Sciences: spec. 05.22.08 - management of transportation processes / Medvedev Vladimir Ilyich: Siberian State University of Railways. - Novosibirsk, 2001. - 40 p.

[15] Akimov V.A. Basics of analysis and risk management in natural and technogenic spheres / V.A. Akimov, V.V. Lesnykh, N.N. Radaev-Study guide. - Moscow.: Business Express, 2004. -- 352 p.

[16] Soroka M.L., Technology of liquidation of oil spills with preventive accumulation of sorbents in the zone of formation and localization of the spill / M.L. Soroka, L.A. Yaryshkina

[17] URL: <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1284881>.

[18] E.I. Makarova Scientific bases of environmental protection in liquidation, neutralization and blocking of railway transport pollution: abstract for the degree of Doctor of Technical Sciences: spec. 03.02.08 - Ecology (by industry) / Elena Igorevna Makarova: Rostov State Transport University - Rostov-on-Don, 2007. - 42 p.

[19] Martynyuk I.V. Improving the safety of rail transport of dangerous goods, taking into account the interaction with other modes of transport and the environment: abstract for the degree of candidate of technical sciences: spec. 05.22.01 - transport and transport-technological systems of the country and its regions and cities, organization of production in transport (technical sciences) / Martynyuk Igor Vladimirovich: Rostov State Transport University. - Rostov-on-Don, 2007. -- 28 p.

[20] Butko T.V. Intellectual aspects of the formation of a decision support system for the operational personnel of border stations / T.V. Butko, G.S. Baulina // Information and control systems in railway transport. - No. 2, 2003. - P.8-12.

[21] A.I. Godyaev Methodological foundations and principles of building a decision support system in the tasks of ensuring the safety of traffic control in railway transport: abstract for the degree of Doctor of Technical Sciences: special: 05.22.08 - management of transportation processes / Alexander Ivanovich Godyaev: Moscow State University of Railways. - Moscow, 2010. -- 40 p.

[22] Tsurikov A.N. Intellectual advising system of emergency response management in railway transport / A.N. Tsurikov // Bulletin of the Joint Scientific Council of Russian Railways. Moscow, 2013. - No. 3. - P.70-76.

[23] Akhmetov B., Lakhno, V., Malyukov, V., Omarov, A., Abuova, K., Issaikin, D., Development of a decision support system on the distribution of financial resources for emergency situations elimination on railway transport//Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 97(16), с. 4401-4411, 2019.

[24] B. S. Akhmetov, V. A. Lakhno, A. K. Abuova. Intelligent technologies for the analysis of emergency situations in railway transport // Vestnik PSU, Energeticheskaya series. No. 1. - 2019. - P. 43-51

М. Х. Шалабаева*, А.К. Абуова

Қазақ қатынас жолдар университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: m.shalabaeva@mail.ru

ТЕМІРЖОЛ КӨЛІГІНДЕГІ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МӘСЕЛЕЛЕР

Аңдатпа. Теміржол көлігі – бұл Қазақстан Республикасы үшін жалпы көлік түрлерінің және экономиканың негізгі түрлерінің бірі. Дәл осы көлік түрі әртүрлі сипаттағы қауіпті жүктердің едәуір көлемін тасымалдауды қамтамасыз етеді. Оларды тасымалдау кезінде қауіпсіздік шаралары мен сақтық шараларын сақтамау теміржолшыларға, халыққа, сондай-ақ қоршаған ортаға қауіп төндіруі мүмкін.

Көлік қауіпсіздігі – бұл теміржол көлігінің әртүрлі бөліктерінің ең маңызды басымдығы. Қауіпсіздік көлік процесінің көптеген компоненттерінің – жүктің қасиеттеріне, жылжымалы құрамның техникалық жағдайына, теміржол трассасы мен инфрақұрылымына, жұмысшылардың біліктілігіне, қоршаған ортаның жағдайына және сол сияқтылардың синергетикалық өзара әрекеттесуіне байланысты.

Мақалада теміржол көлігіндегі экологиялық мәселелер мен олардың қоршаған ортаға кері әсері қарастырылған. Аталған тақырыпқа қатысты әдебиеттерге талдау жасалған.

Негізгі сөздер: теміржол көлігі, экологиялық мәселелер, қауіпті жүктер.

М.Н. Shalabayeva*, A.K. Abuova

Kazakh University ways of Communications, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: m.shalabaeva@mail.ru

THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF RAILWAY TRANSPORTATION

Abstract. Railway transport is one of the basic modes of transport and the economy as a whole for the Republic of Kazakhstan. It is this type of transport that ensures the transportation of a significant amount of dangerous goods of various properties. Failure to observe safety measures and precautions during their transportation may pose a threat to railway workers, the public, as well as to the environment.

Transport safety is the highest priority of various parts of the railway transport. Safety depends on the synergistic interaction of many components of the transport process – the properties of the cargo, the technical condition of the rolling stock, the track and infrastructure of the railways, the qualifications of workers, the state of the environment, and the like.

This article discusses the ecological problems in railway transport, their negative impact on the environment.

Key words: railway transport, ecological problems, dangerous goods.

¹О. Хабиолда*, ²С.К. Ахмедиев, ²Б.С. Адекенов,
²А.А. Ербосынов, ²Д.Б. Бижамбаев

¹Карагандинский университет имени Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан

²Казахстанский многопрофильный институт реконструкция и развития при
Карагандинском государственном техническом университете,
Караганда, Казахстан. *e-mail: oka-kargtu@mail.ru

РАСЧЕТ КОНСТРУКТИВНО-ОРТОТРОПНЫХ ПЛИТ ВАРИАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Аннотация. В данной работе выполнено исследование работы ортотропных плит с системой поперечных и продольных элементов усиления, образующих конструктивную ортотропию.

Для анализа напряженно-деформированного состояния подобных конструкций применен известный вариационный метод Бубнова-Галеркина.

Произведен сравнительный анализ результатов, полученных двумя путями: расчет по фактическим значениям жесткостных характеристик, расчет по условной изгибаемой жесткости. Расчет подобными двумя способами дает достаточно близкие к друг другу результаты.

Предлагаемая методика может найти применение при «первичных» «безмашинных» методах расчета конструктивно-ортотропных плит с различными размерами в плане и с иными граничными условиями.

Ключевые слова: плиты, конструктивная ортотропия, вариационный метод, приведенная изгибаемая жесткость, сравнительный анализ.

Введение. В современной технике использование композиционных материалов является экономически и технологически обоснованным. Одной из важных задач в механике композитов является расчет на прочность ортотропных конструкций.

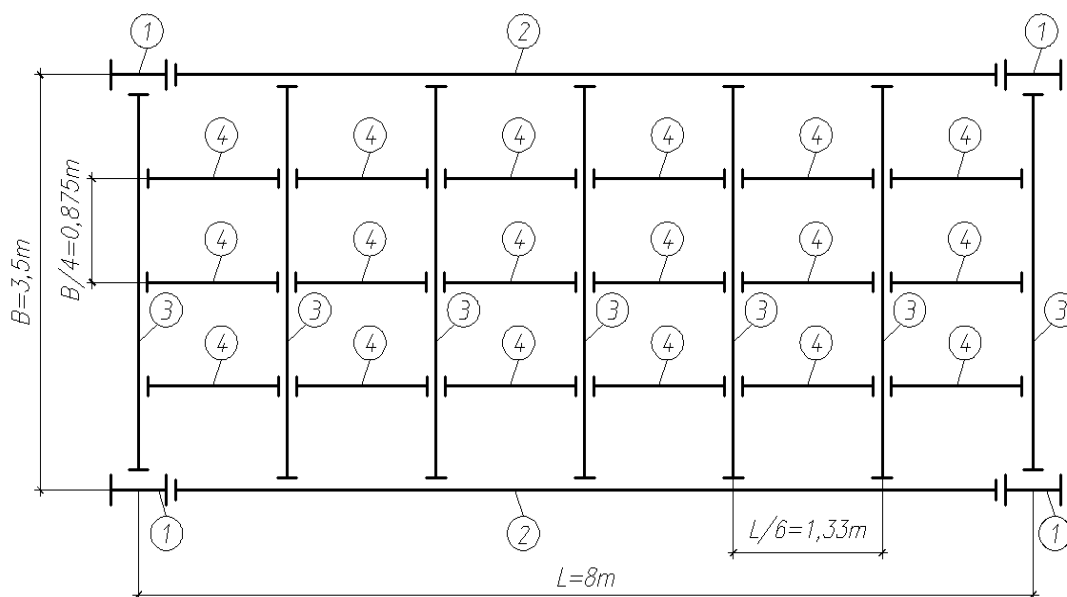
В решении этих задач широкое распространение получил численный метод конечных элементов (МКЭ), основанный на различных формулировках. Большинство авторов МКЭ формулируется в виде метода перемещений [1–5]. Решения МКЭ для изотропных тел достаточно легко модифицируются и используются для ортотропных тел [6].

Объемные конечные элементы на основе соотношений теории упругости без дополнительных гипотез о деформировании нормали использованы в работах [7, 8].

Кроме того, можно отметить следующие методы расчета ортотропных конструкций. Например, в работе [9] предложен алгоритм, основанный на методе Ритца и методе продолжения решения по наилучшему параметру, который позволяет исследовать напряженно-деформированное состояние (НДС) оболочек из ортотропных материалов.

При проектировании проезжей части различных мостовых сооружений (путепроводов, переездов, и так далее) возникает необходимость в конструировании их настилов, соответствующих высоким уровням жесткости, (для исключения их так называемой «зыбкости») [10, 11].

В этих условиях в качестве конструкции проезжей части приемлимым является применение конструктивно ортотропных плит, представляющих собой стальной лист толщиной « t » подкрепленных системой ортогонально расположенных перекрестных элементов (балок) (рис.1). При этом необходимо исследовать напряженно-деформированное состояния подобных конструкций.



1-вертикальные стойки (прокатный двутавр №50); 2-продольные элементы (балок) (прокатный двутавр №45); 3-поперечные элементы (балок) (прокатный двутавр №30); 4-подкрепляющие ребра (полоса 14x3 см).

Рис. 1. Геометрическая и конструктивная схема ортотропной плиты

Методы. Расчетные жесткостные характеристики конструктивно ортотропных плит с односторонними перекрестно расположенными ребрами приведены в [12, 13] и имеют вид:

$$D_x = \frac{Et^3}{12(1-\mu^2)} + \frac{EJ_{1y}}{t_1}; \quad D_y = \frac{Et^3}{12(1-\mu^2)} + \frac{EJ_{2y}}{t_2}$$

$$D_{xy} = D_k^0 = \frac{Gt^3}{12} + \frac{EJ_{1k}}{t_1\delta}; \quad D_\mu = D_1 = \mu D_x = \mu D_y \quad (1)$$

$$\delta = 1 - \frac{t_1^2 J_{1y} (t_1 J_{2k} - t_2 J_{1k})}{t_2 J_{2k} (t_1^2 J_{1y} + t_2^2 J_{2k})},$$

здесь J_{1k}, J_{2k} – соответствующие моменты кручений элементов 4 и 3 (рис.1);

J_{1y}, J_{2y} – соответствующие осевые моменты инерции элементов 4 и 3 относительно по их центральных осей, параллельных осям x, y соответственно (рис.1):

$$t_1 = \frac{B}{4} = \frac{3.5}{4} = 0.875 \text{ – шаг элементов «4»}; \quad t_2 = \frac{L}{6} = \frac{8}{6} = 1.333 \text{ – шаг элементов «3»};$$

$t = 20 \text{ мм}$ – толщина металлического настила.

Для плиты, приведенной на рисунке 1 по формулам (1) получены следующие значения;

$$D_x = 17.1452 \cdot 10^2 \text{ кНм}; \quad D_y = 107.93 \cdot 10^2 \text{ кНм};$$

$$D_1 = 5.1436 \cdot 10^2 \text{ кНм}; \quad D_k = D_{xy} = 3.57 \cdot 10^2 \text{ кНм}. \quad (1a)$$

Поверхностная нагрузка на плиту с учетом коэффициента перегрузки и динамического эффекта от движения по сооружению подвижной транспортной нагрузки средней величины составляет $q = 52.5 \text{ кН/м}^2$.

Для расчета рассматриваемой плиты (рис.1) применим вариационный метод Бубнова-Галеркина [14, 15]. Сложностью в этом случае является отыскание приведенных изгибных жесткостей, отвечающих реальной работе конструктивно ортотропной плиты.

Искомую функцию прогибов $W = W(x, y)$ будем искать в виде:

$$W = \sum_{i=1}^n a_i \varphi_i, \quad (2)$$

где a_i – неопределенные коэффициенты, φ_i – аппроксимирующие функции, удовлетворяющие условиям закрепления кромок плиты (рис.2) – защемление по контуру.

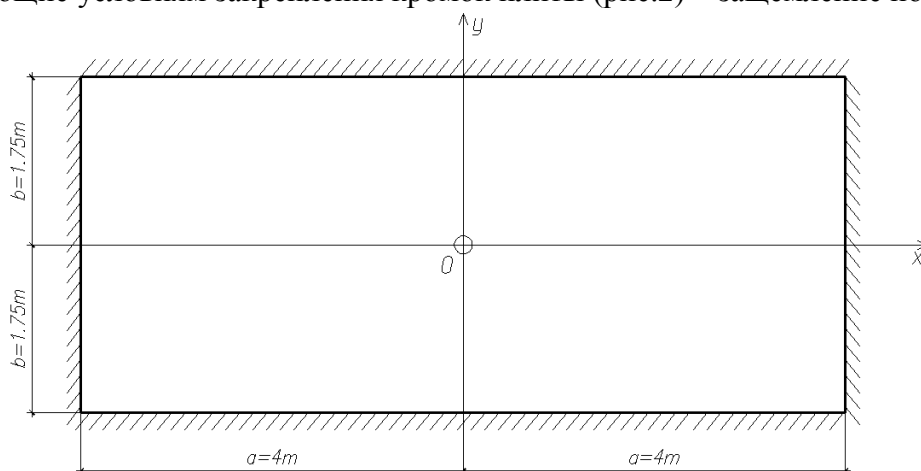


Рис. 2. Расчетная схема плиты

Граничные условия (рис.2) записывается в виде:

а) при $x = \pm a$; $w = 0$; $\partial w / \partial x = 0$, б) при $y = \pm b$; $w = 0$; $\partial w / \partial y = 0$.

Аппроксимирующие функции примем в виде степенного ряда:

$$\varphi_1 = (x^2 - a^2)^2 (y^2 - b^2)^2; \quad \varphi_2 = (x^2 - a^2)^2 (y^2 - b^2)^3; \quad \varphi_3 = (x^2 - a^2)^3 (y^2 - b^2)^2 \quad (3)$$

Исходное дифференциальное уравнение ортотропных плит имеет вид [13, 15]

$$\left(\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + \alpha \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + \beta \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} - \frac{q}{D_x} \right) = 0$$

или

$$\nabla^4 W - \frac{q}{D_x} = 0 \quad (4)$$

Коэффициенты ортотропии (с учетом значений (1)) равны:

$$\alpha = \frac{2(D_1 + 2D_{xy})}{D_x} = 1.453; \quad \beta = \frac{D_y}{D_x} = 6.295 \quad (5)$$

$$\delta = 20.8051a^5b^5(b^4 + 0.5714\alpha a^2b^2 + \beta a^4); \quad \Delta q = \frac{1.1378a^5b^5q}{D_x} \quad (12)$$

С учетом значений (5) выражение (12) получим (при $q = 52.5 \text{ кН} / \text{м}^2$):

$$\delta = 34557.73; \quad \Delta q = \frac{59.7345}{D_x} \quad (13)$$

По выражению (9) вычисляем значение коэффициента (с учетом выражения (13)):

$$a = \frac{\Delta q}{\delta} = \frac{59.7345}{4557.73} = \frac{0.00173}{D_x} \quad (14)$$

Подставляя значение (14) в уравнение (2), получим (с учетом выражения (8)):

$$W = a \cdot \varphi = \frac{0.00173}{D_x} (x^2 - a^2)^2 (y^2 - b^2)^2 \quad (15)$$

где, W – искомая функция прогибов.

Для плиты (рис.1) ($D_x = 17.1452 \cdot 10^2 \text{ кНм}$; $a = 4 \text{ м}$, $b = 1.75 \text{ м}$) при $x=y=0$ по уравнению (15) получим:

$$W = W_{\max} = 0.00242 \text{ м} = 0.242 \text{ см} = 2.42 \text{ мм} \quad (16)$$

Расчет по пути «2»: В выражениях (10, 12) принимаем $D_x = D_{red}$, $\alpha = \beta = 1$.

Тогда вместо (15) получим:

$$W = \frac{2.8711(x^2 - a^2)^2(y^2 - b^2)^2}{D_{red}(b^4 + 0.5714a^2b^2 + a^4)} \quad (17)$$

В выражении (17) неопределенной остается величина приведенной (условной) цилиндрической жесткости D_{red} . Для ее определения используем теорию прочности сопротивления материалов по гипотезе удельной потенциальной энергии формообразования [16], то есть:

$$D_{red} = \sqrt{D_x^2 + D_y^2 + 3D_{xy}^2} \quad (18)$$

Подставляя в выражение (18) значения (1а), получим

$$D_{red} = 10^2 \sqrt{(17.1452)^2 + (107.93)^2 + 3(3.57)^2} = 109.4581 \cdot 10^2 \text{ кНм} \quad (19)$$

По значению (19) можно определить приведенную толщину настила проезжей части t_{red} для фиктивной изотропной стальной плиты, эквивалентной по прочности заданной конструктивно ортотропной плиты (рис.1).

$$t_{red} = \sqrt[3]{\frac{12(1-\mu)D_{red}}{E}} = \sqrt[3]{\frac{12(1-0.3)^2 \cdot 109.4581 \cdot 10^2}{2 \cdot 10^8}} = 0.0817;$$

$(t_{red} = 0.0817 \text{ м} = 81,7 \text{ мм}) > (t_0 = 20 \text{ мм})$ ($t_0 = 20 \text{ мм}$ – фактическая толщина стальной плиты настила проезжей части мостового перехода).

Представляя значения (19) в выражения (17), получим значение наибольшего прогиба плиты ($x = y = 0$, $a = 4 \text{ м}$, $b = 1.75 \text{ м}$)

$$W_{max} = \frac{2.8711a^4b^4}{D_{red}(b^4 + 0.5714a^2b^2 + a^4)} = 0.002155 \text{ м} = 2.155 \text{ мм} \quad (20)$$

Результаты и обсуждение. Сравнивая значения (16) и (20) видим, что конструктивно ортотропные плиты можно рассчитывать как вариационным на основе метода Бубнова-Галеркина как по фактическим параметрам ортотропии (коэффициенты α , β – выражения (5)), так и по приведенной (условной) цилиндрической жесткости D_{red} (выражение (18)). Разница в значениях прогиба W_{max} (около 10%) объясняется малым числом членов аппроксимирующих функций.

Можно определить значение минимально необходимой цилиндрической жесткости D_x из условия нормативно требуемой жесткости плиты

$(W_{max}/l = 1/1000)$; отсюда $(W_{max}^* = 8/1000 = 0.8 \text{ см})$ тогда из выражения (15) при $x=y=0$, имеем:

$$W_{max} = \frac{0.00173a^4b^4}{D_x} \quad (21)$$

Приравнивая значения $W_{max} = W_{max}^*$, получим выражение:

$$D_x = \frac{0.00173a^4b^4}{0.008} = 0.21625a^4b^4 \quad (22)$$

При $(a = 4 \text{ м}, b = 1.75 \text{ м})$ по выражению (22) получим $D_x = 0.21625 \cdot (4)^4 \cdot (1.75)^4 = 5.192 \cdot 10^2 < D_x^* = 17.1452 \cdot 10^2$ ($D_x^* = 17.1452 \cdot 10^2$ – значение принятое для плиты (рис.1)).

Выводы. В данной работе показана эффективность расчета конструктивно-ортотропной плиты проезжей части мостового перехода вариационным методом Бубнова-Галеркина. Достоверность результатов подтверждено разницей в значениях прогиба W_{max} (около 10%), это объясняется малым числом членов аппроксимирующих функций.

Принятые в расчете конкретные геометрические и физико-механические характеристики несущих конструкций и подкрепляющих ребер стального настила (плиты) с большим запасом обеспечивают ее прочность, обусловленную требованиями норм мостостроения.

Данную методику можно распространить на подобные конструктивно ортотропные плиты с иными граничными условиями, схемами внешнего нагружения и структурой подкрепляющих элементов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Хайруллин Ф.С., Сахбиев О.М. Расчет ортотропных конструкций вариационным методом на основе трехмерных функций с конечными носителями // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2017. – № 2. – С. 195–207. DOI: 10.15593/perm.mech/2017.2.11.
- [2] Бережной Д.В., Сагдатуллин М.К. Трехмерный конечный элемент для расчета оболочек средней толщины // Вестник Казанского технического университета. – 2013. – Т. 16, № 9. – С. 256–261.
- [3] Giamperi A., Perego U. An interface finite element for the simulation of localized membrane bending deformation in shells // Comput. Meth. Appl. Mech. and Eng. – 2011. – Vol. 200. – № 29–32. – P. 2378–2396.
- [4] Серпик И.Н. Эффективный конечно-элементный анализ плит Тимошенко с исключением заклинивания изгибных деформаций // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2010. – № 10. – С. 8–17.
- [5] Мануйлов Г.А., Косицын С.Б., Бегичев М.М. Исследование устойчивости упругих пластин и оболочек при помощи конечно-элементного моделирования // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений – 2011. – № 1. – С. 58–65.
- [6] Голованов А.П., Тюленева О.Н., Шигабутдинов А.Ф. Метод конечных элементов в статике и динамике тонкостенных конструкций – М.: Физматлит. 2006. – 392 с.
- [7] Hall K.J., Potirniche G.P. A three-dimensional edge-crack finite – element for fracture mechanics applications // International Journal of Solids and Structures. – 2012. – Vol. 49. – No. 2. – P. 328–337.
- [8] Trach Y., Burdekin F.M. A three dimensional analysis of fracture mechanics test pieces of different geometries. Pt 1. Stress-state ahead of the crack tip // International Journal Pressure Vessels and Pip. – 2012. – No. 93–94. – P. 42–50.
- [9] Семенов А.А. Геометрически нелинейная математическая модель расчета прочности и устойчивости ортотропных оболочечных конструкций: дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 2014.
- [10] Богданов Г.И., Владимирский С.Р., Козьмин Ю.Г., Кондратов В.В. Проектирование мостов и труб; под ред. Ю.Г. Козьмина. – М.: Маршрут, 2009. – 460с.
- [11] Владимирский С.Р. Современные методы проектирования мостов. – СПб.: ПапиРус, 1998. – 469с.
- [12] Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений; под ред. А.А. Уманского. – М.: Стройиздат, 1972. – 416 с.
- [13] Нагрузка и воздействия на здания и сооружения /В.Н. Гордеев и др.; под общ. ред. Перельмутера А.В. – М.: Изд-во АСВ, 2009. – 528 с.
- [14] Сливкер В.И. Строительная механика. Вариационные основы. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005. – 736 с.
- [15] Справочник по теории упругости; под ред. П.М. Варвака, А.Ф. Рябова. – Киев: Будівельник, 1991. – 418 с.
- [16] Любошиц М.И., Ицкович Г.М. Справочник по сопротивлению материалов. – Минск, 1969. – 464 с.

REFERENCES

- [1] Khayrullin F.S., Sakhbiev O.M. Calculation of orthotropic constructions by a variation method on the basis of three-dimensional functions with final carriers. PNRPU Mechanics Bulletin, 2017, no. 2, pp. 195–207. DOI: 10.15593/perm.mech/2017.2.11
- [2] Berezhnoj D.V., Sagdatullin M.K. Trekhmernyj konechnyj jelement dlja rascheta obolochek srednej tolshhiny // Vestnik Kazanskogo tehničeskogo universiteta. – 2013. – T. 16, № 9. – С. 256–261.
- [3] Giamperi A., Perego U. An interface finite element for the simulation of localized membrane bending deformation in shells // Comput. Meth. Appl. Mech. and Eng. – 2011. – Vol. 200. – № 29–32. – P. 2378–2396.
- [4] Serpik I.N. Jefferktivnyj konechno-jelementnyj analiz plit Timoshenko s iskljucheniem zaklinivaniya izgibnyh deformacij // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo. – 2010. – № 10. – С. 8–17.
- [5] Manujlov G.A., Kosicyn S.B., Begichev M.M. Issledovanie ustojchivosti uprugih plastin i obolochek pri pomoshhi konechno-jelementnogo modelirovaniya // Stroitel'naja mehanika inzhenernyh konstrukcij i sooruzhenij – 2011. – № 1. – С. 58–65.
- [6] Golovanov A.P., Tjuleneva O.N., Shigabutdinov A.F. Metod konechnyh jelementov v statike i dinamike tonkostennyh konstrukcij – М.: Fizmatlit. 2006. – 392 s.
- [7] Hall K.J., Potirniche G.P. A three-dimensional edge-crack finite – element for fracture mechanics applications // International Journal of Solids and Structures. – 2012. – Vol. 49. – No. 2. – P. 328–337.

- [8] Trach Y., Burdekin F.M. A tree dimensional analysis of fracture mechanics test pieces of different geometries. Pt 1. Stress-state ahead of the crack tip // International Journal Pressure Vessels and Pip. – 2012. – No. 93–94. – P. 42–50.
- [9] Semenov A.A. Geometricheski nelinejnaja matematicheskaja model' rascheta prochnosti i ustojchivosti ortotropnyh obolochecnyh konstrukcij: dis. ... kand. tehn. nauk. – SPb., 2014.
- [10] Bogdanov G.I., Vladimirskij S.R., Koz'min Ju.G., Kondratov V.V. Proektirovanie mostov i trub; pod red. Ju.G. Koz'mina. – M.: Marshrut, 2009. – 460s.
- [11] Vladimirskij S.R. Sovremennye metody proektirovaniya mostov. – SPb.: PapiRus, 1998. – 469s.
- [12] Spravochnik proektirovshhika promyshlennyh, zhilyh i obshhestvennyh zdaniy i sooruzhenij; pod red. A.A. Umanskogo. – M.: Strojizdat, 1972. – 416 s.
- [13] Nagruzka i vozdeystviya na zdaniya i sooruzheniya /V.N. Gordeev i dr.; pod obshh. red. Perel'mutera A.V. – M: Izd-vo ASV, 2009. – 528 s.
- [14] Slivker V.I. Stroitel'naja mehanika. Variacionnye osnovy. – M.: Izdatel'stvo Associacii stroitel'nyh vuzov, 2005. – 736 s.
- [15] Spravochnik po teorii uprugosti; pod red. P.M. Varvaka, A.F. Rjabova. – Kiev: Budivel'nik, 1991. – 418 s.
- [16] Ljuboshic M.I., Ickovich G.M. Spravochnik po soprotivleniju materialov. – Minsk, 1969. – 464 s.

¹О. Хабидолда*, ²С.К. Ахмедиев, ²Б.С. Адекенов,
²А.А. Ербосынов, ²Д.Б. Бижамбеков

¹Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті, Қарағанды, Қазақстан
²Қарағанды мемлекеттік техникалық университет қарамағындағы Қазақстан көп бейінді қайта құру
және дамыту институты, Қарағанды, Қазақстан
*e-mail: oka-kargtu@mail.ru

КОНСТРУКТИВТІ ОРТОТРОП ПЛИТАЛАРЫН ВАРИАЦИЯЛЫҚ ӘДІСПЕН ЕСЕПТЕУ

Аңдатпа. Бұл мақалада конструктивтік ортотропияны құрайтын көлденең және бойлық күшейту элементтері жүйесі бар ортотропты плиталардың жұмысын зерттеу жүргізілді.

Осындай конструкциялардың кернеулі – деформацияланған жағдайын талдау Бубнов-Галеркиннің белгілі вариациялық әдісімен орындалған.

Екі жолмен алынған нәтижелердің салыстырмалы талдауы жүргізілді: қатқыл сипаттамалардың нақты мәндері бойынша есептеу, шартты иілу қаттылығы бойынша есептеу. Осындай екі тәсілмен есептеу бір-біріне жақын нәтижелер береді.

Ұсынылып отырған есептеу әдістемесі болашақта әртүрлі өлшемдері бар және басқа шекаралық жағдайларда конструктивті ортотропты плиталарды есептеудің "машинасыз" әдістерінде пайдалануға болады.

Негізгі сөздер: конструктивті ортотропия плиталары, вариациялық әдіс, келтірілген иілу қаттылығы, салыстырмалы талдау.

¹O. Khabidolda*, ²S.K. Akhmediyev, ²B.S. Adekenov,
²A.A. Yerbosynov, ²D.B. Bizhambekov

¹Ye.Buketov Karaganda State University, Karaganda, Kazakhstan
²Kazakh multidisciplinary reconstruction and development institute at Karaganda
State Technical University. *e-mail: oka-kargtu@mail.ru

CALCULATION OF STRUCTURALLY ORTHOTROPIC DECKS WITH VARIATION METHOD

Abstract. In this paper, there was an executed investigation of the behavior of orthotropic decks with the system of cross and side stiffeners forming structural orthotropy.

In order to conduct an analysis of the stress-strain behavior of such structures, the Bubnov-Galerkin variation method has been used.

Comparative analysis of results, received in two ways has been conducted: calculation according to actual values of stiffness properties, calculation according to relative bending stiffness. It was shown, that calculation in such two ways gives sufficiently close results to each other.

The suggested calculation method can be applied while “primary “non-mechanic” calculation methods of structurally orthotropic decks with different sizes in the plan and other boundary conditions.

Keywords: structurally orthotropic decks, variation method, given bending stiffness, comparative analysis.

С.С. Жекеева*, Л.В. Долматова, Е.В. Ушакова

М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Петропавл, Қазақстан

*e-mail: szhekeeva@mail.ru

ҰЯЛЫ БАЙЛАНЫС ОПЕРАТОРЛАРЫНЫҢ ЖҰМЫСЫН БАҒАЛАУДЫҢ АЙҚЫН ЕМЕС МОДЕЛІН МАТЛАВ ОРТАСЫНДА ҚҰРУ

Андатпа. Мақалада ұялы байланыс операторының жұмыс сапасын, оның ұялы байланыс желісінің, дауыстық ұялы байланыс параметрлерінің және интернетке қосылу сапасының техникалық параметрлері бағаланған. Ұялы байланыс тиімділігін бағалау көрсеткіштері зерттеліп, талдау жүргізілген, оператор жұмысының тиімділігін талдау мен бағалаудың негізгі көрсеткіштері анықталған және ұялы байланыс операторының жұмысының тиімділігін бағалаудың айқын емес моделі жасалды. Бағалаудың айқын емес моделіне апробациялау жүргізіліп, алынған мәліметтерге талдаулар жүргізілді. Ұялы байланыс операторының өнімділігі және оны бәсекелестермен салыстыру мүмкіндігі туралы жалпы түсінік беретін модель құру үшін айқын емес жиындар теориясы қолданылған. Модельдің артықшылығы оның әмбебаптығында, минималды өлшемінде, қолданудың қарапайымдылығында және нәтиже алу жылдамдығында жатыр.

Негізгі сөздер: ұялы байланыс операторы, байланыс қызметінің сапасы, айқын емес жиындар теориясы, айқын емес логика, айқын емес модель.

Кіріспе. Қазіргі таңда Қазақстанда ұялы байланыс операторларының қызмет көрсету сапасын бағалауды операторлардың өздері жүзеге асырады және бағалау бойынша деректер шектеулі қызметкерлер тобына ғана белгілі құпия ақпарат ретінде сақталады. Жеке компаниялар өздерінің тәуелсіз зерттеулерін жүргізеді, бірақ ол өте сирек. Пайдаланушының байланыс сапасына берген бағасы субъективті пікір негізінде қарастырылады.

Зерттеу өзектілігі ұялы байланыс операторының қызметінің айтарлықтай кеңеюімен және қызмет көрсету сапасын бағалау моделін жасау қажеттілігімен туындап отыр. Мақалада «Kcell» ұялы байланыс операторының жұмыс сапасын, оның ұялы байланыс желісінің, параметрлерінің дауыстық ұялы байланысының және интернетке қосылу сапасының техникалық параметрлері бағаланған. Ұялы байланыс операторының өнімділігі және оны бәсекелестермен салыстыру мүмкіндігі туралы жалпы түсінік беретін модель құру үшін айқын емес жиындар теориясы қолданылады.

Әдістер. Айқын емес модельдеу қатынасы сыртқы орта мен ішкі модель арасындағы сәйкестікті анықтайды. Айқын емес әдісте айқын емес эквиваленттік қатынастар, айқын емес ұқсастық қатынастары, айқын емес айырмашылық қатынастары, сонымен қатар айқын емес, ұқсас емес және т.б. қолданылады. Айқын емес қатынастарды динамикалық объектілерді сипаттау үшін пайдалануға болады. Айқын емес қатынастар бойынша негізгі операциялар: бір айқын емес қатынасты басқасына қосу, айқын емес қатынастарды тоқтату және айқын емес қатынастарды біріктіру [1].

Айқын емес логика математикада анықталмаған процестер, жүйелер, объектілерді сипаттауға бағытталған әрекеттерден туындайды. Айқын емес логика білім мен дағдыларды жүйеге келтіруге және оны машиналық тілде сипаттауға мүмкіндік береді. Лингвистикалық айнымалылар зерттеу объектілерін сипаттау үшін қолданылады. Айқын емес айнымалы үш түрлі қасиетпен сипатталады – айнымалының аты, әмбебап жиынтық (айнымалының анықталу облысы), шектеулерді сипаттайтын аймаққа жататын функциясы бар әмбебап жиындағы айқын емес жиынмен [2].

Лингвистикалық айнымалылар негізгі терминдер жиынтығынан, айқын емес айнымалылардың анықталу облысынан, синтаксистік генерация процедурасынан және семантикалық процедурадан тұратын қасиеттер жиынтығымен сипатталады.

Айқын емес тұжырымдар айқын емес жиынтықпен жұмыс істеу механизмі болып табылады. Айқын емес тұжырымдар зерттеу барысында маман құрастырған білім қорынан тұрады. Білім қоры ережелер түрінде қалыптасады. Нақты емес ереже – бұл нәтижелік айнымалылардың белгілі айнымалыларға тәуелділігін анықтайтын күрделі логикалық тұжырым. Берілген, енгізілетін айнымалылар зерттеу барысында алынған мәндердің нәтижесі болып табылады. Нәтиже дегеніміз – берілген мәндердің шешімі немесе бақылауы [3, 4].

Логикалық қорытынды төрт кезеңнен тұрады: фаззификация, логикалық қорытынды, композиция және дефаззификация. Фаззификация дегеніміз – ақиқаттық дәрежесін бағалау үшін қолданатын айқын емес кіріс параметрлері. Логикалық қорытынды айқын емес қорларды анықтау үшін құрылады және ережелердің әрқайсысы үшін ақиқаттық мәнді тағайындайды, min мен max амалдарын қолданады. Композиция барлық айқын емес ішкі жиындар үшін бір ішкі жиынды қалыптастырады. Дефаззификация – айқындыққа әкелу немесе басқа сөзбен айтқанда айқын есем жиынды айқын санға шығару [5].

Ұсынылып отырған мақалада Mamdani алгоритмі қолданылған. Бұл алгоритм ережелер қорын қалыптастыру, фаззификация, қалып-күйді біріктіру, қорытындыларды белсенді ету, қорытындыны топтау, дефаззификациялау тізбектерінен тұрады. Алгоритмде егер берілген деректер сандық мән болса, онда нәтижесінде де сандық мән аламыз. Mamdani алгоритмі айқын емес шығарудың басқа да алгоритмдер сияқты Fuzzy Logic Toolbox деп аталатын Matlab ортасында жүзеге асырылады.

Matlab – бұл жоғары деңгейлі бағдарламалау тілі, есептеулер жүргізуге және оларды визуалдауға арналған орта. Matlab деректерді талдауға, алгоритмдер, модельдер мен қосымшалар құруға мүмкіндік береді. Кірістірілген математикалық функциялар мен тіл, құралдар жиыны әртүрлі математикалық амалдарды зерттеп, тез шешім қабылдауға көмектеседі. Matlab сигналдар мен байланыстарды өңдеу, бейне мен кескіндерді өңдеу, басқару жүйелері, қаржылық инжиниринг, есептеу биологиясы және басқа да көптеген салаларда қолданылады [6].

Matlab есептеуіш ортасында әртүрлі инженерлік-математикалық бағдарламалық дестесі біріктірілген. Мұндай дестенің бірі – айқын емес жүйелерді құруға және зерттеуге арналған Fuzzy Logic Toolbox дестесі. Fuzzy Logic Toolbox айқын емес жүйелерді құрудың барлық кезеңдерін қолдайды, мысалы: синтез, зерттеу, жобалау, модельдеу және нақты уақытта түзетулер жүргізу.

Жасақтаманың функциялары айқын емес логикалық нәтиже, айқын емес кластерлеу және нейро-айқын емес баптаулар сияқты барлық заманауи айқын емес технологияларды жүзеге асырады. Талдау дестесі өзгертулер енгізуге, бастапқы кодты қарауға, алгоритмдерді қарауға, қажетті функцияларды және дефаззификациялау процедураларын қосуға мүмкіндік береді.

Нәтижелер. Мақалада көрсеткіштер DMTel компаниясының есебінен таңдалып алынған. Бұл компания заманауи технологиялар мен режимдерді енгізуді ескере отырып, желілер мен қызметтер сапасының сипаттамаларын бағалауға және салыстыруға маманданған. Өлшеу жаңа жабдықтың көмегімен жүргізіледі. Желі сапасын бағалау Қазақстан Республикасының барлық операторларында да жүргізіледі, бұл тек Kcell операторын бағалауға ғана емес, сонымен қатар оны байланыс нарығындағы тікелей бәсекелестермен салыстыруға мүмкіндік береді. Деректерді беру және желінің қамту аймағы негізінде дауыстық байланыс қызметтерінің, байланыс қызметтерінің статистикасы құрылды.

Жалпы бес параметр қарастырылады. Бірінші параметр тестілік дауыстық қосылудың жалпы санына қарағандағы қосылуды орнатудың сәтсіз әрекеттерінің санын анықтайды. Екінші параметр бес балдық шкала бойынша телефон арқылы қоңырау шалу кезінде дауыс сапасын бағалау стандарты, онда баға 2,7-ден кем емес, онда дауыстың бұрмалануы және сөйлеуді түсінудің күрделенуі орын алады. Үшінші параметр пайдаланушы деректерді таратудың орташа жылдамдығын анықтайды. Төртінші параметр web-сайттарды сәтті жүктеу үлесін бағалау үшін таңдалған. Бесінші параметр нормадан тыс желінің қамту аймағын

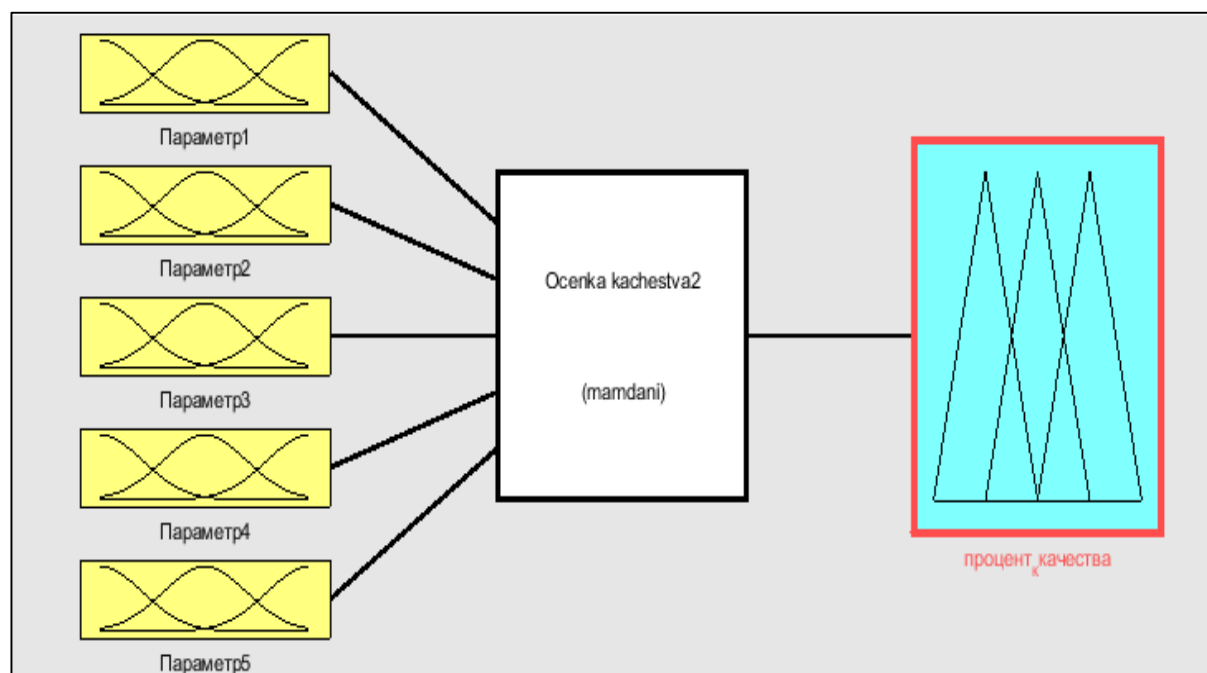
қарастырады. Байланыс қызметтерінің сапасын бағалау анықтамалары 1-ші кестеде келтірілген [7].

Кесте 1. Байланыс қызметтері сапасының көрсеткіштері

Параметр нөмірі	Ұялы байланыс қызметтері көрсеткішінің атауы	Жоғары деңгей	Қалыпты деңгей
1	дауыстық қосылуды орнатудың сәтсіз әрекеттерінің үлесі	3%	5%
2	дауыстық қосылудың сөйлеу сапасының қанағаттанарлықсыздық үлесі	5%	10%
3	деректерді таратудың орташа жылдамдығы	-	-
4	FTP және HTTP сәтті сессияларының үлесі	97%	95%
5	нормаға сәйкес келмейтін желінің қамту аймағы	5%	3%

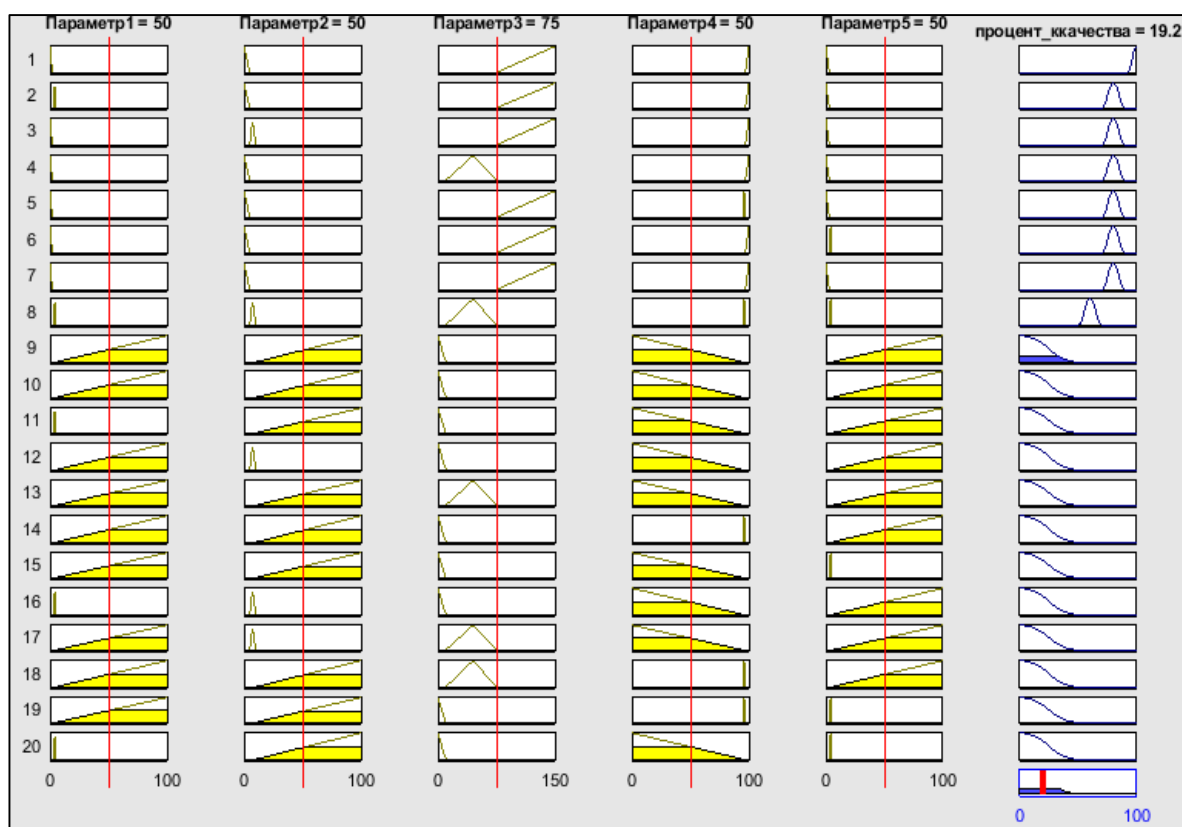
Айқын емес моделді құру үшін Fuzzy Logic Toolbox кеңейту дестесі пайдаланылды. Бұл айқын емес жиындар теориясымен байланысты және айқын емес сарапшы және басқару жүйелерді жобалауға мүмкіндік беретін қолданбалы бағдарламалар дестесі болып табылады [8, 9].

Редакторда «Ocenka kachestva» айқын емес моделі құрылған. Бес кіріс параметрлері, бір «сапа пайызы» деп аталатын қорытынды және жиырма айқын емес ережелер жиыны бар. Кіріс элементтері үшбұрышты графиктер түрінде кескінделіп, қортынды нәтижелік элемент параболалық графикпен бейнеленген. Mamdani айқын емес қорытынды жүйесі таңдалды. «Ocenka kachestva» жүйесінің көрінісі 1-суретте көрсетілген.



1-сурет. «Ұялы байланыс операторы қызметінің сапасының тиімділігін бағалау» жүйесінің енгізу және шығару айнымалыларын анықтауға арналған редактор

Rule Viewer Matlab терезесі ережелерді қарауға арналған және айқын емес нәтижелерді бейнелеуге, енгізілген параметрлердің бастапқы мәндеріне тәуелді болатын нәтижелік деректердің мәндерін алуға мүмкіндік берді. Айқын емес қорытынды жүйенің ережелерін қарауға арналған бағдарлама көрінісі 2-суретте көрсетілген.



2-сурет. «Ұялы байланыс операторының қызметінің тиімділігін бағалау» айқын емес нәтижелік жүйесінің ережелерін қарауға арналған бағдарлама

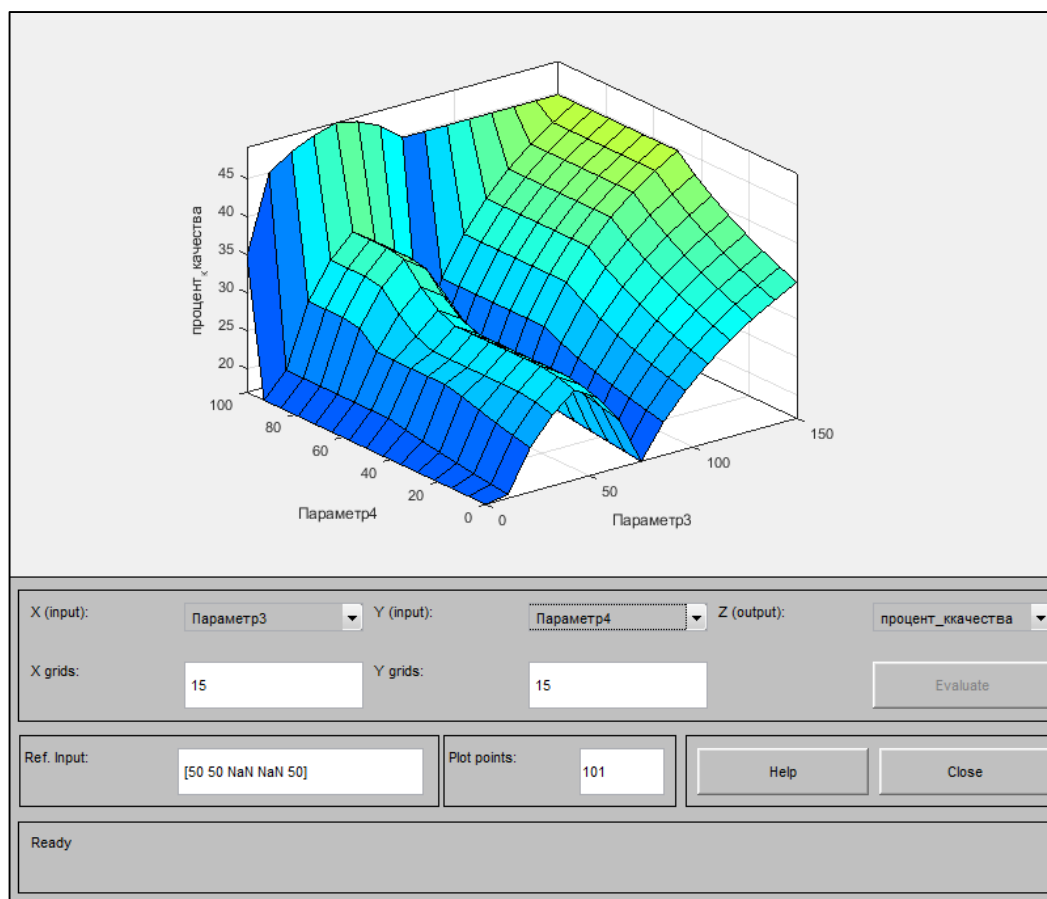
Программада ережелер мен функцияларға өзгерістер енгізу мүмкіндігі жоқ. Бұл айқын емес қорытындылардың нәтижелеріне ережелердің әсерін ескере отырып, нәтижелік қорытынды айнымалының мәнін алу үшін кіріс айнымалыларының мәнін өзгертуге арналған. Айқын емес тұжырым нәтижесі қажетті сапалық мәнді көрсетеді. Көрсеткіштерді алып ұялы байланыс сапасының тиімділігі нәтижесі алынады.

Ережені қарау құралы барлық кіріс параметрлері үшін орташа мәнді автоматты түрде таңдайды. Яғни, 1-ші параметр 50-ге, 2-ші параметр 50-ге, 3-ші параметр 75-ке, 4-ші параметр 50-ге және 5-ші параметр 50-ге тең. Бұдан шығатын «сапа пайызы» мәні 19,2-ге тең болады.

Әрі қарай, айқын емес қорытындылау жүйесінде Surface Viewer бағдарламасы қарастырылған. Бұл бағдарлама графиктерді құруға арналған. Оның көмегімен қорытынды айнымалының жеке кіріс айнымалыға тәуелділік графигі 3-суретке сәйкес немесе бір айнымалы үшін 4-суретке сәйкес бөлек көрнекі түрде көрсетуге болады.

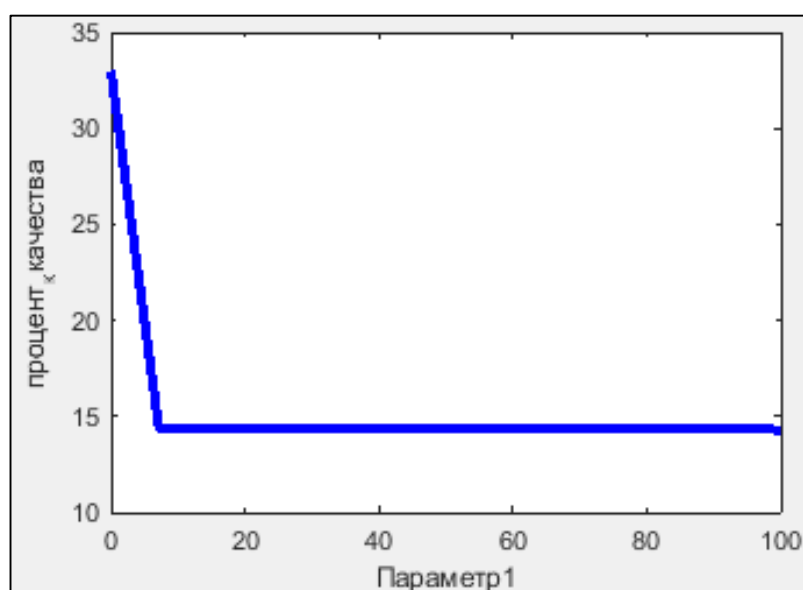
3-суретте 3-ші параметрдің (деректерді таратудың орташа жылдамдығы) және 4-ші параметрдің (сәтті сессиялардың пайызы) тәуелділігі көрсетілген, бұл жүктеу жылдамдығы неғұрлым жоғары болса, веб-сайтты жүктеу сессиялары соғұрлым сәтті болады. Сондай-ақ, 3 суретте деректерді беру жылдамдығының аралығы және сәтті Интернет-сессиялардың саны толығымен қарастырылған.

Координаталар жүйесінің көлденең өстерін (X және Y) кіріс айнымалылары ретінде, сондай-ақ координаттар жүйесінің тік өсін (Z) қорытынды айнымалы ретінде таңдауға болады.



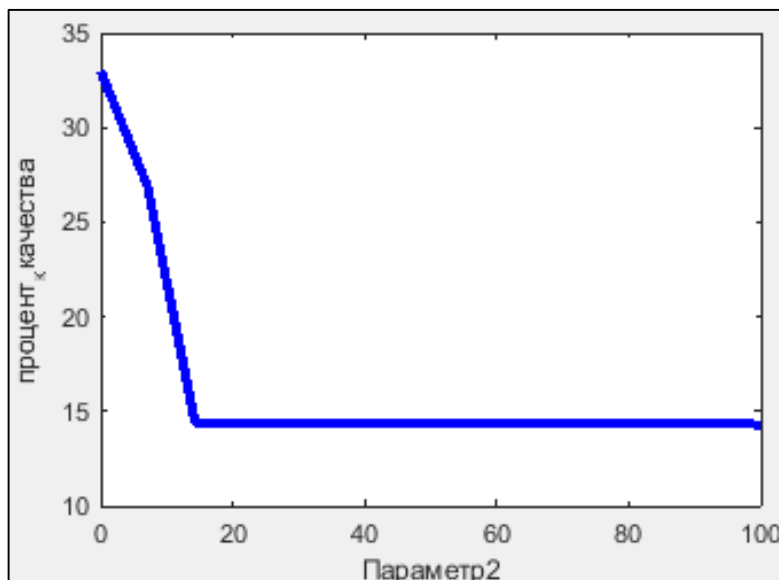
3-сурет. Нәтижелік қорытынды айнымалы мен бөлек кіріс айнымалысының аралығы

4-суретке сәйкес графикалық тәуелділік 1-ші параметрді көрсетеді, ол бірінші кіріс айнымалысының орташа мәніне сәйкес келеді – «Дауыстық байланыс орнатудың сәтсіз әрекеттерінің үлесі» 50% -да.



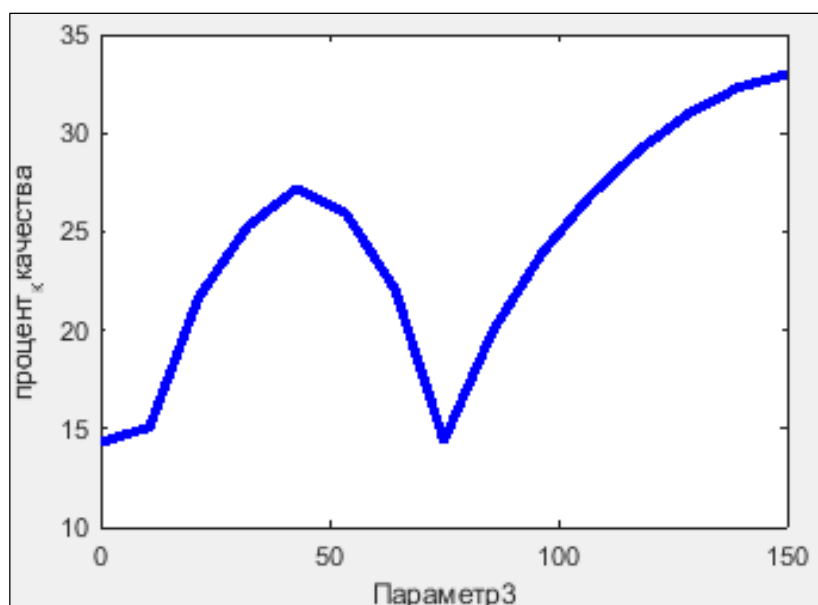
4-сурет. «Дауыстық байланыс орнатудың сәтсіз әрекеттерінің үлесі» айнымалысының тәуелділік графигі

5-суреттегі тәуелділік графигінде 2-ші параметр көрсетілген, ол бірінші кіріс айнымалысының «қанағаттанарлықсыз сөйлеу сапасының дауыстық байланысының үлесі» орташа мәніне 50%-ке сәйкес келеді. Бұл мәнді де өзгертуге болады, ол үшін Ref.Input енгізу өрісіне қажетті мәнді енгізу қажет. Бірінші кіріс айнымалысы үшін NaN мәні оның барлық [0, 100] анықталу аралығындағы өзгеруіне сәйкес келеді.



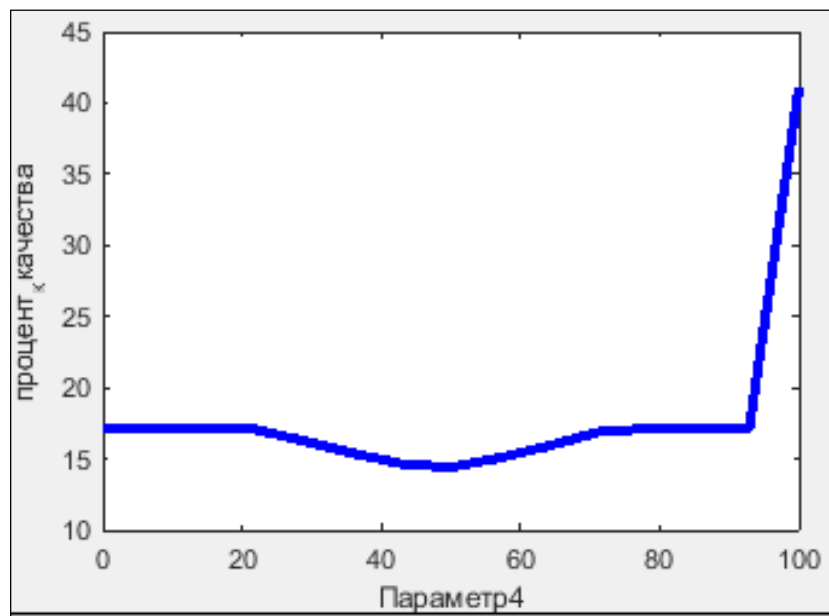
5-сурет. «Сөйлеу сапасының қанағаттанарлықсыз деңгейімен дауыстық байланыс пайызы»

6-суреттегі тәуелділік графикте 3-параметр көрсетілген, ол бірінші кіріс айнымалысының «деректерді таратудың орташа жылдамдығы» 75 бірліктің орташа мәніне сәйкес келеді. Бұл мәнді де өзгертуге болады, ол үшін Ref.Input енгізу өрісіне қажетті мәнді енгізу қажет. Бірінші кіріс айнымалысы үшін NaN мәні оның барлық [0, 150] анықталу аралығындағы өзгерісіне сәйкес келеді.



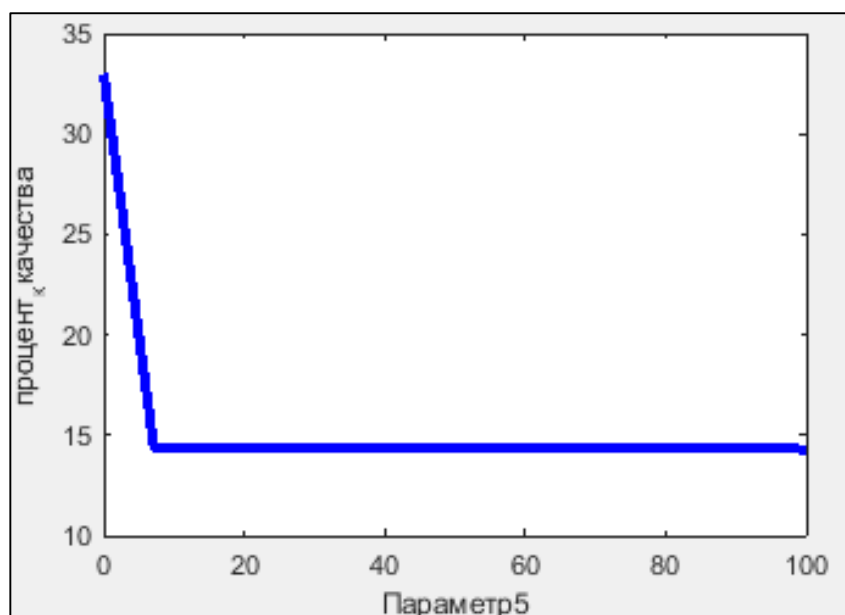
6-сурет. «Деректерді берудің орташа жылдамдығы»

7-суреттегі тәуелділік графигінде 4-ші параметр көрсетілген, ол бірінші кіріс айнымалысының «Сәтті FTP және HTTP сессияларының үлесі» орташа 50% мәніне сәйкес келеді. Бұл мәнді де өзгертуге болады, ол үшін Ref.Input енгізу өрісіне қажетті мәнді енгізу керек. Бірінші кіріс айнымалысы үшін NaN мәні оның барлық [0, 100] анықталу аралығындағы өзгерісіне сәйкес келеді.



7-сурет. «FTP және HTTP сәтті сессияларының пайызы»

8-суретте тәуелділік графигінің 5-ші параметрді көрсетілген, ол бірінші кіріс айнымалысының «нормаға сәйкес келмейтін желінің қамту аймағы» орташа мәніне 50% сәйкес келеді. Бұл мәнді де өзгертуге болады, ол үшін Ref.Input енгізу өрісіне қажетті мәнді енгізу қажет. Бірінші кіріс айнымалысы үшін NaN мәні оның барлық [0, 100] анықталу аралығындағы өзгеруіне сәйкес келеді.



8-сурет. «Стандартты емес қамту»

Осылайша, параметрлердің таңдалған аралықтарға тәуелділігінің графиктері қарастырылды.

Алынған нәтиже ғылыми-зерттеу жұмысының субъективті компоненті болып табылатынын ескерген жөн. Ол зерттеу уақыты мен аймағының нақты бір кезеңін ғана көрсетеді. Мақсатты компонент – бұл ұялы байланыс операторының жұмысының тиімділігін бағалау үшін әмбебап болып табылатын бағалау жүйесінің өзі. Құрылған айқын емес логикалық модель негізінде тек қарастырылып отырған Kcell операторын ғана емес, сонымен қатар басқа да ұялы байланыс операторларын бағалауға болатындығы айқын. Зерттеулер жүргізу үшін ұялы байланыс қызметтерінің сапасын бағалауға арналған арнайы құрылғылардан алынған мәліметтер жеткілікті.

Талқылау. Жұмыстың тәжірибелік маңыздылығы кез-келген ұялы байланыс операторының жұмысының сапасын бағалау үшін әзірленген модельді пайдалану мүмкіндігінде. Ұялы байланыс сапасын бағалаудың айқын емес моделі жалпыға қол жетімді деректердің көмегімен құрастырылды және сыналды. Жасалған модельмен кез-келген ұялы байланыс операторын бағалауға болады. Алынған мәліметтер ұялы байланыс операторының жұмысының сапасы туралы статистиканы құру, әр түрлі уақыт кезеңдерін салыстыру және ұялы байланыс сапасының көшбасшыларын анықтау үшін қолданылады.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] М. Март. Нечеткая грань, М.: Белония, **2015**. – С. 352.
- [2] М. Март. Нейронные сети. Statistica Neural Networks. Методология и технологии современного анализа данных, М.: Горячая линия – Телеком, **2014**. – С. 392.
- [3] В. Новак, И. Перфильева, И. Мочкорж. Математические принципы нечеткой логики: монография, Москва: **Наука**, **2015**. – С. 352.
- [4] В.В. Борисов, В.В. Круглов, А.С. Федулов. Нечеткие модели и сети, М.: Горячая линия – Телеком, 2017. – С. 283.
- [5] Ф.Ю. Урядников, С.С. Аджемов. Сверхширокополосная связь. Теория и применение. М.: СОЛОН-Пресс, 2015. – С. 368.
- [6] Л.А. Демидова, В.В. Кираковский, А.Н. Пылькин. Алгоритмы и системы нечеткого вывода при решении задач диагностики в среде Matlab, Москва: **Мир**, **2014**. – С. 368.
- [7] С.С. Жекеева, Л.В. Долматова, Е.В. Ушакова. Ұялы байланыс операторының қызмет көрсету сапасының тиімділігін бағалаудың айқын емес моделін құру. Вестник КазНУ. Алматы, 2020. – №6(142). – С. 242-248.
- [8] Гайдук А.Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в Matlab. 2-е изд., испр./ А.Р. Гайдук, В.Е. Беляев и др. - СПб.:Лань, 2018.
- [9] Chovancová A., Fico T., Chovanec L., Hubinský P. Mathematical modelling and parameter identification of quadrotor// Procedia Engineering, 2014. P.172 – 181

REFERENCES

- [1] M. Mart. Nechetkaja gran', M.: Belonija, 2015. – S. 352.
- [2] M. Mart. Nejronnye seti. Statistica Neural Networks. Metodologija i tehnologii sovremennogo analiza dannyh, M.: Gorjachaja linija – Telekom, 2014. – S. 392.
- [3] V. Novak, I. Perfil'eva, I. Mochkorzh. Matematicheskie principy nechetkoj logiki: monografija, Moskva: Nauka, 2015. – S. 352.
- [4] V.V. Borisov, V.V. Kruglov, A.S Fedulov. Nechetkie modeli i seti, M.: Gorjachaja linija – Telekom, 2017. – S. 283.
- [5] F.Ju. Urjadnikov, S.S. Adzhemov. Sverhshirokopolosnaja svjaz'. Teorija i primenenie. M.: SOLON-Press, 2015. – S. 368.
- [6] L.A. Demidova, V.V. Kirakovskij, A.N. Pyl'kin. Algoritmy i sistemy nechetkogo vyvoda pri reshenii zadach diagnostiki v srede Matlab, Moskva: Mir, 2014. – S. 368.
- [7] S.S. Zhekeeva, L.V. Dolmatova, E.V. Ushakova. Ұялы байланыс операторының қызмет көрсету сапасының тиімділігін бағалаудың айқын емес моделін құру. Vestnik KazNITU. Almaty, 2020. – №6(142). – С. 242-248.

[8] Gajduk A.R. Teorija avtomaticheskogo upravljenja v primerah i zadachah s reshenijami v Matlab. 2-e izd., ispr./ A.R. Gajduk, V.E. Beljaev i dr.- SPb.:Lan', 2018.

[9] Chovancová A., Fico T., Chovanec L., Hubinský P. Mathematical modelling and parameter identification of quadrotor// Procedia Engineering, 2014. P.172 – 181.

S.S. Zhekeeva*, L.V.Dolmatova, E.V. Ushakova

Manash Kozybayev North Kazakhstan university, Petropavlovsk, Kazakhstan

*e-mail: szhekeeva@mail.ru

BUILDING OF A FUZZY MODEL FOR EVALUATING THE WORK OF MOBILE OPERATOR'S IN MATLAB

Abstract. This article evaluates the quality of a mobile operator, the technical parameters of its mobile network, the parameters of voice mobile communication and the quality of the Internet connection. The indicators for assessing the effectiveness of cellular communications were studied and analyzed, the main indicators for analyzing and assessing the effectiveness of the operator's work were determined, and a fuzzy model was developed to assess the effectiveness of the quality of the cellular operator's work. The fuzzy assessment model was tested and the results were analyzed. Fuzzy set theory has been used to create a model that provides an overview of the performance of a mobile operator and its ability to compare with competitors. In the developed model, the assessment of the quality of communication is objective in relation to the time of obtaining the data for assessment. The advantages of the model lie in its versatility, minimal size, ease of use and speed of obtaining results.

Keywords: mobile operator, communication service quality, fuzzy set theory, fuzzy logic, fuzzy model.

С.С. Жекеева*, Л.В. Долматова, Е.В. Ушакова

Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева, Петропавловск, Казахстан

*e-mail: szhekeeva@mail.ru

ПОСТРОЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ РАБОТЫ СОТОВЫХ ОПЕРАТОРОВ В СРЕДЕ MATLAB

Аннотация. В данной статье оценивается качество работы мобильного оператора, технические параметры его мобильной сети, параметры голосовой мобильной связи и качество Интернет-соединения. Были изучены и проанализированы показатели оценки эффективности сотовой связи, определены основные показатели для анализа и оценки эффективности работы оператора связи и разработано нечеткая модель для оценки эффективности качества работы сотового оператора. Произведено апробация нечеткой модели оценки и полученные результаты проанализированы. Теория нечетких множеств была использована для создания модели, которая дает общее представление о производительности мобильного оператора и его способности сравнивать с конкурентами. В разработанной модели оценка качества связи является объективной относительно времени получения данных для оценки. Достоинства модели заключаются в ее универсальности, минимальном размере, простоте использования и скорости получения результата.

Ключевые слова: оператор сотовой связи, качества обслуживания связи, теория нечетких множеств, нечеткая логика, нечеткая модель.

Б.М. Уалиев, И.С. Джиембетова*, А.К. Кудабасева
 М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз, Қазақстан
 *e-mail: dis_indira@mail.ru

ДИЗАЙНДАҒЫ КӨРКЕМ-БЕЙНЕЛІК ҮЛГІЛЕУ ӘДІСІНІҢ ПРИНЦИПТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Мақалада композициялық пішін құру арқылы дизайн-жобалау нысандарының көркемдік бейнелі үлгілеу әдістері қарастырылады.

Композициялық пішін қалыптастыру арқылы дизайн-жобалау объектісін көркем-бейнелі үлгілеу дизайнның негізгі әдісі болып табылады. Ол нысанды пайдалану және қабылдау жағдайы мен ортасын, сондай-ақ нысанның функцияларын, конструкциялық және әрлеу материалдарын және бұйымды дайындау технологиясын ескере отырып, тұтынушылардың белгілі бір топтарының утилитарлық және эстетикалық сұраныстарын талдау нәтижелеріне негізделеді.

Көркем-бейнелі үлгілеу - көркем жобалау тілі, көркем бейнені жасау әдісі мен құралы, ақпараттық және эмоциялық жоспардың көп аспектілі коммуникативтік феномені.

Костюм дизайнындағы көркемдік бейне - белгілі бір ортадағы адам бейнесі мен костюмнің үйлесімді бірлігі.

Ассоциативті құрамдауыш, тұжырымдамалық құрамдауыш контекстінде, сондай-ақ сәнді үрдістерді құраушы көркемдік бейнені жасау үдерісіне жаңа көзқарас, үлгілеу әдісін құрылымдауға, бұйымдарды концептуалды-бейнелі шешудің әртүрлі маңызды нюанстарымен нәтижелі жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

Сонымен, көркем бейнені жасау процесіне жаңа көзқарас үлгілеу әдісін құрылымдауға, бұйымның концептуалды-бейнелі шешімін алуға нәтижелі жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

Негізгі сөздер: дизайн, дизайн нысаны, пішінқұру, көркемдік үлгілеу, композиция, көркем стиль, жобалау үдерісі.

Кіріспе. Кәсіби жобалық дизайн-қызметі белгілі бір білім қорының болуын білдіреді, себебі, нақтылықты, идеалды үлгілерді ішінара ғана көрсететін, ал негізінен - адамның құндылықтары, мақсаттары, субъективті әлемді ойлап табу қабілетіне негізделген.

Қазіргі заманғы ғылым қоршаған әлемді тұтас қабылдау қажеттілігін енді түсініп келеді, ал мәдениет бұрыннан осындай көзқарастың «эксперименті» болып табылады. «Дизайн әлемнің тар мамандануы үдерістерімен бұзылатын тұтастығын қалпына келтіруге арналған, яғни мәдениеттің тұтастығын және оның құрылымдық толықтығын имманентті (ішкі-тән) идеал ретінде түсінеді» [1-3]. Мәдениеттің органикалық тұтастығы туралы және оның біртұтас бірлігін жүйелі талдау жолымен тану мүмкін.

Адамдардың қарым-қатынасына әлеуметтік-мәдени негізделген (белгілі бір дәрежеде) адамдардың тіршілігінің кез келген саласында кез келген техникалық өнеркәсіптік бұйым (жиынтық, ансамбль, кешен, костюм) дизайн объектісі болып саналады.

Зерттеу әдістері. Композициялық пішін қалыптастыру арқылы дизайн-жобалау объектісін көркем-бейнелі үлгілеу дизайнның негізгі әдісі болып табылады. Ол нысанды пайдалану және қабылдау жағдайы мен ортасын, сондай-ақ нысанның функцияларын, конструкциялық және әрлеу материалдарын және бұйымды дайындау технологиясын ескере отырып, тұтынушылардың белгілі бір топтарының утилитарлық және эстетикалық сұраныстарын талдау нәтижелеріне негізделеді. Дизайнның негізгі жұмыс санатына мыналар жатады: сурет, функция, морфология, технологиялық пішін, эстетикалық құндылық.

«Үлгілеу» терминінің ұзақ даму тарихы бар, нақтылықты шығармашылық субъективті көрсету үдерісін білдіреді және дизайн феноменінің, синтетикалық қызметтің генетикалық мәнін білдіреді, онда «композиция мазмұнды бейнені, қабылдау бағытын үлгілейді» [4].

Бұл кәсібилік дәрежесіне қарамастан, барлық дизайнерлік шығармашылықты біріктіретін көркем-бейнелі үлгілеу әдісінің басты мақсаты болып табылады.

Бірақ дизайн теориясында «үлгілеу», «жобалау» немесе «қалыптастыру» терминдерімен жиі алмастырылады. Оны әдетте техникалық қолөнермен, ал соңғы екеуі - шығармашылықпен байланыстырады деп болжауға болады. Бұл факт үлгілеудің гносеологиялық мүмкіндіктерін және оның тіркелуін азайтады.

Субъективті бастауда негізделген, дизайнның генетикалық тұтастығы адам мәдениетінің барлық дамуы барысында қалыптасты және оның заңдылықтары мәдениет тарихында анықталуы мүмкін. Дизайнның орталық буыны шығармашылық үрдістің әдістемесі деп танылады, белгілі бір мағынада шығармашылық үрдісті жеңілдетеді, - қарапайым күрделіні түсінуге мүмкіндік береді.

Көркем-бейнелі үлгілеу әдісін меңгеру дизайнерге мәселенің шектерін білдіретін бастапқы үлгі-идеяны табуға және оның ықтимал шешімінің табиғаты туралы болжам жасауға мүмкіндік береді, көркем-мәнерлі құралдарды шебер игеруді және авторлық дизайнерді, креативті көркем бейнелерді жасау үшін композиция заңдарын пайдалануды білдіреді.

Көзқарастың тұтастығы - үлгілеудің негізгі ұстанымы, дизайнның мәні, «оның көркем үлгісі». Тұтастықты біз дизайн-білім, кәсіби білім жүйесінің іргетасынан күтеміз.

Үлгілеу - қоршаған ортаның мінсіз көрінісі, оның үрдісі мен нәтижесін: қабылдау - түсіну - ойлау триадасымен көрсетуге болады. Үлгілеу әдістемеуымы осындай триада, құрылымдардың қарапайымы болып табылады. Оны түсіндіру және зерттеу әдісі осы жүйені қарастыру тәсіліне байланысты. Тұтастықты жоғалтпау үшін құрылымның әрбір элементінің мәнін түсіндіру, оның тұтас үшін маңыздылығын анықтау, байланысты орнату қажет, бұл әдістің өзінің және оны білдіретін ұғымның кәсіптегі мақсатын ашатын эмердженттік қасиеттерді қалыптастыруға мүмкіндік береді [5-8].

Көркем-бейнелі үлгілеу-көркем жобалау тілі, көркем бейнені жасау әдісі мен құралы, ақпараттық және эмоциялық жоспардың көп аспектілі коммуникативтік феномены, оның тұтастығын ұйымдастыру, ол теориялық және эмпирикалық таным арасындағы буынды байланыстырушы білімді сақтауға арналған үлгі - құрылым болып табылады.

Оқуға іс-әрекет тәсілін жақтаушылар кез келген ақыл-ой әрекеттерін қалыптастыру үрдісі белгілермен, модельдермен, суреттермен жасалатын операциялардан басталатынына сенімді. Объективті білім мен ғылыми ұғымдар таным объектісін оймен трансформациялау, бұрыннан бар білім арасында жаңа байланыстар орнату негізінде құрылады.

Дизайнерлік үлгілеу - мағынаны қалыптастыру, білімді тереңдету, неғұрлым мазмұнды үлгілерге қозғалу құралы мен үрдісі болып табылады. Үлгіні талдау және синтездеу - көркем үлгілері жобалық ойлаудың логикалық базисі болып табылатын нысанды қабылдаудың, эмоционалдық түсінудің, мағынаны субъективизациялаудың психологиялық үлгілеу, эстетикалық шығармашылық тақырыбына жобалау объектісін айналдыратын жобалау әдістемесінің негізі болып табылады. Көркем-бейнелі үлгілеу, ең алдымен, шығармашылық нәтиженің эмоциялық, интуитивті және тұтас көрінісіне негізделеді.

Өмір кеңістігін қазіргі заманғы визуализациялау жағдайында дизайнға тікелей қатысты барлық заттар мен бұйымдар адамаралық қарым-қатынас процесінде маңызды орын алады. Сондықтан оларға интерактивті жүйенің элементі ретінде көзқарас неғұрлым өзекті болып табылады. Пән ортасының дизайнында оның ерекшелігіне байланысты коммуникацияның негізі концептуалды-бейнелі шешім болып табылады.

Бүгінгі таңда жасанды жасалған құндылықтар мен белгілі бір сыртқы түрге қойылатын қатаң талаптары бар әлеуметтік нақтылықта бұйымның бейнелі шешімінің ақпараттылығының мәні артады. Өмірдің қарқынды ырғағы әлеуметтік және мәртебелік санаттардың тұтас спектрін көрсететін визуалды бейнелер арқылы адамның даралығын жеткізу қажеттілігін білдіреді. Бұл үрдіс шектеулі уақытша-кеңістік аралығында әлеуметтік функциялардың белгілі бір санын орындауы тиіс «ішінара жеке тұлғаға тапсырысты» анықтайды.

Концептуалды-бейнелік шешім - бұл күрделі коммуникативтік механизм, көп деңгейлі визуалды-мағыналық құрылым, мұнда бейнелі шешімнің ақпараттылық сипаты жобалау тұжырымдамасының негізінде біріктірілген, жобалау үрдісіне жаңа тәсілдерді әзірлеуді талап ететін түрлі ассоциативті көздердің бірқатарымен анықталады [9-11].

Бұйым дизайнының өнімдерін талдау, әдетте, бейнелі шешімнің визуалды сипаттамасына тән: колористикалық, конструктивтік шешім, декорация, эстетикалық, композициялық-стильдік өлшемдерге ие. Талдау құралы ретінде модельдеудің көркемдік-бейнелі әдісінің ұстанымдарын пайдалану кезінде жобалық тұжырымдама, бейнелі шешімнің ақпараттылық сипаты, дайын бұйымдағы бейнелі шешімді материалдандыру құралдарымен ассоциативтілік қағидаттарының өзара байланысы, жобаның өзектілігі және көрерменнің бейнелі шешімді қабылдау сипаты сияқты көрсеткіштер бірінші жоспарға шығады.



1-сурет. Үлгілеудің көркемдік-бейнелеу әдісінің көрсеткіштері

Мұндай түрдегі жүйелік, кешенді талдау жүргізу мүмкіндігі заманауи сәнді бейнелердің даму динамикасын және оларды жобалау әдістерін зерттеу үшін маңызды болып табылады. Концептуалды-бейнелі шешім принциптеріне негізделі отырып, жылдам, қысқа бағытталған және толық, кешенді талдау жасауға болады. Мысалы, талдау пәні ретінде жобалық бейненің тек бір құраушысын бөліп көрсету: сәнді үрдістерді құрайтын, концептуалды немесе ассоциативті, - немесе олардың өзара байланысын зерттеу. Сондай-ақ, қандай да бір қызығушылықты туындататын бір немесе барлық спектрлерді қолдана отырып, бұйымның бейнелі шешімін жасау үрдісінде қолданылған шығармашылық және технологиялық тәсілдерге талдау жасауға болады.

Үлгілеудің көркемдік-бейнелеу әдісінің көрсеткіштері 1-суретте көрсетілген. Бұл көрсеткіштер үлгілеудің көркемдік-бейнелі әдісін қолдану кезінде дизайн нысандарын бірыңғай және тұтас шешуге ықпал етеді.

Тұжырымдамалық-бейнелі шешім жасауға қажетті шығармашылық үдерістің «технологиялары» әлі күнге дейін аз әзірленген. Қазіргі заманғы бұйымдардың тұжырымдамалық-бейнелік шешімінің құрылымы мен негізгі функцияларының күрделілігін түсінбеу дизайнерді жалғыз қол жетімді шығармашылық құралды - интуицияны қолдануға мәжбүр етеді. Бұйым заттарының бейнелік шешімін жасау үшін шабыт жеткілікті деген пікір қалыптасқан, сондықтан тұжырымдамалық-бейнелік іздеу кезеңіндегі жүйелі-аналитикалық жұмыс «интуитивтік тәсілмен» жиі ауыстырылады.

Жеңіл өнеркәсіп бұйымдарының дизайн нысандарын жасау процесі 2-суретте көрсетілген.



2-сурет. Жеңіл өнеркәсіп бұйымдарының дизайн нысандарын жасау үдерістері

Бұйымдарды жобалаудың дәстүрлі әдістері белгіленген мәселелердің барлық кешенін шешпейді, ал дизайнның басқа салаларында табысты қолданылатын көркем жобалаудың қазіргі заманғы әдістері оның ерекшелігіне байланысты бұйымдардың қандай да бір санаттарын жасау саласына автоматты түрде көшіріле алмайды. Зерттеудің өзектілігі замануи талаптарға жауап беретін тұжырымдамалық-бейнелік шешімнің ақпараттылығын құру

мәселелерін кешенді шешуге мүмкіндік беретін жобалау әдісін ғылыми әзірлеу және ұғыну қажеттілігімен негізделген.

Зерттеу нәтижесі. Үлгілеудің көркемдік-бейнелі әдісі дизайнның барлық түрлеріне тән. Мысалы, костюм дизайнында, әсіресе, бұл жоғары сән деп аталатын жүйеде заттарды шығаруда көрінеді. Костюмде, басқа дизайн нысаны сияқты, тұрмыстық заттар мен мәдени дәстүрді тасымалдаушының ерекшеліктері қосылған. Бұл бірлікте екі тарап тепе-тең негізде әрекет етпейді. Костюмнің мақсатына байланысты оның көркемдігі немесе утилитарлығы басым болуы мүмкін. Тұрмыстық киімге қарағанда эстетикалық тұжырымдаманың мәнері болып табылатын жоғары сән коллекцияларының костюмдерінде бейнелі мәнерліліктің мәні күшейе түседі [1,16-20].

Костюм дизайнындағы көркемдік бейне - белгілі бір ортадағы адам бейнесі мен костюмнің үйлесімді бірлігі. Ол екі жолмен жасалады:

- пішіннің, фактураның және түстің сипатында белгілі бір тақырыппен шектелген бейнелі идеяның көрінісі арқылы;
- адам мен костюмнің тұтас көркемдік бейнесін құру арқылы.

Костюм дизайнерінің әрекеті жаңа идеялар мен бірегей шешімдерді жүзеге асыруға бағытталған. Әр түрлі стильдерді араластыру, керемет аксессуарлармен толықтыру, бір қарағанда, үйлеспейтін заттарды үйлестіру арқылы костюмдегі ең жоғары бейнеге жетеді. Мұндай тәсіл арқылы бейнелік шешім нұсқаларының шексіз санын жасауға болады.

Бұл үдерісте костюмнің негізгі функцияларын анықтауға бағытталған эстетикалық талаптар туралы да есте сақтау қажет. Мұндай функциялардың бірі болып пішіннің ақпараттылығын атауға болады. Бұйымның пішіні оның функционалдығына жауап береді. Костюм дизайнындағы пішіннің конструктивтілігі мен функционалдығы техникалық эстетиканы зерттеу объектісі болып табылады, ол затты пайдалану, оны кәдеге жарату және өндіру жайлылығы контекстінде пішіннің көркемдік мәнерлігін қарастырады.

Үлгілеудің көркемдік-бейнелі әдісі көпфункционалды жобалау құралы, әмбебап өлшемдеріне сәйкес келетін бірқатар инновациялық қасиеттерге ие, кеңінен қолдану мүмкіндігі бар кешенді жобалау жүйесі болып табылады. Бұл қазіргі заманғы жобалау құралдарын дамыту үшін маңызды нәтиже болып есептеледі.

Әдістің жобалық принциптерін пайдалана отырып, дизайнерлер жеке немесе командада жұмыс істей отырып, әр түрлі адресация, тағайындау және өндіріс тәсілдерінің жобаларын әзірлеуге мүмкіндіктері бар.

Көркемдік-бейнелі үлгілеу принциптерін қолданудың тиімділігі қазіргі заманғы әлеуметтік-мәдени шындыққа сәйкес келетін бұйымдардың концептуалды-бейнелі шешімін жасау үшін кең мүмкіндіктер ашады. Ассоциативтілік механизмдеріне негізделген жобалық әдістерді қолдану саласындағы зерттеулер заманауи дизайндағы перспективалық бағыт болып табылады.

Ассоциативті құрамдауыш, тұжырымдамалық құрамдауыш контекстінде, сондай-ақ сәнді үрдістерді құраушы көркемдік бейнені жасау үдерісіне жаңа көзқарас, үлгілеу әдісін құрылымдауға, бұйымдарды концептуалды-бейнелі шешудің әртүрлі маңызды нюанстарымен нәтижелі жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

Көркем-бейнелі үлгілеу әдісі аясында шығармашылық үдеріске жеке-тұлғалық көзқарасты қолдану саласындағы әзірлемелер заманауи дизайндағы перспективалық бағыт болып табылады және дизайнердің алдында шығармашылық үшін маңызды перспективаларды ашады [1,16-18]. Шығармашылық ізденістердің психологиялық қолайлы және нәтижелі стратегиясын таңдау мүмкіндігі, костюм дизайнерінің жеке-жеке қасиеттеріне бейімделу мүмкіндігі шығармашылық алдындағы кедергілерді жоюға, шығармашылық ізденістер процесін оңтайландыруға және дизайнердің шығармашылық әлеуетін толық көлемде ашу үшін жағдай жасауға мүмкіндік береді.

Сонымен, көркем бейнені жасау процесіне жаңа көзқарас үлгілеу әдісін құрылымдауға, бұйымның концептуалды-бейнелі шешімін алуға нәтижелі жұмыс істеуге мүмкіндік береді, 3-суретте көрсетілген.



3-сурет. Көркем бейнені жасау процесіне жаңа көзқарас

Барлық аталғандардан дизайнда дәстүрлі қолданылатын көркем-бейнелі үлгілеу әдісі принципті ерекшеленеді. «Имидждер» және «әлеуметтік рөлдер» туралы, дизайн-жоба арналуының типологиялары туралы мән-жайлардың алуан түрлілігі туралы пайымдай отырып, біз бұл мәселені қозғамай алмадық. Бірақ, енді арнау нысанды қабылдау ерекшелігінен осы нысанды тудыратын дизайнердің ойлау ерекшелігіне назар аударамыз.

Дизайнерлік әзірлеудің белгілі бір кезеңінде, әрине, болашақ нысандарын материалдық немесе виртуалды үлгілері жасалады, бірақ бұл дизайн-үдерісті кез келген өзге де заттарды жобалаумен - инженерлік, конструкторлық жобалаумен және сәулетпен біріктіреді. Бірақ шынайылықты көркем-бейнелі үлгілеу дизайны, сондай-ақ «жоғары» өнердің кез келген түрінде: сыршырай, әдебиетте, театр немесе кино өнерінде шығармашылықпен байланысты болады.

Дизайн нысандардың пәндік шығармашылығы ретінде адамдардың өмір салты мен стилін анықтайды (бір уақытта анықтау және беру). Әмбебап шығармашылық ойлаумен бейнені іздеудің кәсіби әдістемесі саласындағы байланыс ғана көрінеді [1,18-20].

Қорытынды. Дизайнды көркемдік-бейнелі үлгілеу шеберханаларда емес, компьютерде емес, жаңа ойлаудың күш-қуатын алдын ала болжау интуициясымен және байқалғанды бейнелеуге және жүйелеуге қабілеттілігімен ұштастыратын дизайнердің санасында - оның қиялында пайда болады. Кәсіби ойлау тәсілі бойынша дизайнер, әрине, еркін ойлы суретшіге, яғни шығармашылық тұлғаға жақын, бірақ шынайы дизайн мәселелерімен айналысатын дизайнер, стайлингпен немесе функционалдық дизайнмен айналысатын дизайнермен ортақ

тілді таба алмайды. Кез келген өнеркәсіптік бұйымды өндіру үшін шығармашылық қабілеттер конструкторға да, инженерге де, технологқа да, өз еңбегімен эстетикалық және утилитарлық қасиеттері жоғары қандай да бір материалдық объекті жасайтын басқа да мамандарға да қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Уалиев Б.М., Формообразование казахского костюма в системе художественного проектирования. Монография «Тараз университеті» баспасы, Тараз – 2013.
- [2] Кузвесова Н. Л. История дизайна: от викторианского стиля до ар-деко: учеб. пособие для СПО / Н. Л. Кузвесова. - 2-е изд., испр. и доп. -М. : Издательство Юрайт, 2019. - 202 с.
- [3] URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/03/32852> (дата обращения: 22.12.2020).
- [4] Кудабоева А.К., Алибаева А. Художественно-композиционное решение костюма для волонтеров выставки «ЕХРО - 2017» // Сборник материалов международной научно-практической конференции КазГАСА декабрь, 15.12.2016 г. 148-151с.
- [5] Лакшми Бхаскаран. Дизайн и время. Стили и направления в современном искусстве и архитектуре. – М.: Изд-во «АРТРОДНИК», 2016.
- [6] Розенсон И. Основы теории дизайна. Стандарт третьего поколения. Учебник для ВУЗов. Издатель Питер, 2016.
- [7] Боун Э. Дизайнер интерьера. - М.: Махаон, 2018. - 288 с.
- [8] Берман Д. DoGoodDesign: как дизайнеры могут изменить мир. - М.: Символ, 2015. - 200 с.
- [9] Дандо Паскаль. Стань модельером! Дизайнерская одежда / Паскаль Дандо. - М.: АСТ, 2018. - 640 с.
- [10] Маилан Л.Р. Справочник современного дизайнера. - Рн/Д: Феникс, 2016. - 256 с.
- [11] Мортон К. Сделай жизнь прекрасной. Потрясающие идеи для творчества от культовых дизайнеров мира моды. - М.: Одри, 2016. - 240 с.
- [12] Алексеев А. Г. - Дизайн-проектирование 2-е изд. Учебное пособие для СПО - М.: Издательство Юрайт - 2019 - 90с. - ISBN: 978-5-534-11134-7 - Текст электронный // ЭБС ЮРАЙТ - URL: <https://urait.ru/book/dizayn-proektirovanie-444529>
- [13] Браславец Л.А., Вершинин В.А., Колесникова В.В. - Техника и технология медиадизайна. Книга 2. Электронные СМИ - Издательство «Аспект Пресс» -2018. -176с.-ISBN: 978-5-534-11134-7 - Текст электронный // ЭБС ЛАНЬ - URL: <https://e.lanbook.com/book/115637>.
- [14] Лидтка Ж., Огилви Т. - Думай как дизайнер. Дизайн-мышление для менеджеров - Издательство «Манн, Иванов и Фербер» - 2015 - 240с. - ISBN: 978-5-00057-314-3 - Текст электронный // ЭБС ЛАНЬ - URL: <https://e.lanbook.com/book/62172>
- [15] Жданов, Н. В. Промышленный дизайн: бионика : учеб. пособие для вузов / Н. В. Жданов, В. В. Павлюк, А. В. Сковцов. - 2-е изд., испр. и доп. -М. :Издательство Юрайт, 2018. - 121 с.
- [16] A framework for incorporating virtual fitting into the costume design and production process/ Porterfield A., Lamar T.A.M., International Journal of Fashion Design, Technology and Education, 2021
- [17] The study of epatage image characteristics in the system of imagedesign of costume/ Korobtseva N.A., Ostrovsky Y.U.K., Shimokhina E.S./ Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, 2021
- [18] Analysis of the smart clothing technologies in dance costume designing
- [19] Poluchovich I.a,Zakharkevich O.a,Kuleshova S.a,Koshevko J.a,Shvets G.a,Shvets A.b. / IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021
- [20] Garment Textile Correction System Based on Artificial Intelligence under Computer Parameter Optimization Design/ Yan L.,Zhang Q.,Liu W./ Journal of Physics: Conference Series, 2021
- [21] Optimization design of electrode plate based on electrostatic adsorption and transfer used for garment fabric/ Liu L.a, b,Li X.a, b,Liu H.a, b,Li D.a, b/ Fangzhi Xuebao/Journal of Textile Research, 2021
- [22] Probabilistic Color Modelling of Clothing Items/ Al-Rawi M.,Beel J./ Lecture Notes in Electrical Engineering, 2021

[23] [Progress in garment ease design and its modeling methods] [服装松量设计及表征模型构建研究进展] Zhang Y.a, b, Li T.a, Lu Y.a, Du L.a, c, Zou F.a, c/ Fangzhi Xuebao/Journal of Textile Research, 2021

Б.М. Уалиев, И.С. Джиembетова *, А.К. Кудабаяева
Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан
*e-mail: dis_indira@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ХУДОЖЕСТВЕННО-ОБРАЗНОГО МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ В ДИЗАЙНЕ

Аннотация. В статье рассматриваются методы художественно-образного моделирования объектов дизайн-проектирования путем создания композиционной формы.

Художественно-образное моделирование объекта дизайн-проектирования с формированием композиционной формы является основным методом проектирования. Она основывается на результатах анализа утилитарных и эстетических запросов определенных групп потребителей с учетом условий и среды эксплуатации и приемки объекта, а также функций объекта, конструктивных и отделочных материалов и технологии изготовления изделия.

Художественно-образное моделирование-язык художественного проектирования, метод и средство создания художественного образа, многоаспектный коммуникативный феномен информационно-эмоционального плана.

Художественный образ в дизайне костюма-гармоничное единство образа человека и костюма в определенной среде.

Новый подход к процессу создания художественного образа в контексте ассоциативной составляющей, концептуальной составляющей, а также модных тенденций, позволяет структурировать метод моделирования, продуктивно работать с различными важными нюансами концептуально-образного решения изделий.

Таким образом, новый подход к процессу создания художественного образа позволяет структурировать метод моделирования, продуктивно работать над получением концептуально-образного решения изделия.

Ключевые слова: дизайн, объекты дизайна, формообразование, художественное моделирование, композиция, стиль, процесс проектирования.

B.M. Ualiyev, I.S. Jiyembetova*, A.K. Kudabayeva
M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan
*e-mail: dis_indira@mail.ru

THE STUDY OF THE PRINCIPLES OF THE ART-SHAPED METHOD OF MODELING IN DESIGN

Abstract. The article discusses the methods of artistic and figurative modeling of design design objects by creating a compositional form.

Artistic and figurative modeling of the design design object with the formation of a compositional form is the main design method. It is based on the results of the analysis of utilitarian and aesthetic requests of certain groups of consumers, taking into account the conditions and environment of operation and acceptance of the object, as well as the functions of the object, structural and finishing materials and manufacturing technology of the product.

Artistic and figurative modeling is the language of artistic design, a method and means of creating an artistic image, a multidimensional communicative phenomenon of information and emotional plan.

An artistic image in costume design is a harmonious unity of the image of a person and a costume in a certain environment.

A new approach to the process of creating an artistic image in the context of the associative component, the conceptual component, as well as fashion trends, allows you to structure the modeling method, work productively with various important nuances of the conceptual and figurative solution of products.

Thus, a new approach to the process of creating an artistic image allows you to structure the modeling method, work productively to obtain a conceptual and figurative solution of the product.

Key words: design, design objects, shaping, artistic modeling, composition, style, design process.

ПРИЗМАЛЫҚ ПІШІНДІ КЕСКІШТЕРДІ ЕСЕПТЕУ**А.Ж. Касенов*, А.В. Маздубай, К.К. Абишев, Р.Б. Муканов, А.Ж. Таскарина**

Торайғыров университеті, Павлодар, Қазақстан

*e-mail: asylbek_kasenov@mail.ru

Андатпа. Призмалық пішінді кескіштерді базалық сызықпен есептеу әдісі ұсынылады. Қолданыстағы дизайн әдістемесінен айырмашылығы, бөліктің пішінді профиліне байланысты, бұл әдіс графикалық есептеуді жүйелейді және бірыңғай тәсілді қолдануға және есептеуді оңай автоматтандыруға мүмкіндік береді. Есептеудің жаңа әдісін әзірлеудің мақсаты призмалық пішінді кескіштерді базалық сызықпен есептеу уақытын автоматтандыру және азайту мүмкіндігі. Базалық сызығы бар пішінді кескіштерді графикалық және түзету аналитикалық есептеу әдісі жасалды. Призмалық пішінді кескішті графикалық профильдеу он екі кезеңнен тұрады. Призмалық пішінді кескішті түзету аналитикалық профилі бес кадамды қамтиды. Базалық сызығы бар пішінді кескіштерді есептеудің ұсынылған әдісінің ерекшелігі есептеулердің жүйелілігі және автоматтандыру мүмкіндігі. Графикалық профильдеу қарапайым, көрнекі және оңай сіңіріледі.

Негізгі сөздер: призмалық пішінді кескіш, графикалық профильдеу, аналитикалық профильдеу, проекциялар, түйін нүктелері, есептеу алгоритмі.

Кіріспе. Призмалық пішінді кескіштерді есептеудің қолданыстағы әдістері [1] әмбебаптығымен ерекшеленбейді және әр кескіш пішін үшін бөлек есептеу схемасы қажет.

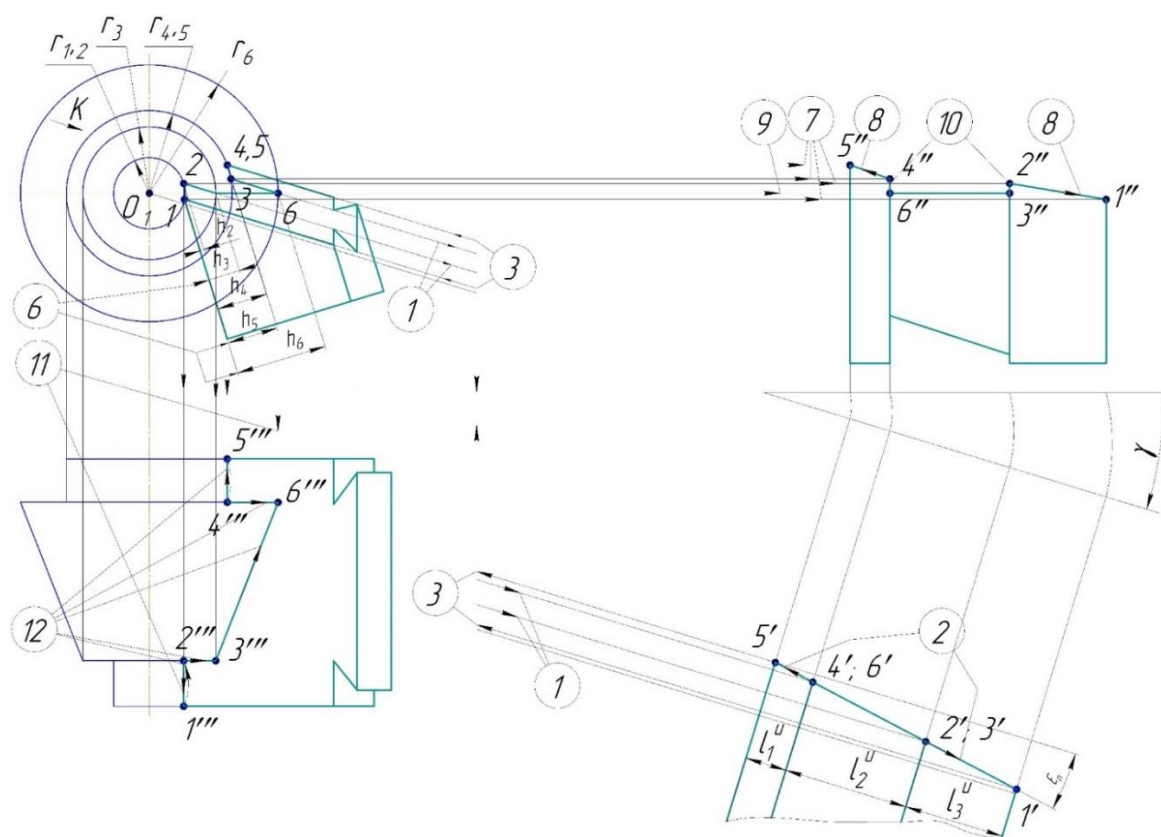
Есептеудің жаңа әдісін әзірлеудің мақсаты: призмалық пішінді кескіштерді базалық сызықпен есептеуді автоматтандыру және уақытын қысқарту мүмкіндігі.

Есептеудің жаңа әдісін әзірлеу міндеттері: базалық сызығы бар призмалық фасонды кескішті графикалық және аналитикалық есептеу әдістемесін әзірлеу, әдістемені аспаптық өндіріс практикасында тарату үшін іс жүзінде қолдану және мақалалар жариялау.

Бөлшектердің күрделі профильдерін өңдеуге арналған сандық басқаруы бар білдектерінің кең қолданылуына қарамастан, пішінді кескіштерді практикалық қолдану айтарлықтай кең таралған, сондықтан бөлшектерді дәлірек өңдеу үшін пішінді кескіштерді базалық сызықпен аналитикалық және графикалық профильдеудің жаңа әдісі орынды және әрі қарай қолдануды табады.

Кескіш құрал-саймандар әдебиетінде базалық сызығы бар пішінді кескіштерді графикалық кескіндеу жоқ және атап айтқанда, пішінді кескіштер бойынша [1-3]. Әдебиетте көлденең жазықтықтағы түйін нүктелері арасындағы проекциялар арқылы пішінді кескіштің түйіндік нүктелерінің радиусын анықтауға негізделген пішінді кескіштің профилін түзету есебі келтірілген [4-7]. Сонымен қатар, жобалық схема бірыңғай емес, бөліктің әр профилі үшін жеке, бұл бірыңғай есептеу алгоритмін құруға және есептеуді автоматтандыруға мүмкіндік бермейді. Базалық сызығы бар пішінді кескіштерді графикалық және түзету аналитикалық есептеу әдісі жасалды. Базалық сызығы бар пішінді кескіштерді есептеудің ұсынылған әдісінің ерекшелігі – есептеулердің жүйелілігі және автоматтандыру мүмкіндігі [8-11]. Графикалық профильдеу қарапайым, көрнекі және оңай сіңіріледі.

Зерттеу әдістері. Призмалық пішінді кескіштің аналитикалық профилі (Профильді корреляциялық есептеу) әмбебап есептеу схемасына негізделген және есептеуді оңай автоматтандыруға болады. Жаңа графикалық профильдеу әдісін қолданған кезде жұмыс жағдайында призмалық пішінді кескіштің үш проекциясы және γ (алдыңғы бұрыш) бұрышымен дайындаманың осіне перпендикуляр жазықтықтағы көлденең жазықтыққа, алдыңғы бет бойымен бағытталған К көрсеткі бойынша бір түрі қарастырылады (сурет 1).



1-сурет. Жаңа авторлық тәсілмен базалық сызығы бар призмалық пішінді кескішті графикалық кескіндеу

Нәтижелер және талқылау. Графикалық профильдеу үшін алдымен профильдеу схемасының алдыңғы проекциясына негізгі сызық салу керек (сурет 1, 3-6 сызығы бөліктің конусының құраушысына сәйкес келетін бөліктің осі арқылы өтетін көлденең жазықтықта жатыр). Осыдан кейін пішінді кескішті графикалық профильдеу басталады.

Бірінші қадам. К түріндегі негізгі сызықты шектейтін 3' және 6' нүктелері табылады. Ол үшін 3 және 6 нүктелерден γ бұрышпен (К бағыттама бойынша) фронтальдык проекцияда шеңберде 1 цифрларымен белгіленген бағыттама бар сызықтар шеңберде 1 цифрларымен белгіленген бағыттама бар сызықтар 1 бағыттама бар сызықтармен бөлшек сатыларының шекараларымен қиылысқан кезде К түрінде 3' және 6' нүктелерді алғанға дейін жүргізіледі.

Екінші қадам. 3'-6' кесіндісі 1' және 5' пішінді кескіштің жүзінің шеткі нүктелерін алғанға дейін екі жаққа (К түрінде оңға және солға) жалғасады. Алынған кесінді 1'-1' (түзу сызық) – алдыңғы бетіне перпендикуляр жазықтықта кескіштің алдыңғы бетінің ізімен сәйкес келетін К түріндегі пішінді кескіштің күрделі пышағының проекциясы. 1', 2', 3', 4', 5', 6' нүктелері – пішінді кескіштің профиль сатыларының тиісті шекараларының алдыңғы бетін кесіп өту кезінде алынған нүктелер. Бұл К түріндегі түйін нүктелері. Графикалық профильдеудің екінші қадамының сызықтары К түрінде шеңбердегі 2 сандары бар көрсеткілермен белгіленеді. 3' және 6' нүктелерінің орналасуын $\varepsilon_{пр}$ бұрышы анықтайды – алдыңғы беттің негізгі сызығы бар пішінді кескіштің осі бойымен көлбеу бұрышы. Бұл $\varepsilon_{п} = \varepsilon_{пр}$ бұрышы графикалық түрде анықталған және кескіштің профилін түзету есебі кезінде аналитикалық түрде нақтыланады.

Үшінші қадам. 1' және 5' нүктелерінен 1-көрсеткілері бар сызықтарға параллель сызықтар кері бағытта, тиісті тораптық нүктелер арқылы жүргізілген шеңберлермен қиылысқанға дейін, профильдеу схемасының фронтальды проекциясында 1 және 5-нүктелерді

алғанға дейін жүргізіледі. Үшінші қадам шеңбердегі 3 нөмірі бар сызықтар мен көрсеткілермен белгіленеді.

Төртінші қадам. Фронтальды проекцияда 3 және 6 нүктелер арқылы 1 және 3 (γ бұрышпен) $r_{1,2}$ және $r_{4,5}$ радиустары шеңберлермен қиылысқанға дейін нөмірлерімен белгіленген сызықтарға параллель сызықтар 2 және 4 нүктелер алынғанға дейін жүргізіледі. Бұл екі жол мен көрсеткілер шеңбердегі 4 сандарымен көрсетілген.

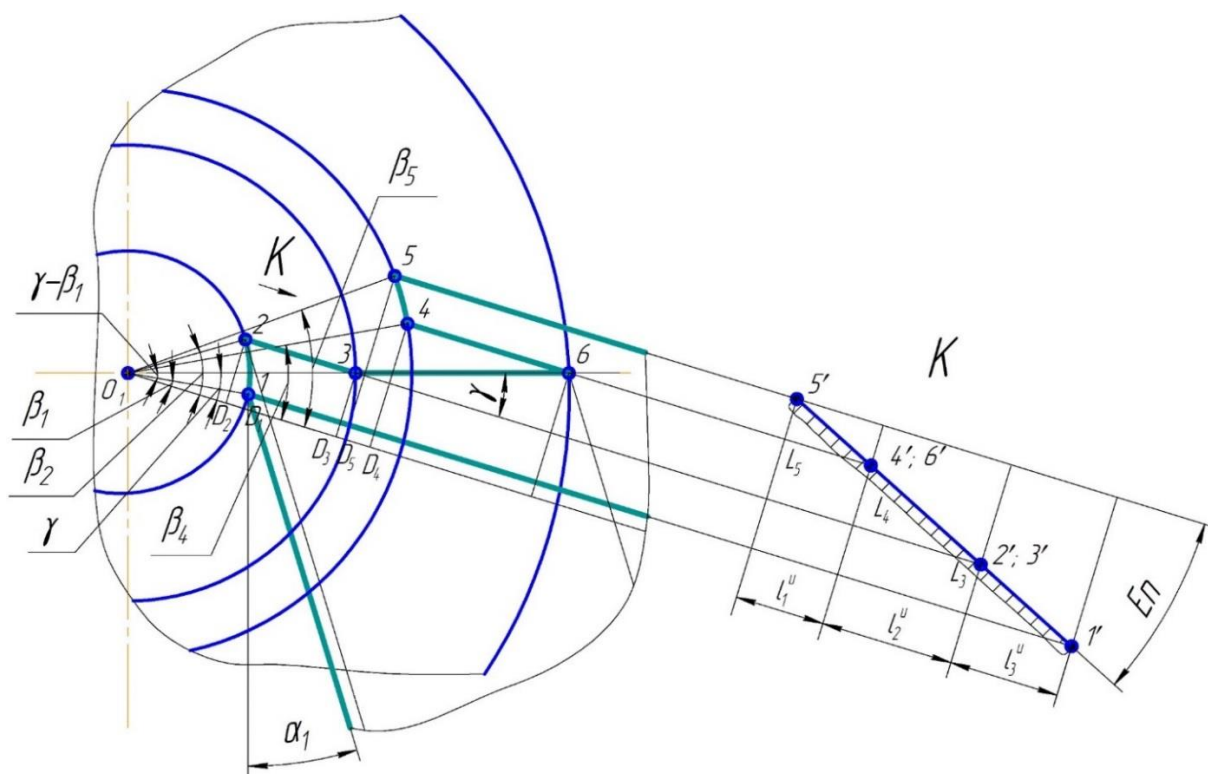
Бесінші қадам. 1, 2, 4 және 5 нүктелері сәйкесінше $r_{1,2}$ және $r_{4,5}$ радиустарымен шеңбер доғаларымен қосылады. Бұл $r_{1,2}$ және $r_{4,5}$ радиустары –алдыңғы бетінің $\varepsilon_n = \varepsilon_{пр}$ бұрышында қайралуына байланысты оське және құрастырушыға қатысты көлбеу орнатылған призмалық пішінді кескіштің кесу жиектерінің проекциясы. Мұны істеу үшін пішінді кескішті жасау кезінде артқы беттерді тегістеу $r_{1,2}$ және $r_{4,5}$ радиустарына бейімделген тегістеу дөңгелегімен жүргізілуі керек.

Бесінші қадамнан кейін фронтальды жазықтықта 1-2-3-6-4-5 пішінді кескіштің күрделі кесу жиегінің проекциясы алынды. Бесінші қадам шеңбердегі 5 сандарымен көрсетілген.

Алтыншы қадам – пішінді кескіштің әртүрлі сатыларындағы профильдің тереңдігін анықтау. Алтыншы қадам шеңбердегі 6 цифрларымен белгіленеді. Қалған қадамдар пішінді кескіштің кесу жиектерінің қалған проекцияларын салу мақсатын көздейді.

Профильдің тереңдігі әр нүкте үшін нүктеден алдыңғы жазықтықтағы артқы беттің ең шығыңқы бөлігіне (1-ші нүктеде) дейінгі қашықтық бар. Әрбір нүктеден артқы бетке α_1 бұрышпен параллель сызықтар тартылады және олардың арасындағы қашықтық $h_1, h_2, h_3, h_4, h_5, h_6$ өлшенеді, бұл призмалық пішінді кескіштің профилінің өлшемдерін графикалық түрде анықтау нәтижесі.

A4 форматында 1-суреттегі схема кішкентай, сондықтан 2 және 3-суреттерде схеманың элементін (2-суреттің фронтальды проекциясы) қарастыру ұсынылады, онда схема элементтері мен қажетті өлшемдердің барлық қатынасы айқын және айқын көрінеді.

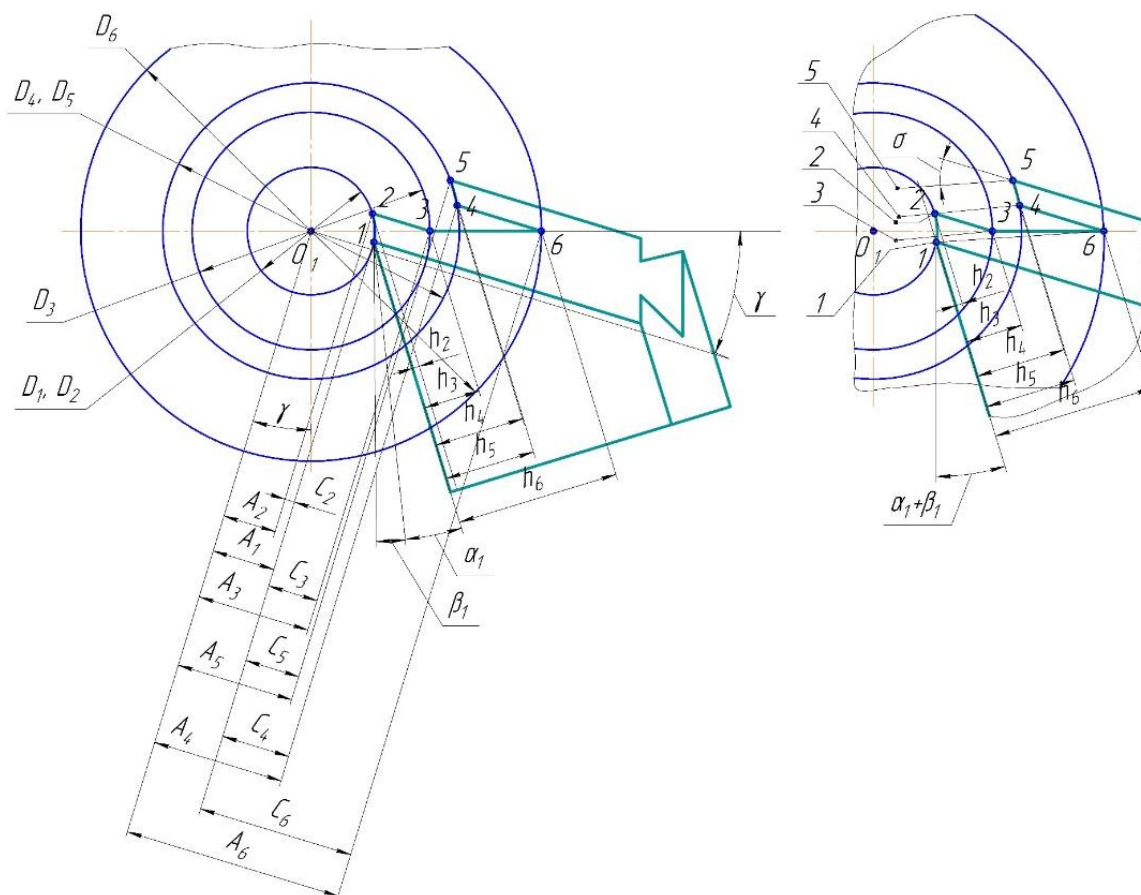


2-сурет. Сызықтық және бұрыштық параметрлерді есептеу сұлбасы

Жетінші қадам. 1, 2, 4, 5-нүктелерден фронтальды проекциялар (1-сурет) нүктелерді анықтау үшін көлденең сызықтар жүргізіледі 1", 2", 4", 5" пішінді кескіштің тиісті сатыларының шекараларымен шеңбердегі 7 бағыттамамен сызықтарды қиып өту жолымен бейінді проекцияда (сондай-ақ К түріндегі 3-суретті қара).

Сегізінші қадам. Нүкте 1" нүкте 2"-ге қосылады, нүкте 4" нүкте 5"-ке қосылады – профиль проекциясындағы пішінді кескіштің шеткі сатыларының 1" - 2" және 4"- 5" пышақтары алынды. Құрылыстың сегізінші қадамы шеңбердегі 8 сандары бар көрсеткілермен белгіленген.

Тоғызыншы қадам. Фронтальды проекциядағы 3 және 6 нүктелерден 3" – 6" кесіндісін алу үшін көлденең сызықтар (біреуіне біріктіріледі) жүргізіледі (профиль жазықтығындағы базалық сызықтың проекциясы). Екі жолдың үйлесуіне байланысты тоғызыншы қадам сызығы екі жебемен санмен белгіленеді және шеңберде 9 көрсетіледі.



3-сурет. Аралық сызықтық параметрлерді анықтауға арналған сұлбасы

Оныншы қадам. 4" және 6", 2" және 3" нүктелері қосылады. Профильді проекцияда пішінді кескіштің күрделі кесу жиегінің проекциясы алынды: 1" - 2"- 3"- 6"- 4"- 5". Оныншы қадам (4"-6" және 2"-3" желілерін жүргізу) шеңбердегі 10 санымен белгіленеді.

Он бірінші қадам. Нүктелерден 1, 2, 3, 4, 5, 6, фронтальдық проекцияда шеңбердегі 11 цифрларымен белгіленген тік сызықтар көлденең жазықтықта кескіштің проекциясының түйіндік нүктелерімен қиылысқанға дейін жүргізіледі және көлденең проекциясында пішінді кескіштің күрделі кесу жиегінің 1"', 2"', 3"', 4"', 5"', 6"' нүктелер бар.

Он екінші қадам. 1" және 2"', 2" және 3"', 3" және 6"', 4" және 5" нүктелері шеңбердегі 12 санымен белгіленген көрсеткілері бар сызықтармен жалғанады.

1''' және 2''', 2''' және 3''', 3''' және 6''', 4''' және 5''' нүктелері шеңбердегі 12 санымен белгіленген көрсеткілері бар сызықтармен жалғанады. Оның көлденең проекциясында пішінді кескіштің кесу жиегінің проекциясы алынды: 1''' - 2''' - 3''' - 6''' - 4''' - 5'''.

Алдыңғы беттің жазықтығындағы пішінді кескіштің кесу жиегі $\varepsilon_B = \varepsilon_{пр}$ бөлшектің құраушысына қатысты (көлденең жазықтық) эллипс сызығына сәйкес келеді (цилиндрдің көлбеу жазықтықпен қимасы). Пішінді кескіштің кесу жиегі осы бөлімде эллиптикалық, вогнуты болуы керек.

Кесу аймағында осы жағдайларды қамтамасыз ету және бөлшектерге берілген цилиндрді алу үшін пішінді кескішті түпкілікті профильдеу бөліктің цилиндрлік бөлігінің радиусына тең профиль радиусы бар, $\varepsilon_B = \varepsilon_{пр}$ бұрышындағы пішінді кескіштің алдыңғы бетіне қатысты тегістеу шеңберінің осін орнатумен немесе басқа профиль схемасымен арнайы толтырылған диск шеңберімен жүзеге асырылуы керек.

Кесу аймағында осы жағдайларды қамтамасыз ету және бөлшектерге берілген цилиндрді алу үшін, фасонды кескішті соңғы пішіндеу, бөліктің цилиндрлік бөлігінің радиусына тең профиль радиусы бар, $\varepsilon_B = \varepsilon_{пр}$ бұрышындағы фасонды кескіштің алдыңғы бетіне қатысты ажарлау дөңгелегінің осін орнатумен, тегістелген шеңбермен немесе диск шеңберімен, арнайы ұшталған, басқа профильдеу схемасымен жүзеге асырылуы тиіс. Бұл жағдайда өндеудің теориялық дәлдігі қамтамасыз етіледі және қате енгізілмейді.

Пішінді кескішті есептеудің бұл кезеңі, әдетте, графикалық профильден кейін және пішінді кескіштің профилінің түйін нүктелерінің орнын анықтағаннан кейін ғана жүзеге асырылуы мүмкін. Сондықтан пішінді кескішті графикалық профильдеу міндетті талап болып табылады. Әрине, жобалық схеманы жеткілікті тәжірибемен және графикалық профильсіз құруға болады, бірақ бұл қазірдің өзінде оқытылған мамандардың қолынан келеді. Есептеудің айқындылығы және оны автоматтандыруды жеңілдету үшін ол бес қадамға (кезеңге) бөлінеді – 2 және 3-суреттер.

Бірінші қадам. Алдыңғы бетіндегі пішінді кескіштің профильдік нүктелерінен алдыңғы бетке параллель бөліктің осьтік жазықтығына дейінгі қашықтықты және пішінді кескіштің бүйір жақтарына параллель және алдыңғы бетке параллель бөліктің осіне перпендикуляр жазықтықтағы түйін нүктелері арасындағы қашықтық проекцияларын анықтау (2-сурет).

Алдыңғы бетіндегі пішінді кескіш профилінің түйіндік нүктелерінен алдыңғы бетке параллель бөлшектің осьтік жазықтығына дейінгі қашықтықты және жазықтықтағы фасонды кескіштің бүйір жақтарына параллель және алдыңғы бетке параллель бөлшектің осіне перпендикуляр түйіндік нүктелер арасындағы қашықтықтың проекцияларын анықтау (сурет 2).

Проекция 1 - 2 = 1' - 2' = 1' - 3' = L₃ - 3' = $\ell_3'' \cdot \operatorname{tg} \varepsilon_{\pi}$;

Проекция 2' - 4' = 3' - 4' = 2' - 6' = 3' - 6' = L₄ - 6' = $\ell_2'' \cdot \operatorname{tg} \varepsilon_{\pi}$;

Проекция 4' - 5' = 6' - 5' = L₅ - 5' = $\ell_1'' \cdot \operatorname{tg} \varepsilon_{\pi}$;

Проекция D₂ - 2 = $r_2 \cdot \sin \beta_2$;

Проекция D₃ - 3 = D₂ - 2 = O₁' - 3' = O₁' - 2' = $r_3 \cdot \sin \gamma$;

Проекция D₁ - 1 = O₁' - 1' = (O₁' - 2') - (1' - 2') = (O₁' - 3') - (1' - 3') = $r_3 \sin \gamma - \ell_3'' \operatorname{tg} \varepsilon_{\pi}$

Проекция D₅ - 5 = O₁' - 5' = (1' - 5') + (O₁' - 1') = (L₃ - 3') + (L₄ - 4') + (L₅ - 5') + $+(r_3 \sin \gamma - \ell_3'' \operatorname{tg} \varepsilon_{\pi}) = (\ell_1'' + \ell_2'' + \ell_3'') \operatorname{tg} \varepsilon_{\pi} + r_3 \sin \gamma - \ell_3'' \operatorname{tg} \varepsilon_{\pi} = (\ell_1'' + \ell_2'') \operatorname{tg} \varepsilon_{\pi} + r_3 \sin \gamma$;

Проекция D₄ - 4 = D₆ - 6 = (O₁' - 1') + (1' - 4') = (O₁' - 1') + (1' - 6') = $r_3 \sin \gamma - \ell_3'' \operatorname{tg} \varepsilon_{\pi} + (\ell_3'' + \ell_2'') \operatorname{tg} \varepsilon_{\pi} = r_3 \sin \gamma + \ell_2'' \operatorname{tg} \varepsilon_{\pi} = r_4 \sin \beta_4 = r_6 \sin \gamma$;

$\ell_1'', \ell_2'', \ell_3''$ – пішінді кескіштің осьтік профиль өлшемдері; шеткі сатыларда қосымша кесу жиектерін ескеру қажет.

Екінші қадам. A_i қосалқы өлшемдерін есептеу үшін β_i аралық бұрыштық параметрлерін анықтау (сурет 2).

$\sin \beta_1 = (D_1 - 1)/r_1 = (O_1' - 1')/r_1 = (r_3 \sin \gamma - \ell_3'' \operatorname{tg} \varepsilon_{\pi})/r_1$;

$\sin \beta_2 = (D_2 - 2)/r_2 = (O_2' - 2')/r_2 = (r_3 \sin \gamma)/r_2$;

Базалық нүктелер үшін бұрыштық параметрлер: $\beta_3 = \gamma, \beta_6 = \gamma$;

$\sin \beta_4 = [(D_4 - 4) = (D_6 - 6) = (O_1' - 4')]/r_4 = (r_3 \sin \gamma + \ell_2'' \operatorname{tg} \varepsilon_{\pi})/r_4$;

$$\sin \beta_5 = [(D_5 - 5) = (O_1' - 5')] r_5 = (r_5 \sin \gamma + (l_1'' + l_2'') \operatorname{tg} \varepsilon_n) / r_5;$$

Үшінші қадам. A_i көмекші сызықтық параметрлерді анықтау (сурет 3).

$$A_1 = r_1 \cos \beta_1; A_2 = r_2 \cos \beta_2; A_3 = r_3 \cos \gamma; A_4 = r_4 \cos \beta_4; A_5 = r_5 \cos \beta_5; A_6 = r_6 \cos \gamma.$$

Төртінші қадам. C_i көмекші сызықтық параметрлерді анықтау.

$$C_2 = A_2 - A_1 = r_2 \cos \beta_2 - r_1 \cos \beta_1 = r_{1,2} (\cos \beta_2 - \cos \beta_1);$$

$$C_3 = A_3 - A_1 = r_3 \cos(\beta_3 = \gamma) - r_1 \cos \beta_1; C_4 = A_4 - A_1 = r_4 \cos \beta_4 - r_1 \cos \beta_1;$$

$$C_5 = A_5 - A_1 = r_5 \cos \beta_5 - r_1 \cos \beta_1; C_6 = A_6 - A_1 = r_6 \cos(\beta_6 = \gamma) - r_1 \cos \beta_1.$$

Бесінші қадам. Артқы бетіне перпендикуляр бағытта призмалық пішінді кескіштің профилінің биіктік өлшемдерін анықтау (сурет 3).

2-суреттегі 1 және 2 нүктелер арасындағы үлкен айырмашылыққа және бөліктің дерексіз профилінде әрдайым орын алатын масштабты бұрмалануларға байланысты 2-суретте алынған C_2 мөлшері 1-ші нүктенің сол жағында болды. 2-3 сегменті азайған кезде сол 1 нүкте жақта орналасады, содан кейін C_i және h_i өлшемдерінің орналасуы бір-біріне сәйкес келеді және C_i белгісі оң болады.

Алайда, есептелген C_i өлшемінің теріс мәні болса да, h_i мөлшері дұрыс болады, себебі суретте ол тиісті орынға ие және h_2 және C_2 өлшемдері арасында нақты қатынастар бар.

$$h_2 = C_2 \cos \sigma; h_3 = C_3 \cos \sigma; h_4 = C_4 \cos \sigma; h_5 = C_5 \cos \sigma; h_6 = C_6 \cos \sigma; \sigma = \alpha_1 + \gamma_1.$$

Кескіштің барлық параметрлері есептелген.

Осылайша, графикалық профильдеу алынды және параметрлер есептелді – он екі қадам; призмалық пішінді кескішті түзету аналитикалық профильдеу – бес қадам.

Қорытындылар.

1. Призмалық пішінді кескіштерді базалық сызықпен графикалық және түзетуші аналитикалық есептеудің қарапайым және көрнекі әдісі жасалды.

2. Призмалық пішінді кескішті графикалық профильдеу он екі кезеңнен тұрады.

3. Призмалық пішінді кескішті түзету аналитикалық профилі бес қадамды қамтиды.

4. Дөңгелек пішінді кескіштерді базалық сызықпен есептеудің ұсынылған әдісінің ерекшелігі жүйелілік пен біртұтас тәсіл болып табылады.

5. Бұл әдіс призмалық пішінді кескіштерді базалық сызықпен есептеудің күрделілігін азайтуға мүмкіндік береді.

6. Призмалық пішінді кескіштерді графикалық және түзету аналитикалық есептеудің дамыған әдісі есептеуді автоматтандыруды жеңілдетеді.

Қаржыландыру. Зерттеулер ҚР БҒМ Ғылым комитеті қаржыландыратын ИРН АР09058231 «Ресурс-энергия үнемдейтін металл кесетін құралдарды зерттеу және жобалау» жобасы бойынша 2021-2023 жылдарға арналған жас ғалымдарды гранттық қаржыландыру шеңберінде орындалды.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Схиртладце А.Г., Чупина Л.А., Пульбере А.И., Гречишников В.А. Формообразующие инструменты в машиностроении – М.: Новое знание, 2006. – 557 с.

[2] Кишуров В.М., Черников П.П. Проектирование режущего инструмента в машиностроении. – М.: Издательство МАИ, 2006. – 159 с.

[3] Фельдштейн Е.Э. Режущий инструмент – Минск : Новое знание, 2007. — 400 с.

[4] Volkov A. E., Medvedev V. I. Synthesis and Analysis Problems of Profiling the Tool for Grinding Helical Surfaces //Bulletin of Kalashnikov ISTU. – 2017. – Т. 20. – №. 2. – С. 51-54.

[5] Дудак Н. С. и др. Графическое и аналитическое профилирование призматического фасонного резца //Инновационные технологии в машиностроении: сборник трудов VIII Международной научно-практической конференции, 18-20 мая 2017 г., Юрга.—Томск, 2017. – 2017. – С. 42-46.

[6] Смирнов М.Ю., Киреев Г.И., Демидов В.В. Расчет и проектирование фасонных резцов – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 77 с.

[7] Катаев Ю. П., Салин А. В. Проектирование призматических фасонных резцов // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2005. – № 2. – С. 14-15

- [8] Ромашев А.Н., Овчаренко А.Г., Смирнов В.В., Фирсов А.М. Проектирование фасонных резцов в графической среде. Сборник трудов IX Международной научно-практической конференции: Инновации в машиностроении – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2018. – С. 212-216.
- [9] Стенин В.А. Энергосберегающее профилирование режущего инструмента // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2015. – № 2 (63). – С. 36-38.
- [10] Ковалева Л.И., Заставский К.О. Особенности профилирования круглых фасонных резцов в Autodesk Inventor // Велес. – 2017. – № 5-1(47). – С. 54-58.
- [11] Гусев В.А., Петровский В.С., Померанцев М.А. Моделирование фасонных токарных резцов в САПР Pro/Engineer. – 2015.

REFERENCES

- [1] Shirladze A.G., Chupina L.A., Pul'bere A.I., Grechishnikov V.A. Formoobrazujushhie instrumenty v mashinostroenii [Forming tools in mechanical engineering]. Moscow: Publ. Novoe znanie, 2006. – 557 p.
- [2] Kishurov V.M., Chernikov P.P. Proektirovanie rezhushhego instrumenta v mashinostroenii [Design of cutting tools in mechanical engineering]. Moscow: Publ. MAI, 2006. – 159 p.
- [3] Fel'dshtejn E.Je. Rezhushhij instrument [Cutting tool]. Minsk: Publ. Novoe znanie, 2007. – 400 p.
- [4] Volkov A. E., Medvedev V. I. Synthesis and Analysis Problems of Profiling the Tool for Grinding Helical Surfaces //Bulletin of Kalashnikov ISTU. 2017. – Vol. 20. – no. 2. – pp. 51-54.
- [5] Dudak N. S. i dr. Graficheskoe i analiticheskoe profilirovanie prizmaticheskogo fasonnogo rezca [Graphical and analytical profiling of a prismatic shaped cutter]. Innovacionnye tehnologii v mashinostroenii: sbornik trudov VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference: Innovations in mechanical engineering]. – Tomsk, 2017. – pp. 42-46.
- [6] Smirnov M.Ju., Kireev G.I., Demidov V.V. Raschet i proektirovanie fasonnyh rezcov [Calculation and design of shaped cutters]. Ul'janovsk: Publ. UIGTU, 2011. – 77 p.
- [7] Kataev Ju. P., Salin A. V. Proektirovanie prizmaticheskikh fasonnyh rezcov [Designing prismatic shaped cutters]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta im. A.N. Tupoleva. – 2005. – no. 2. – S. 14-15
- [8] Romashev A.N., Ovcharenko A.G., Smirnov V.V., Firsov A.M. Proektirovanie fasonnyh rezcov v graficheskoy srede [Design of shaped cutters in a graphic environment]. Sbornik trudov IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: Innovacii v mashinostroenii [Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference: Innovations in mechanical engineering] – Barnaul: Altajskij gosudarstvennyj tehnicheskij universitet im. I.I. Polzunova, 2018. – pp. 212-216.
- [9] Stenin V.A. Jenergosberegajushhee profilirovanie rezhushhego instrumenta [Energy-saving profiling of cutting tools]. Vestnik Cherepoveckogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. – no. 2 (63). – pp. 36-38.
- [10] Kovaleva L.I., Zastavskij K.O. Osobennosti profilirovaniya kruglyh fasonnyh rezcov v Autodesk Inventor [Features of profiling of round shaped cutters in Autodesk Inventor]. Veles. – 2017. – no. 5-1(47). – pp. 54-58.
- [11] Gusev V.A., Petrovskij V.S., Pomerancev M.A. Modelirovanie fasonnyh tokarnyh rezcov v SAPR Pro/Engineer [Modeling of shaped turning tools in CAD Pro/Engineer]. – 2015.

А.Ж. Касенов*, А.В. Маздубай, К.К. Абишев, Р.Б. Муканов, А.Ж. Таскарина

Торайгыров университет, Павлодар, Казахстан

*e-mail: asylbek_kasenov@mail.ru

РАСЧЁТ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ФАСОННЫХ РЕЗЦОВ

Аннотация. Предлагается способ расчёта призматических фасонных резцов с базовой линией. В отличие от существующей методики проектирования, в зависимости от фасонного профиля детали, данная методика, систематизирует графический расчёт и позволяет применить унифицированный подход и легко автоматизировать расчёт. Целью разработки нового способа расчета является возможность автоматизации и сокращения времени расчёта призматических фасонных резцов с базовой линией. Разработан способ графического и коррекционного аналитического расчёта фасонных резцов с базовой линией. Графическое профилирование призматического фасонного резца состоит из

двенадцати этапов. Коррекционное аналитическое профилирование призматического фасонного резца включает пять шагов. Особенностью предлагаемого способа расчёта фасонных резцов с базовой линией является системность и возможность автоматизации расчётов. Графическое профилирование является простым, наглядным и легко усваиваемым.

Ключевые слова: призматический фасонный резец, графическое профилирование, аналитическое профилирование, проекции, узловые точки, алгоритм расчёта.

A.Zh. Kassenov*, A.V. Mazdubai, K.K. Abishev, R.B. Mukanov, A.Zh. Taskarina

Toraigyrov University, Pavlodar, Kazakhstan

*e-mail: asylbek_kasenov@mail.ru

CALCULATION OF PRISMATIC FORMING CUTTERS

Abstract. A method for calculating prismatic forming cutters with a baseline is proposed. In contrast to the existing design methodology, depending on the shaped profile of the part, this technique systematizes the graphical calculation and allows you to apply a unified approach and easily automate the calculation. The purpose of developing a new calculation method is the possibility of automating and reducing the calculation time of prismatic shaped cutters with a baseline. A method of graphical and correctional analytical calculation of shaped incisors with a baseline has been developed. Graphic profiling of a prismatic shaped cutter consists of twelve stages. Correctional analytical profiling of a prismatic shaped cutter includes five steps. A feature of the proposed method for calculating shaped cutters with a baseline is the consistency and the possibility of automating calculations. Graphical profiling is simple, intuitive and easy to learn.

Keywords: prismatic forming cutter, graphical profiling, analytical profiling, projections, nodal points, calculation algorithm.

¹И.А. Пирманов, ¹К.Т. Кошекков, ¹И.О. Федоров, ¹Б.К. Сейдахметов,
¹Д.В. Зуев, ²Ж.Ж. Айнакулов*

¹Академия гражданской авиации, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
Алматы, Казахстан. *e-mail: zharas.ainakulov@kaznaru.edu.kz

СОВОКУПНОСТЬ ОТЛИЧИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ЭТАПОВ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ VR

Аннотация. В данной работе представлена методология, которую можно использовать для создания приложений иммерсивной виртуальной реальности, предназначенных для обучения, концептуальное моделирование в области виртуальной реальности, а конкретно виртуального прототипирования, в различных областях применения. Проанализированы основные этапы разработки приложения виртуальной реальности: планирование; визуализация; программирование; пользовательский интерфейс; тестирование, а также задачи по виртуальной сборке деталей решаемые с помощью набора программно-технических средств визуализации. Применение технологий виртуальной реальности в учебном процессе позволяет повысить успеваемость и при этом сократить количество ошибок и затрат. Опыт виртуального обучения не должен быть направлен только на получение знаний, поэтому необходимо проектировать эти учебные среды, исходя из конструктивистского подхода, чтобы получить все преимущества обучения.

Ключевые слова: виртуальная реальность (VR), смешанная реальность, единство, планирование, прототипирование, визуализация, сборка.

Эффективное инженерное образование, особенно в области гражданской авиации - важная проблема. Традиционные методы сложны и дороги. Вот почему для этой цели необходимо внедрять новые образовательные средства и технологии. Мы предлагаем использовать возможности виртуальной реальности. Естественно потребуются дополнительное время и затраты на разработку таких систем, иммерсивной виртуальной реальности (VR), так как каждая система виртуальной реальности, используемая в образовательных целях, уникальна - отсутствует стандартизация.

Современный процесс обучения, который проходит в эпоху информатизации массовой коммуникации сфер общественной жизни, требует существенного расширения арсенала средств обучения. Повышение качества образования в авиационной сфере диктуется повышенными требованиями к безопасности полетов, регулируемые в Казахстане законом «об использовании воздушного пространства Республики Казахстан и деятельности авиации», международными требованиями к стандарту и рекомендованной практике Международной Организации Гражданской Авиации (International Civil Aviation Organization - ICAO), а так же требованиям к безопасности Европейского агентства авиационной безопасности (European Aviation Safety Agency - EASA), членами которых является Республика Казахстан.

В данной работе представлена методология, которую можно использовать для создания приложений иммерсивной виртуальной реальности (VR), предназначенных для обучения. Концептуальное моделирование в области виртуальной реальности (VR) и приложения VR становятся более доступными благодаря более качественному и быстрому оборудованию, а благодаря новым технологиям и более быстрым сетевым соединениям они также начинают появляться в Интернете. Разработка таких приложений по-прежнему является специализированным, трудоемким и дорогостоящим процессом.

В этапе концептуального моделирования и в процессе разработки приложений виртуальной реальности можно устранить ряд препятствий, препятствующих быстрому распространению этого типа приложений. Однако существующие методы концептуального

моделирования слишком ограничены для моделирования приложения VR соответствующим образом. Работа показывает последовательные этапы методологии и инструменты, используемые для ее выполнения. Предлагаемый инновационный подход может повысить эффективность подготовки образовательных VR-решений в авиации, а также в других отраслях инженерии.

Характеристика этапов разработки программных средств. Иммерсивная виртуальная реальность (VR) была известна на протяжении десятилетий, но в начале этого века получила широкое признание и нашла широкий спектр профессиональных приложений. Основная концепция VR - это создание цифрового мира (или среды), в котором находится пользователь-человек и может взаимодействовать с ним в режиме реального времени. Виртуальная реальность отличается от других методов взаимодействия человека с компьютером тем, что трехмерная графика стремится к реализму, интуитивному взаимодействию и погружению пользователя в цифровую сцену [1-2]. Погружение - это ощущение присутствия в искусственной среде, несмотря на физическое присутствие в реальном мире [3], которое достигается в основном за счет использования различных стереоскопических проекционных устройств, таких как головные дисплеи (HMD) или системы CAVE, присоединились к решениям для отслеживания пользователей для улучшения ощущения присутствия в виртуальном мире. В последние годы на рынке появились новые недорогие устройства. Вычислительная мощность также неуклонно растет, что позволяет выполнять более требовательные визуализации и моделирование в реальном времени. Кроме того, постоянно увеличивается доступ к дешевому или бесплатному программному обеспечению для создания интерактивных виртуальных миров. Таким образом, можно сказать, что создавать VR-решения становится все проще и проще.

Среда виртуальной реальности может сильно влиять на поведение и чувства пользователя и может использоваться для обучения знаниям и навыкам. Позитивный образовательный эффект VR наблюдался и описывался в литературе еще в 90-х годах [4] и доказан в дальнейших исследованиях [5]. Сегодня виртуальная реальность широко используется в инженерном образовании, а также во многих других инженерных мероприятиях, включая моделирование работы и сборки машин, визуализация знаний и конфигурация различных продуктов в автомобильной отрасли. Виртуальная реальность имеет множество приложений и часто используется в образовательных целях [6]. Разные реализации могут иметь разную степень погружения:

- Симуляторы кабины, используемые в основном для воссоздания и моделирования реальной кабины, такой как кабина самолета, автомобиля или мостик судна.

- Спроецированная реальность, состоящая из движущегося аватара пользователя в реальном времени, который отображается на широком экране.

- Дополненная реальность, для которой требуются специальные иммерсивные очки или мобильное устройство для визуализации дополненных объектов, перекрывающих окружающую реальную среду.

- Дистанционное присутствие, которое можно использовать для воздействия и управления чем-то реальным, но в другом месте, например, в лаборатории, на атомной электростанции и т.д.

- Настольная виртуальная реальность, для которой требуется обычный компьютерный дисплей. Взаимодействие с виртуальным миром ограничено возможностями мыши настольного компьютера или джойстика, но не требует дорогостоящего оборудования или программного обеспечения, поэтому его относительно легко разработать.

- Визуально связанные системы, которые в основном используются в военной авиации. Система размещает экраны на уровне глаз пользователя и связывает движение головы пользователя с отображаемым изображением. Система включает датчики для отслеживания движения глаз пользователя и способна определять, на что он или она смотрит.

Виртуальная реальность в образовании обладает таким преимуществом, как более низкие затраты по сравнению с реальными моделями и лабораториями. Однако данная технология до сих пор не используется широко. Первая причина этого в том, что оборудование дорогое, хотя в настоящее время ситуация меняется благодаря дешевым решениям виртуальной реальности, таким как HTC Vive [7] или Oculus Rift [8]. Вторая и наиболее важная причина заключается в том, что создание приложения VR для инженерного образования требует, с одной стороны, высокой квалификации в области программирования, а с другой - большого количества специализированных инженерных знаний. Разработка эффективных инструментов обучения виртуальной реальности требует времени и инвестиций, а также полноценного сотрудничества между специалистами-предметниками и разработчиками программного обеспечения.

Основным препятствием для широкого применения VR является то, что большинство решений являются «точечными», создаются только для цели, определенной в текущем контексте, без оглядки на какую-либо методологию. Поскольку каждое решение является незамедлительным, время и затраты высоки, с частым количеством ошибок и исправлений. Необходима методология, которая могла бы ускорить процесс разработки и получить более эффективные результаты.

Авторы статьи предлагают использовать методологию создания образовательных VR-приложений, основные этапы которой отображены на рисунке 1.



Рис. 1. Основные этапы создания VR-приложения

Целью данной методологии является ускорение реализации решений виртуальной реальности за счет представления набора общих процедур.

Разработка любого VR-приложения начинается с концептуального этапа идентификация и обоснование, на котором определяется цель и ожидания от программного продукта. На основе определенной концепции, приложение VR может быть классифицирована. В работе [6] предлагается трехуровневая классификация VR-приложений, в зависимости от установленных концептуальных требований. Каждый уровень приложений имеет свой собственный набор функций и требований, таких как необходимые типы данных, средства взаимодействия и ожидаемое поведение представленных виртуальных объектов. Эти функции соответствуют определенным программным и аппаратным компонентам системы VR. В сводной таблице 1 авторы приводят оптимизированный вариант классификации.

Таблица-1. Классификация VR-приложений, в зависимости от установленных концептуальных требований

Требования	Степень реализации		
	Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3
Визуализация	Статический - предварительный рендеринг	Кинематика - рендеринг в реальном времени (3D-движок, живая анимация)	Динамический - рендеринг в реальном времени с деформациями объекта
Анимации	Простой, предварительно обработанный	Жесткие тела - в реальном времени, деформации - предварительно отрисованы	Как жесткие, так и деформируемые тела в реальном времени
Методы манипулирования объектами и взаимодействия	Мышь, клавиатура, графический пользовательский интерфейс, жесты	Графический пользовательский интерфейс, жесты, отслеживание	Графический пользовательский интерфейс, жесты, отслеживание, тактильные манипуляции с силовой обратной связью
Столкновения и обратная связь с пользователем	отсутствует	желательно	Обязательно
Требуемая точность отслеживания и силы	не нужна или допустима низкая степень измерения	средняя или низкая степень измерения	высокая степень измерения
Требуемая вычислительная мощность	низкая или средняя	средняя или высокая	высокая

Практическая значимость представленной классификации заключается в том, что на основании представленной таблицы можно определить какие классы компонентов должны быть включены в VR-приложение. После определения типа приложения, его основных характеристик и требований необходимо определить источники знаний и провести анализ рисков.

Эффективное использование знаний в процессе проектирования требует их соответствующего приобретения и правильной записи в базе знаний [9]. Методы сбора знаний также зависят от источников, которые могут быть различного количества и формы (например, личные заметки, чертежи, схемы). Под представлением знания понимается его формальная запись. Метод представления должен быть как можно более простым, полным, понятным и недвусмысленным не только для лиц, занимающихся его описанием, но, прежде всего, для тех, кто будет его использовать. Авторы предлагают для этих целей UML (Unified Modeling

Language [10]), открытый стандарт, использующий графические обозначения для создания абстрактной модели системы.

Этапы разработки приложения VR после сбора и формализации знаний должны быть следующими:

- планирование;
- визуализация;
- программирование;
- пользовательский интерфейс;
- тестирование.

На этапе планирования происходит определение критериев выбора с использованием аналитических методов выбора компонентов. Для этой цели используются инструменты для принятия решений, такие как аналитический процесс иерархии, нечеткая логика, кластерный анализ. Результатом данного этапа служит спецификация выбранного и полученного программного и аппаратного обеспечения. Существует множество аппаратных и программных компонентов для создания VR систем, с лучшими или худшими возможностями. На рисунке 2 представлена классификация компонентов VR. Классификация реализована на основании анализа работ [10-17].



Рис. 2. Компоненты приложения VR

На этапе визуализации осуществляется подготовка 3D и 2D моделей, экспортно-импортные процедуры, иерархия и навигация. Для этой цели используются инструменты 3D-моделирования, инструменты 2D-графики, программный движок VR. По завершению данного этапа получена интерактивная 3D-визуализация с навигацией.

Этап программирование включает в себя планирование действий над объектами, запускаемых определенными датчиками. Для реализации используется программный движок VR, выбранный на этапе планирования. Метод программирования зависит от выбранного движка VR, так как некоторые движки используют классическое объектно-ориентированное программирование и/или сценарии, в то время как некоторые используют методы визуального

программирования, в которые диаграммы Unified Modeling Language могут быть напрямую перенесены. Результатом данного этапа считается интерактивная визуализация.

Этап пользовательского интерфейса решает вопросы применения графического пользовательского интерфейса, подключение всех аппаратных компонентов. На данном этапе используются такие инструменты, как программный движок VR, программное обеспечение для программирования. Этот этап предоставляет законченное приложение VR.

Этап тестирования должен состоять из двух этапов - внутренней проверки с участием всей команды разработчиков и внешней проверки, где первая версия приложения должна быть оценена выборкой конечных пользователей. Данный этап выполняется с помощью программного движка VR и аналитических методов исследования. Результатом этапа тестирования является список рекомендаций по улучшению приложения.

Этапы программирования и пользовательского интерфейса в разработке VR-приложения являются наиболее трудозатратными и трудоемкими, их можно рассматривать по отдельности, но часто они проводятся одновременно. Общая цель здесь - получить полностью интерактивное приложение со всеми предполагаемыми функциями, касающимися манипулирования объектами, анимации, взаимодействия с помощью как устройств виртуальной реальности, так и классического интерфейса. Существует множество способов программирования систем виртуальной реальности, начиная от простого визуального программирования и заканчивая написанием сценариев и объектным программированием на языках высокого уровня. На рисунке 2 представлен список наиболее популярных VR движков.

Виртуальная реальность уже является эффективным инструментом для образования и, благодаря своим недорогим решениям, будет приобретать все большую популярность во всем мире, улучшая или даже заменяя традиционные методы обучения. Опыт виртуального обучения не должен быть направлен только на получение знаний, поэтому необходимо проектировать эти учебные среды, исходя из конструктивистского подхода, чтобы получить все преимущества обучения. Представленная методология построения предназначена для ускорения процесса планирования, приобретения и формализации знаний, а также для повышения эффективности VR-решений. В методологии используются базовые инструменты инженерии знаний в процессах планирования, создания и проверки интерактивных образовательных решений. Работа выполнена в рамках ГФ по научным и (или) научно-техническим проектам на 2020-2022 годы со сроком реализации 27 месяцев: ИРН: AP08857126, «Разработка комплекса интерактивных обучающих программ по технологическим процессам ремонта авиационной техники».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Burdea, G. C., Coiffet, P. Virtual Reality Technology // NY: John Wiley & Sons, Inc. 2003. – P. 464.
- [2] Scherman, W. R., Craig, A. B. Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design, 2nd Edition // Burlington: Morgan Kaufmann. 2003. – P.660.
- [3] Bowman, D. A., McMahan, R. P. Virtual Reality: How Much Immersion Is Enough? // Computer. 2007. 40(7). P. 36-43. doi:10.1109/MC.2007.257.
- [4] Bell, J. T., Fogler, H. S. The Investigation and Application of Virtual Reality as an Educational Tool. Proceedings of the American Society for Engineering Education 1995 Annual Conference. 1995. <https://vrupl.evl.uic.edu/vrichel/Papers/aseepap2.pdf>.
- [5] Getchell, K., Miller, A., Nicoll, J. R., Sweetman, R. J., Allison, C. Games Methodologies and Immersive Environments for Virtual Fieldwork // IEEE Transactions on Learning Technologies, 2010. 3(4). P. 281-293. doi:10.1109/TLT.2010.25.
- [6] Gorski F., Bun P., Wichniarek R., Zawadzki P., Hamrol A. Effective Design of Educational Virtual Reality Applications for Medicine using Knowledge-Engineering Techniques // EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education. 2017. 13(2). P.395-416.
- [7] Виртуальная реальность HTC VIVE. <https://htc-online.ru/catalog/vive/>.
- [8] Oculus Rift. <https://www.oculus.com/rift/>.
- [9] Айнакулов Ж.Ж., Курманкулова Г.Е., Айнакулова Ж.К. Моделирование 3D объектов в прикладных интеллектуальных системах виртуальной реальности / Электронный периодический

рецензируемый научный журнал «SCI-ARTICLE.RU» <http://sci-article.ru>, – Россия. – №31 (март) 2016 г., – С. 118-125.

[10] Буч Г., Якобсон А., Рамбо Дж.. UML. Питер, 2006 г., – 736с.

[11] Виртуальная реальность. <https://www.tadviser.ru/>.

[12] Что такое виртуальная реальность: свойства, классификация, оборудование. <https://tproger.ru/translations/vr-explained/>.

[13] Shetty V., Patil M. Study of hardware and software used in: virtual and augmented reality device // National Conference on Technological advancement and automatization in engineering. 2016. - pp. - 177-179.

[14] 80+ лучших инструментов для разработчиков VR и AR. <https://dev.by/news/80-vr-ar>.

[15] K.T., Koshekov K.T., Astapenko N.V., Anayatova R.K., Seidakhmetov B.K., Fedorov I.O., Zuev D.V. (2021) Effective development of educational virtual reality applications. Information telecommunication networks: magazine professional telecommunications magazine, Almaty, 2021. P.33-36.

[16] Ainakulov, Zh., Zuev, D., Sejdahmetov, B., Fedorov, I. i Koshekov, K. (2021) VIRTUAL"NOE MODELIROVANIE I MONITORING DETALEJ AVIACIONNOJ TEHNIKI. Vestnik «Fiziko-matematicheskie nauki», 75, 3 (okt. 2021), 35–43. DOI: <https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.04>. (In Russian).

[17] Zuev D.V., Fedorov I.O., Astapenko N.V., Koshekov K.T., Ainakulov Zh.Zh. (2021) Mathematical model of nut rotation using a wrench in a virtual reality environment. Scientific Collection «InterConf», (78): with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference «Scientific Goals and Purposes in XXI Century» (October 7-8, 2021). Seattle, USA: ProQuest LLS, 2021. P.384-392. <https://doi.org/10.51582/interconf.7-8.10.2021.042>.

REFERENCES

[1] Burdea, G. C., Coiffet, P. Virtual Reality Technology // NY: John Wiley & Sons, Inc. 2003. – P. 464.

[2] Scherman, W. R., Craig, A. B. Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design, 2nd Edition // Burlington: Morgan Kaufmann. 2003. – P.660.

[3] Bowman, D. A., McMahan, R. P. Virtual Reality: How Much Immersion Is Enough? // Computer. 2007. 40(7). P. 36-43. doi:10.1109/MC.2007.257.

[4] Bell, J. T., Fogler, H. S. The Investigation and Application of Virtual Reality as an Educational Tool. Proceedings of the American Society for Engineering Education 1995 Annual Conference. 1995. <https://vrupl.evl.uic.edu/vrichel/Papers/aseepap2.pdf>.

[5] Getchell, K., Miller, A., Nicoll, J. R., Sweetman, R. J., Allison, C. Games Methodologies and Immersive Environments for Virtual Fieldwork // IEEE Transactions on Learning Technologies, 2010. 3(4). P. 281-293. doi:10.1109/TLT.2010.25.

[6] Gorski F., Bun P., Wichniarek R., Zawadzki P., Hamrol A. Effective Design of Educational Virtual Reality Applications for Medicine using Knowledge-Engineering Techniques // EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education. 2017. 13(2). P.395-416.

[7] Virtual'naja real'nost' HTC VIVE. <https://htc-online.ru/catalog/vive/>.

[8] Oculus Rift. <https://www.oculus.com/rift/>.

[9] Ainakulov Zh.Zh., Kurmankulova G.E., Ainakulova Zh.K. Modelirovanie 3D ob'ektov v prikladnyh intellektual'nyh sistemah virtual'noj real'nosti / Jelektronnyj periodicheskij recenziruemyj nauchnyj zhurnal «SCI-ARTICLE.RU» <http://sci-article.ru>, – Rossiya. – №31 (mart) 2016 g., – S. 118-125.

[10] Buch G., Jakobson A., Rambo Dzh.. UML. Piter, 2006 g., – 736s.

[11] Virtual'naja real'nost'. <https://www.tadviser.ru/>.

[12] Chto takoe virtual'naja real'nost': svoystva, klassifikacija, oborudovanie. <https://tproger.ru/translations/vr-explained/>.

[13] Shetty V., Patil M. Study of hardware and software used in: virtual and augmented reality device // National Conference on Technological advancement and automatization in engineering. 2016. - pp. - 177-179.

[14] 80+ luchshih instrumentov dlja razrabotchikov VR i AR. <https://dev.by/news/80-vr-ar>.

[15] K.T., Koshekov K.T., Astapenko N.V., Anayatova R.K., Seidakhmetov B.K., Fedorov I.O., Zuev D.V. (2021) Effective development of educational virtual reality applications. Information telecommunication networks: magazine professional telecommunications magazine, Almaty, 2021. P.33-36.

[16] Ainakulov, Zh., Zuev, D., Sejdahmetov, B., Fedorov, I. i Koshekov, K. (2021) VIRTUAL"NOE MODELIROVANIE I MONITORING DETALEJ AVIACIONNOJ TEHNIKI. Vestnik «Fiziko-matematicheskie nauki», 75, 3 (okt. 2021), 35–43. DOI: <https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.04>. (In Russian).

[17] Zuev D.V., Fedorov I.O., Astapenko N.V., Koshekov K.T., Ainakulov Zh.Zh. (2021) Mathematical model of nut rotation using a wrench in a virtual reality environment. Scientific Collection «InterConf», (78): with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference « Scientific Goals and Purposes in XXI Century» (October 7-8, 2021). Seattle, USA: ProQuest LLS, 2021. P.384-392. <https://doi.org/10.51582/interconf.7-8.10.2021.042>.

¹И.А. Пирманов, ¹К.Т. Кошекков, ¹И.О. Федоров, ¹Б.К. Сейдахметов,
¹Д.В. Зуев, ²Ж.Ж. Айнакулов*

¹Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан

²Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: zharas.ainakulov@kaznaru.edu.kz

VR БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ЖАСАҚТАМАСЫН ӘЗІРЛЕУ КЕЗЕҢДЕРІНІҢ ЕРЕКШЕ ҚАСИЕТТЕРІНІҢ ЖИЫНТЫҒЫ

Андатпа. Бұл жұмыста виртуалды шындық саласындағы тұжырымдамалық модельдеуге, әсіресе виртуалды прототиптеудің әр түрлі салаларында оқытуға арналған иммерсивті виртуалды шындық қосымшаларын құруға болатын әдістеме ұсынылған. Виртуалды шындық қосымшасын әзірлеудің негізгі кезеңдері талданады: жоспарлау; визуализация; бағдарламалау; пайдаланушы интерфейсі; тестілеу, сонымен қатар бағдарламалық және аппараттық визуализация құралдарының жиынтығының көмегімен шешілген бөлшектерді виртуалды құрастыруға арналған тапсырмалар. Оқу процесінде виртуалды шындық технологияларын қолдану оқу үлгерімін жақсартып алады және сонымен бірге қателер мен шығындардың санын азайтады. Виртуалды оқыту тәжірибесі оқумен байланысты болмауы керек, сондықтан бұл оқу ортасы оқытудың толық пайдасын алу үшін конструктивтік тәсілмен жобалануы керек.

Негізгі сөздер: виртуалды шындық (VR), аралас шындық, бірлік, жоспарлау, прототиптеу, визуализация, құрастыру.

¹I.A. Pirmanov, ¹K.T. Koshekov, ¹I.O. Fedorov, ¹B.K. Seidakhmetov,
¹D.V. Zuyev, ²Zh.Zh. Ainakulov*

¹Civil aviation academy, Almaty, Kazakhstan

²Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: zharas.ainakulov@kaznaru.edu.kz

THE SET OF DISTINCTIVE PROPERTIES OF THE STAGES OF DEVELOPMENT OF VR SOFTWARE

Abstract. This paper presents a methodology that can be used to create immersive virtual reality applications for teaching, conceptual modeling in the field of virtual reality, and specifically virtual prototyping, in various fields of application. The main stages of virtual reality application development are analyzed: planning; visualization; programming; user interface; testing, as well as tasks for the virtual assembly of parts, solved using a set of software and hardware visualization tools. The use of virtual reality technologies in the educational process can improve academic performance and at the same time reduce the number of errors and costs. Virtual learning experiences should not be about learning, so these learning environments need to be designed with a constructivist approach to reap the full benefits of learning.

Keywords: virtual reality (VR), mixed reality, unity, planning, prototyping, visualization, assembly.

МАЗМҰНЫ

Жер туралы ғылымдар

<i>Нұрпейісова М.Б., Рысбеков Қ.Б., Левин Е., Дербісов Қ.Н., Нукарбекова Ж.М.</i> ЖЕР БЕТІНІҢ БАЯУ ҚОЗҒАЛЫСТАРЫН ЗЕРТТЕУ.....	3
<i>Кеукенов Е.Б., Джаналеева К.М.</i> ҚАРҚАРАЛЫ ТАУЛАРЫНЫҢ БИОРЕСУРСТАРЫН ҚОЛДАНУ.....	10
<i>Бармакова Д.Б.</i> АЛМАТЫ ОБЛЫСЫНЫҢ СУАРМАЛЫ АЛҚАПТАРЫНЫҢ ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЛАРЫН КАРТОГРАФИЯЛАУ ҮШІН ГЕОДЕРЕКТЕР БАЗАСЫН ҚҰРУ.....	18
<i>Умирова Г.К., Сүлейменов Ә.О.</i> ЖАҢАЖОЛ ОҢТҮСТІК БӨЛІГІНІҢ МЫСАЛЫНДА МЕХАНИКАЛЫҚ СИПАТТАРДЫ, АНИЗОТРОПИЯНЫ ЖӘНЕ ТАУЖЫНЫСТАРДЫҢ ЖАРЫҚШАҚТЫЛЫҒЫН ТАЛДАУДА АРНАЙЫ ЖОҒАРЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ЖАБДЫҚТЫ (НІТЕСН) ПАЙДАЛАНУ.....	24
<i>Жәми А.А., Сазанбаева А., Джангулова Г.К.</i> АВТОКӨЛІК ЖОЛ ТӨСЕМДЕРІНІҢ БИІКТІК ЖАҒДАЙЫНЫҢ ДӘЛДІГІН ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ТҮРҒЫДАН ЕСЕПТЕУ ЖҰМЫСТАРЫ.....	39

Физика-математика ғылымдары

<i>Бегалы З.Д., Рыспаева М.Ж., Березовская И.Э.</i> ЖАНУ КАМЕРАСЫНДАҒЫ ТРИДЕКАННЫҢ ЖАНУ ПРОЦЕССИНЕ БАСТАПҚЫ ПАРАМЕТРЛЕРДІҢ ӘСЕРІН САНДЫҚ ЗЕРТТЕУ.....	43
<i>Ануарбекова А.Х., Ысмагул Р.С.</i> ҚАЗІРГІ МАТЕМАТИКАДАҒЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕР ТЕОРИЯСЫНЫҢ РӨЛІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚОСЫМШАСЫ.....	51
<i>Баймұлдина Н.С., Батыргалиева А.Е.</i> КОРПОРАТИВТІК ЖЕЛІЛЕРДІ ҚОРҒАУДЫҢ ЗАМАНАУИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ.....	57

Химия-металлургия ғылымдары

<i>Әбдірашит А.М., Келаманов Б.С., Тажиев Е.Б., Нурғали Н.З., Заякин О.В.</i> ФЕРРОСИЛИКОАЛЮМИНИЙ ӨНДІРІСІНІҢ ГАЗ ТАЗАРТҚЫШ ШАҢЫНЫҢ БРИКЕТІНЕ ЖҮРГІЗІЛГЕН СПЕКТРЛІК ТАЛДАУ.....	65
<i>Квятковский С.А., Қожасметов С.М., Оспанов Е.А.,</i> <i>Соколовская Л.В., Сейсембаев Р.С., Семенова А.С., Шахалов А.А.</i> ҚОСЫМША ОТЫННЫҢ ВАНЮКОВ ПЕШІНДЕГІ ҚОРЫТУ ПРОЦЕССИНЕ ӘСЕРІ.....	71
<i>Жунусбекова Н.М., Искакова Т.К., Чинибаева Н.С., Кусаинова Г.К., Худайбергенов Н.С.</i> ТҮРЛІ СЫРТҚЫ ОРТА ФАКТОРЛАРЫНА БАЙЛАНЫСТЫ БЕЛСЕНДІ ОРТАЛЫҚТАРДЫ АНЫҚТАУ ҮШІН ҮШӨЛШЕМ ҚҰРЫЛЫМДЫ ПОЛИМЕР-МЕТАЛЛ КЕШЕННІҢ ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	78
<i>Ревуцкий А.В., Сырнев Б.В., Семилуцкая О.В.</i> БЕРИЛЛИЙ ҰНТАҚТАРЫН ВАКУУМДЫ ЫСТЫҚ ПРЕСТЕУДІҢ ӨНДІРІСТІК ПРОЦЕССИНІҢ ТҮРАҚСЫЗДЫҒЫНЫҢ СЕБЕПТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	89
<i>Буришкова Г.А., Абуова Р.Ж., Канажанов А.Е.</i> ТЕМІР НЕГІЗІНДЕГІ ҚОРЫТПАЛАРДЫҢ ВИБРАЦИЯЛЫҚ ЖӘНЕ АКУСТИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ.....	96
<i>Сатаев М.С., Абдуразова П.А., Қошқарбаева Ш.Т., Райымбеков Е.Б., Сұлтан Ш.Н.</i> ДИЭЛЕКТРЛІ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ БЕТІНЕ МОДИФИЦИРЛЕНГЕН МЕТАЛЛ ҚАПТАМАСЫН АЛУ.....	108

Техникалық ғылымдар

<i>Шалабаева М. Х., Абуова А.К.</i> ТЕМІРЖОЛ КӨЛІГІНДЕГІ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МӘСЕЛЕЛЕР.....	115
<i>Хабидолда О., Ахмедиев С.К., Адекенов Б.С., Ербосынов А.А., Бижамбеков Д.Б.</i> КОНСТРУКТИВТІ ОРТОТРОП ПЛИТАЛАРЫН ВАРИАЦИЯЛЫҚ ӘДІСПЕН ЕСЕПТЕУ.....	123
<i>Жекеева С.С., Долматова Л.В., Ушакова Е.В.</i> ҰЯЛЫ БАЙЛАНЫС ОПЕРАТОРЛАРЫНЫҢ ЖҰМЫСЫН БАҒАЛАУДЫҢ АЙҚЫН ЕМЕС МОДЕЛІН МАТЛАВ ОРТАСЫНДА ҚҰРУ.....	132
<i>Уалиев Б.М., Джембетова И.С., Құдабаева А.К.</i> ДИЗАЙНДАҒЫ КӨРКЕМ-БЕЙНЕЛІК ҮЛГІЛЕУ ӘДІСІНІҢ ПРИНЦИПТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	141
<i>Касенов А.Ж., Маздубай А.В., Абишев К.К., Муканов Р.Б., Таскарина А.Ж.</i> ПРИЗМАЛЫҚ ПІШІНДІ КЕСКІШТЕРДІ ЕСЕПТЕУ.....	149
<i>Пирманов И.А., Кошеков К.Т., Федоров И.О., Сейдахметов Б.К., Зуев Д.В., Айнакулов Ж.Ж.</i> VR БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ЖАСАҚТАМАСЫН ӨЗІРЛЕУ КЕЗЕҢДЕРІНІҢ ЕРЕКШЕ ҚАСИЕТТЕРІНІҢ ЖИЫНТЫҒЫ.....	157

СОДЕРЖАНИЕ

Науки о Земле

<i>Нурпеисова М.Б., Рысбеков К.Б., Левин Е., Дербисов К.Н., Нукарбекова Ж.М.</i> ИЗУЧЕНИЕ МЕДЛЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ.....	3
<i>Кеукенов Е.Б., Джаналеева К.М.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОРЕСУРСОВ КАРКАРАЛИНСКИХ ГОР.....	10
<i>Бармакова Д.Б.</i> СОЗДАНИЕ БАЗЫ ГЕОДАННЫХ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОРОШАЕМЫХ МАССИВОВ АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	18
<i>Умирова Г.К., Сулейменов А.О.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ (НТЕСН) ПРИ АНАЛИЗЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК, АНИЗОТРОПИИ И ТРЕЩИНОВАТОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОЙ ЧАСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖАНАЖОЛ.....	24
<i>Жэми А.А., Сазанбаева А., Джангулова Г.К.</i> РАБОТЫ ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ ТОЧНОСТИ ВЫСОТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ.....	39

Физико-математические науки

<i>Бегалы З.Д., Рыспаева М.Ж., Березовская И.Э.</i> ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАЧАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС ГОРЕНИЯ ТРИДЕКАНА В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ.....	43
<i>Ануарбекова А.Х., Ысмагул Р.С.</i> РОЛЬ ТЕОРИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В СОВРЕМЕННОЙ МАТЕМАТИКЕ И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯХ.....	51
<i>Баймулдина Н.С., Батыргалиева А.Е.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЕЙ.....	57

Химико-металлургические науки

<i>Әбдірашит А.М., Келаманов Б.С., Тажиев Е.Б., Нургали Н.З., Заякин О.В.</i> СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БРИКЕТА ГАЗООЧИСТНОЙ ПЫЛИ ФЕРРОСИЛИКОАЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	65
<i>Квятковский С.А., Кожасметов С.М., Оспанов Е.А., Соколовская Л.В., Сейсембаев Р.С., Семенова А.С., Шахалов А.А.</i> ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ПРОЦЕСС ПЛАВКИ В ПЕЧИ ВАНЮКОВА.....	71
<i>Жунусбекова Н.М., Искакова Т.К., Чинибаева Н.С., Кусаинова Г.К., Худайбергенов Н.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЛИМЕР-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ТРЕХМЕРНОЙ СТРУКТУРЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ АКТИВНЫХ ЦЕНТРОВ.....	78
<i>Ревуцкий А.В., Сырнев Б.В., Семилуцкая О.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН НЕСТАБИЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОЦЕССА ВАКУУМНОГО ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ ПОРОШКОВ БЕРИЛЛИЯ.....	89
<i>Буриукова Г.А., Абуова Р.Ж., Канжанов А.Е.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ И АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА.....	96
<i>Сатаев М.С., Абдуразова П.А., Кошкарбаева Ш.Т., Райымбеков Е.Б., Султан Ш.Н.</i> ПОЛУЧЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ.....	108

Технические науки

<i>Шалабаева М. Х., Абуова А.К.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ.....	115
<i>Хабидолда О., Ахмедиев С.К., Адекенов Б.С., Ербосынов А.А., Бижамбеков Д.Б.</i> РАСЧЕТ КОНСТРУКТИВНО-ОРТОТРОПНЫХ ПЛИТ ВАРИАЦИОННЫМ МЕТОДОМ.....	123
<i>Жекеева С.С., Долматова Л.В., Ушакова Е.В.</i> ПОСТРОЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ РАБОТЫ СОТОВЫХ ОПЕРАТОРОВ В СРЕДЕ MATLAB.....	132
<i>Уалиев Б.М., Джиємбетова И.С., Кудабаетова А.К.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ХУДОЖЕСТВЕННО-ОБРАЗНОГО МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ В ДИЗАЙНЕ.....	141
<i>Касенов А.Ж., Маздубай А.В., Абишев К.К., Муканов Р.Б., Таскарина А.Ж.</i> РАСЧЁТ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ФАСОННЫХ РЕЗЦОВ.....	149
<i>Пирманов И.А., Кошеков К.Т., Федоров И.О., Сейдахметов Б.К., Зуев Д.В., Айнакулов Ж.Ж.</i> СОВОКУПНОСТЬ ОТЛИЧИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ЭТАПОВ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ VR.....	157

CONTENTS

Earth sciences

<i>Nurpeissova M., Rysbekov K.B., Levin E., Derbisov K., Nukarbekova Zh.</i> STUDY OF SLOW MOTIONS OF THE EARTH SURFACE.....	3
<i>Keukenov E.B., Dzhanaliyeva K.M.</i> USE OF BIORESOURCES OF THE KARKARALINSKY MOUNTAINS.....	10
<i>Barmakova D.</i> CREATION A GEODATABASE FOR MAPPING HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF IRRIGATED MASSIFS OF THE ALMATY REGION.....	18
<i>Umirova G.K., Suleimenov A.O.</i> USE OF SPECIAL HIGH-TECHNOLOGY GEOPHYSICAL EQUIPMENT (HITECH) IN ANALYSIS OF MECHANICAL CHARACTERISTICS, ANISOTROPY AND ROCK FUNCTIONS IN THE EXAMPLE OF THE SOUTHERN PART OF THE ZHANAZHOL.....	24
<i>Zhami A.A., Sazanbaeva A., Jangulova G.K.</i> WORKS ON GEODETIC CALCULATION OF THE ACCURACY OF THE ALTITUDE POSITION OF AUTOMOBILE ROAD SURFACES.....	39

Physical and mathematical sciences

<i>Begaly Z., Ryspayeva M., Berezovskaya I.</i> NUMERICAL RESEARCH OF THE INFLUENCE OF INITIAL PARAMETERS ON THE PROCESS OF TRIDECANE COMBUSTION IN THE COMBUSTION CHAMBER.....	43
<i>Anuarbekova A.Kh., Ysmagul R.S.</i> THE ROLE OF THE THEORY DIFFERENTIAL EQUATIONS IN MODERN MATHEMATICS AND ITS APPLICATIONS.....	51
<i>Baimuldina N.S., Batyrgaliyeva A.Ye.</i> MODERN TECHNOLOGIES FOR PROTECTING CORPORATE NETWORKS.....	57

Chemical and metallurgical sciences

<i>Abdiorashit A.M., Kelamanov B.S., Tazhiyev Ye.B., Nurgali N.Z., Zayakin O.V.</i> SPECTRAL ANALYSIS OF FERROSILICOALUMINIUM PRODUCTION GAS CLEANING DUST BRIQUETTE.....	65
<i>Kvyatkovskiy S.A., Kozhakhmetov S.M., Ospanov E.A., Sokolovskaya L.V., Seisembayev R.S., Semenova A.S., Shakhalov A.A.</i> EFFECTS OF ADDITIONAL FUEL ON THE MELTING PROCESS IN THE VANYUKOV FURNACE.....	71
<i>Zhunusbekova N.M., Iskakova T.K., Chinibayeva N.S., Kusainova G.K., Khudaibergenov N.S.</i> STUDY OF INTERACTIONS OF POLYMER-METAL COMPLEXES OF THREE-DIMENSIONAL STRUCTURE DEPENDING ON DIFFERENT FACTORS OF THE EXTERNAL ENVIRONMENT FOR IDENTIFICATION OF ACTIVE CENTERS.....	78
<i>Revutskiy A.V., Syrnev B.V., Semilutskaya O.V.</i> RESEARCH THE REASONS OF INSTABILITY OF THE INDUSTRIAL PROCESS OF VACUUM HOT PRESSING OF BERYLLIUM POWDERS.....	89
<i>Burshukova G.A., Abuova R.Zh., Kanazhanov A.Ye.</i> INVESTIGATION OF VIBRATION AND ACOUSTIC CHARACTERISTICS OF IRON-BASED ALLOYS.....	96
<i>Sataev M.S., Abdurazova P.A., Koshkarbaeva Sh.T., Raiymbekov Y.B., Sultan Sh.N.</i> OBTAINING A MODIFIED METAL COATING ON THE SURFACE OF DIELECTRIC MATERIALS....	108

Technical Sciences

<i>Shalabayeva M.H., Abuova A.K.</i> THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF RAILWAY TRANSPORTATION.....	115
<i>Khabidolda O., Akhmediyev S.K., Adekenov B.S., Yerbosynov A.A., Bizhambekov D.B.</i> CALCULATION OF STRUCTURALLY ORTHOTROPIC DECKS WITH VARIATION METHOD.....	123
<i>Zhekeeva S.S., Dolmatova L.V., Ushakova E.V.</i> BUILDING OF A FUZZY MODEL FOR EVALUATING THE WORK OF MOBILE OPERATOR'S IN MATLAB.....	132
<i>Ualiyev B.M., Jiyembetova I.S., Kudabayeva A.K.</i> THE STUDY OF THE PRINCIPLES OF THE ART-SHAPED METHOD OF MODELING IN DESIGN....	141
<i>Kassenov A.Zh., Mazdubai A.V., Abishev K.K., Mukanov R.B., Taskarina A.Zh.</i> CALCULATION OF PRISMATIC FORMING CUTTERS.....	149
<i>Pirmanov I.A., Koshekov K.T., Fedorov I.O., Seidakhmetov B.K., Zuyev D.V., Ainakulov Zh.Zh.</i> THE SET OF DISTINCTIVE PROPERTIES OF THE STAGES OF DEVELOPMENT OF VR SOFTWARE.....	157

Редактор:
Г.А. Буршукова
Верстка на компьютере:
Л.Т. Касжанова

Заказ № 297

Адрес редакции:
ул. Сатпаева, 22, тел. 292-63-46
<https://vestnik.satbayev.university/index.php/journal/>

Издательство «PolyTech»
Казахского национального исследовательского
технического университета имени К.И. Сатпаева