

eISSN 2709-4766
ISSN 2709-4758

№6 (143)

ҚазҰТЗУ
ХАБАРШЫСЫ

КазННТУ
ВЕСТНИК

KazNRTU
VESTNIK

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



ҚазҰТЗУ ХАБАРШЫСЫ _____

_____ ВЕСТНИК КазННТУ

VESTNIK KazNRTU _____

№ 6 (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**;

Енсеппаев 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**;

Selmann 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

N.Silacheva, A.Kudabayeva*
Institute of seismology, Almaty, Kazakhstan
*e-mail: guapa89@mail.ru

ABOUT GROUND MOTION PREDICTION EQUATIONS SELECTION

Abstract. Ground motion prediction equations (GMPE) relate the strong ground motion shaking parameters to variables describing earthquake source, path, and on-site impact. From the many available GMPEs, we select those models that are suitable for use in seismic hazard assessment and take into account regional seismic and tectonic conditions. We present a GMPE selection procedure that evaluates multidimensional ground motion trends (e.g., in magnitude, distance, and structural period), examines functional forms, and evaluates quantitative GMPE performance tests versus independent data. Our recommendations include international simulation-based models for seismically active crustal regions, and models for stable regions. To approximate epistemological uncertainties, the selection process takes into account alternative representations of key GMPE attributes such as velocity attenuation over distance.

Keywords: ground motion prediction equations (GMPE), attenuation, soil motion.

Introduction. Ground motion prediction equations relate parameters of ground shaking, i.e. peak ground accelerations (PGA), spectral accelerations or velocities, with set of independent variables, describing source, wave propagation, site conditions [3]. These variables include distance from source to site, parameterization of site conditions, and type of focal mechanism. Some recent models also take into account other factors, affecting the soil rupture during the earthquakes, for example, the effect of hanging walls. For the last five decades, hundreds of GMPEs have been published to predict PGA and spectral accelerations of linear elastic reactions. Thus, scientists face the difficult task of deciding which GMPE should be used for different projects [4].

We will consider the process of international GMPEs selection, which are available in NGA, NGAEast, and NGAWest databases. The preliminary selection is based on the application of the criteria of exclusion to the full list of generalized models [5]. These quality assurance criteria exclude models that, for example, have been replaced by later GMPEs, prohibiting predictions for the entire range of interest magnitude-distance-structural period, and using independent (e.g., magnitude scale) or dependent (e.g., values of horizontal components) parameters that would complicate their usage in modern seismic assessments. As described above, the procedure of ground motion models selection require approximately three to four recommended GMPEs for each of the main tectonic regimes in practical terms, for example, the period of calculation [6]. Ideally, the choice of these GMPEs should take into account the regional differences in the modes: ASR for active seismic regimes, SSR for stable seismic regimes, MSR for moderate seismic regimes, which take the form of variable GMPE attributes, such as the velocity attenuation with a distance [7]. In this article, we describe the work done during the process of seismic hazard assessment in order to predict soil shaking parameters, to balance these competing goals in the process of selecting several relatively reliable models, which are presented in an unambiguous way [8].

Models, selected for the East Kazakhstan region within the work on seismic hazard assessment provided by the Institute of Seismology, will be shown to demonstrate the results of ground motion models selection. In this article, we pay particular attention to the selection process, which may have a long-term application even after the selected GMPE will be replaced [9].

Procedure, investigated the task of GMPE choosing, including the composition of the group of experts and information, considered in the selection process is presented in the following sections. Then, the general tools used in selection criteria, are described, i.e. trellis plots, comparing GMPE predictions for different scenarios of earthquakes, reviews of investigations, comparing calculated results of predicted and obtained response curves for recent earthquakes. Then we provide the recommended GMPE, as well as the justification for their choice. In short, here is presented only a small part of the material used by the experts for the final selection [10].

Methods. In this section, we present a general procedure developed for the selection of GMPE for three main tectonic regimes: SSR, ASR and MSR. Supervision of the project was carried out by the main group of experts and a wide group of experts, which included all members of the project group. The main group responded to the preparation of the initial GMPE recommendations for the three modes, which were then presented to a wide group of experts for discussion and possible review [11].

We defined the criteria for the selection of GMPE for the modes SSR and ASR as follows:

1. Much attention is paid to GMPE, obtained from international data sets. Exceptions may be made when the GMPE, received on the basis of a local data set, has been verified at the international level and recognized as effective.

2. Much attention is paid to GMPE, having the attributes of their functional form, which we consider desirable, such as the saturation of magnitude, the scaling of distances dependent on magnitude and conditions, do not affect.

If there are several GMPEs that are precisely limited to data, but demonstrate different trends, it is desirable to record these trends in selected GMPEs in order to properly represent epistemic indefiniteness [12].

For MSR, where the amount of data on ground motion was little, these criteria were modified as follows:

1. MSR GMPE is derived mainly from the results of numerical modeling. However, the way that restricted available data are used to limit input parameters for modeling is crucial. Empirical calibration can affect, for example, the parameters of stress drop and attenuation at the site. We prefer that GMPE effectively used the available data to limit the parameters of the model.

2. The same is the second criterion for the modes SSR and ASR (desirable signs of functional form). The range of data for MSR is limited so that the selected models are extrapolated to a reasonable range of data [13].

We are looking for GMPE, which meet the prerequisite criteria and in coincidence represent different geographical regions and use alternative modeling methodologies. This is intended to represent epistemic uncertainty in selected GMPEs [14].

In the process of choosing, we decided not to reduce the weight of GMPE due to difficulty of the parameters implementation, such as the condition of the depth of the pool or the depth to the top of the gap, so that these problems can be overcome with the help of a parameter [15]. We also did not reduce the weight of GMPEs where the site terms are missing, cause they can be estimated for a rock reference state in the hazard analysis and site effects are subsequently added in a hybrid process [16].

With the basic resources developed for the selection of GMPE, there was a synthesis of functional forms, graphs, showing a comparative scale of soil motion with predicted parameters (distance, magnitude, period etc.). Some models provide a simple linear scaling with a reduction of magnitude and distance, while others consider more complex effects [17]. These effects are discussed in comparative GMPE scaling charts.

Results. As an illustration of an example of the international GMPE models selection we chose a seismic hazard assessment work, carried out for the East Kazakhstan region.

As soon as the most part of the territory is belonged to the mode of active crustal regime, and the less part is in the stable region, two modes were highlighted within the process of soil shaking forecasting – active crustal seismic mode and stable mode. For this region, a comparative analysis and selection of GMPEs, developed for similar seismic soil conditions, was carried out. Active and stable seismic models were used to predict ground shakings in peak ground accelerations. Trellis plots of spectral accelerations attenuation with period at different distances from source were calculated, also spectral accelerations were studied and obtained results were compared.

For the active crustal mode, 5 models were used, including the Bommer-Akkar (2010), Zhao (2016), Abrahamson (2014), Boore (2014), Chiou-Young (2014) models, as soon as the weight of the Bommer-Akkar and Zhao models was 80%, weight the other models 20%. Three models were used for stable regions: NGAEast_Boore_AB14-J15, NGAEast_Darragh, NGAEast_Shahjoul-Pezeshk, whose weighs accounted for 30%, 40% and 30% respectively.

Figure 1 shows trellis plots for selected ground motion prediction models in active regions for spectral accelerations at different distances with period attenuation.

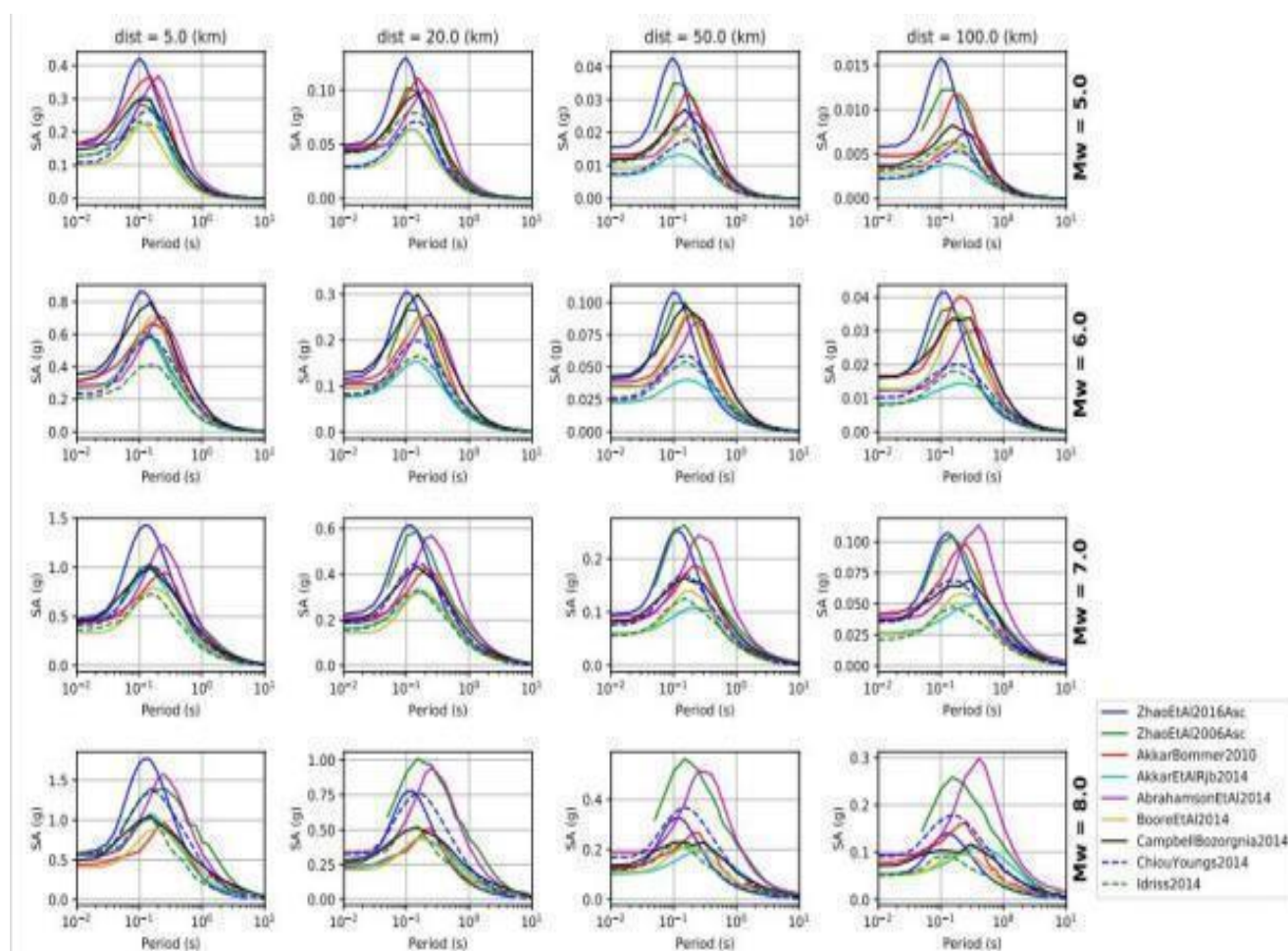


Fig. 1. Trellis plots of the considered ground motion prediction models for earthquakes in tectonically active areas

Figure 2 shows examples of comparing the observed data with the models of Zhao et al. (2016) and Zhao et al (2006).

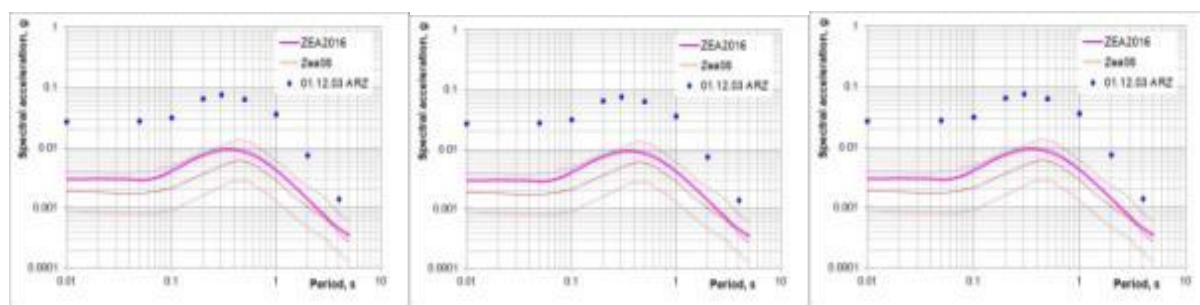


Fig. 2. Comparison of observed data with models by Zhao et al. (2016) and Zhao et al. (2006)

Discussion. In this article, we presented and used the method of selecting international ground motion models within the project OR11465449 – “Seismic hazard assessment of the territories, regions and cities of Kazakhstan on a modern scientific and methodological basis” provided by the Institute of Seismology from 2021 to 2023. GMPEs were obtained from NGA-East, NGA-West, and NGA databases. This procedure should be transparent, objective and reproducible in future projects, for example, for possible updates of the GMPEs. The procedure consists of expert reviews of several sources, including trellis plots, showing the scales of potential GMPEs dependences on the period, magnitude, distance, the functional forms of GMPE models, and the quantitative studies of model data comparisons.

The ground motion prediction equations, or attenuation ratios, express the individual soil shaking parameters in terms of the quantities on which they depend the most. The GMM pre-selection criteria are the reliability of the model, the ability to predict the entire range of magnitude-distance-periods of interest, the use of parameters used in modern international practice. The functional form should include the desired features, such as saturation with respect to magnitude, distance versus magnitude dependence, and terms that simulate inelastic damping effects. To adequately represent epithermal uncertainty, it is recommended to use models that show different trends if they are well supported by data. For each seismic and tectonic mode is applied an additional criteria for selecting predictive dependencies, related to the methods and features of their obtaining.

On the basis of expert analysis of the above-mentioned sources of information, a set of GMPE for each of the tectonic regimes was proposed, as described in the previous section. They consisted of five GMPEs for active crustal seismic mode, three GMPEs for stable mode. For active crustal regions the Bommer-Akkar (2010) and Zhao (2016) models were in better agreement with the data than Abrahamson (2014), Boore (2014), Chiou-Young (2014) models and had larger weights in calculation results.

We emphasize that the purpose of this article is to select a set of GMPE for hazard analysis, which could be used to obtain seismic hazard assessment maps, either on regional or local scale. In addition, the development of GMPE is constantly evolving in the field of research, and new or updated GMPE are regularly published, new available GMPEs become more empirical, and widely studied. Thus, the recommended GMPE set here should not be considered as a long-term recommendation, and it should be regularly reviewed.

REFERENCES

- [1] Abrahamson N.A., Silva W.J. Summary of the Abrahamson & Silva NGA Ground-Motion Relations//Vol. 24: Earthquake spectra – 2019 – p.67–97.
- [2] Abrahamson, N., Gregor, N., Addo, K. BC Hydro Ground Motion Prediction Equations for Subduction//Vol. 32: Earthquake spectra – 2019 – p.23-44.
- [3] Akkar, S., and Bommer, J. J. Empirical equations for predicting PGA, PGV and spectral accelerations in Europe, Mediterranean and Middle East//Vol 81: Letters on seismological studies – 2010 – p.195–206.

- [4] Arango, MS, Strasser, F.O., Bommer, J.J., Sepeda, J.M., Boroshek, R., Hernandez, D.A., and Tavera, H. Evaluation of the applicability of modern ground motion models of the subduction zone of South and Central America//Vol.102: Bulletin of the Seismological Society of America – 2012 – p.143–168.
- [5] Arroyo, D., Garcia, D., Ordas, M., Mora, M.A., Singh, S.K. Strong ground motion prediction equations for Mexican interglacial soils//Vol.14: Journal of Seismology – 2010 – p. 769–785.
- [6] Atkinson, G.M. Ground motion prediction equations for the Eastern part of North America based on empirical approach: consequences for epistemic uncertainty//Vol.98: Bulletin of the Seismological Society of America – 2008 – p.304–318.
- [7] Atkinson, G.M., and Boore, D.M. Ground motion prediction equations in the east of North America//Vol.96: Bulletin of the Seismological Society of America – 2006 – p.2181–2205.
- [8] Bowal, K., Tasan, H., Lorendo, A., Delavo, E., Cotton, F., Gegen, F., Cohen, N., 2012. On checking the ground motion prediction models with a given magnitude//Vol.102: Bulletin of the Seismological Society of America – 2012 – p. 1994–2007.
- [9] Boroshek, R., Contreras, V., Kwak, D.Yu., Stuart, J.P., 2012. Strong ground motion signs during the Maule earthquake in Chile in 2010 with magnitude 8.8//Vol.28: Spectra of Earthquakes – 2012 – p.19-38.
- [10] Bozorgnia Y., Campbell, K. et all. NGA-West 2 Research Project//Vol.30: Earthquake Spectrum – 2014 – p.973–987.
- [14] Bradley, B.A. Ground motion prediction equations with pseudo-spectral acceleration for active shallow earthquakes based on foreign models//Vol.180: Bulletin of Seismological Society of America – 2013 – p. 862-880.
- [15] Campbell, K.V., 2003 Prediction of strong ground motion using the hybrid empirical method and development of attenuation in the Eastern part of North America//Vol.10: Bulletin of Seismological Society of America – 2003 – p. 705-715.
- [16] Campbell K. 2014 An Evaluation of Eastern North American Ground- Motion Models Developed Using the Hybrid Empirical Method//Vol.104: Bulletin of the Seismological Society of America – 2014 – p.347–359.
- [17] Campbell K.W. and Bozorniya Y. NGA Ground Motion Model for the Geometric Mean Horizontal Component of PGA, PGV, PGD and 5% Damped Linear Elastic Response Spectra for Periods Ranging from 0.01 to 10 s //Vol.24: Spectra of Earthquakes – 2008 – (17).

Н.В. Силачева, А.Д. Кудабасева*

Сейсмология институты, Алматы, Қазақстан

*e-mail: guapa89@mail.ru

КҮШТІ ЖЕР ҚОЗҒАЛЫСЫ ҮШІН ӘЛСІРЕТУ МОДЕЛЬДЕРІН ТАҢДАУ ТУРАЛЫ

Аңдатпа. Күшті қозғалыстың әлсіреуі модельдері (GMPE) жер сілкінісі көрсеткіштерін жер сілкінісінің көзін, жолын және орнындағы әсерді сипаттайтын айнымалылармен байланыстырады. Көптеген қолжетімді GMPE-лердің ішінен біз сейсмикалық қауіпті бағалауда қолдануға жарамды және аймақтық сеймотектоникалық жағдайларды ескеретін модельдерді таңдаймыз. Біз көпөлшемді жердегі қозғалыс тенденцияларын (мысалы, шама, қашықтық және құрылымдық кезеңде) бағалайтын, функционалдық пішіндерді зерттейтін және тәуелсіз деректерге қарсы GMPE өнімділігінің сандық сынақтарын бағалайтын GMPE таңдау процедурасын ұсынамыз. Біздің ұсыныстарымызға жер қыртысының сейсмикалық белсенді аймақтары үшін халықаралық модельдеуге негізделген модельдер, жер қыртысының тұрақты аймақтары үшін модельдер кіреді. Эпистемологиялық белгісіздіктерді болжау үшін іріктеу процесі қашықтық бойынша ыдырау жылдамдығы сияқты негізгі GMPE атрибуттарының балама көріністерін ескереді.

Негізгі сөздер: күшті жердегі қозғалыстардың әлсіреуі модельдері (GMPE), әлсіреуі, жердегі қозғалыстар.

Н.В. Силачева, А.Д. Кудабаева*

Институт сейсмологии, Алматы, Казахстан

*e-mail: guapa89@mail.ru

О ВЫБОРЕ МОДЕЛЕЙ ЗАТУХАНИЯ СИЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ГРУНТА

Резюме. Модели затухания сильных движений грунта (GMPE) связывают показатели сотрясений движений грунта с переменными, описывающими очаг землетрясения, путь и воздействие на месте. Из множества доступных GMPE мы выбираем те модели, которые подходят для использования при оценке сейсмической опасности и учитывают региональные сейсмотектонические условия. Мы представляем процедуру выбора GMPE, которая оценивает тенденции многомерного движения грунта (например, по величине, расстоянию и структурному периоду), исследует функциональные формы и оценивает количественные тесты производительности GMPE по сравнению с независимыми данными. Наши рекомендации включают международные модели, основанные на моделировании, для сейсмоактивных коровых регионов, модели для стабильных областей земной коры. Чтобы приблизительно учесть эпистемологические неопределенности, процесс выбора учитывает альтернативные представления ключевых атрибутов GMPE, таких как скорость затухания на расстоянии.

Ключевые слова: модели затухания сильных движений грунта (GMPE), затухание, движения грунта.

¹Т.Мустафин*, ¹Б.Кулпешов, ²А.Зейнуллин, ³С.Мустафин, ⁴А.Тойгожинова

¹Казахстанско–Британский технический университет, Алматы, Казахстан

²Казахстанская Национальная Академия Естественных наук, Нур-Султан, Казахстан

³Институт информационных и вычислительных технологий, Алматы, Казахстан

⁴Казахская академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан

*e-mail: mustafintima@mail.ru

О ПРОБЛЕМЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА ЗАКЛАДКИ

Аннотация. Материал работы относится к проблемам выбора и сравнения состояний динамического объекта для осуществления комплексного контроля состояния объекта закладки по разнородной информации и может быть применен в системах диагностики и управления объектами для оперативного получения достоверной информации о состоянии объекта закладки. Цель работы состоит в создании системы мониторинга и контроля процессов твердения закладочного материала, позволяющей вести постоянный удаленный мониторинг и помощь в подготовке и принятии краткосрочных управленческих решений для своевременного предупреждения аварийных ситуаций и их возникновения, последствия, снижение затрат на изготовление и эксплуатацию системы. Отмечено, что каждый показатель закладки в отдельности определяет состояние массива частично, только одну ее сторону описания, и не может быть глобальной оценкой состояния всего объекта.

Ключевые слова: контроль, динамический многопараметрический объект, отклонение, оценка изменения состояния закладки.

Введение. Как известно, с развитием математического моделирования и вычислительной техники стало возможным решать задачи, возникающие в процессе жизнедеятельности, облегчить, ускорить, повысить качество результата. К примеру, работа различных систем жизнеобеспечения, взаимодействие человека с компьютером, появление роботизированных систем и др. Тем не менее, обеспечить удовлетворительный результат в ряде задач не удается.

Реализации математических моделей на компьютере в основном подчинялись классической схеме математического моделирования: математическая модель – алгоритм – расчет. Однако помимо классических идей этой схемы возникали методы, основанные на совершенно иной природе, и как показывала практика решения некоторых задач, они зачастую давали лучший результат, нежели решения, основанные на математических моделях. Их идея заключалась в отказе от стремления создать исчерпывающую математическую модель изучаемого объекта (причем часто адекватные модели были громоздки и не поддавались практически вычислительным экспериментам), а вместо этого удовлетвориться ответом лишь на конкретные интересующие нас вопросы, причем эти ответы следует искать из общих для широкого класса задач соображений [1,2].

До недавнего времени существовало мнение, что традиционные математические методы в принципе достаточны для решения любых задач анализа данных. Однако на фоне многочисленных практических успехов утверждения, что любая конкретная задача, может быть, в принципе решена на основе математического моделирования выглядят нереально оторванными от жизни. Если раньше решение задач с использованием математического моделирования было чуть ли не единственным методом решения, то сейчас ситуация поменялась – использование математического моделирования может быть дополнено методами, основанные на совершенно иной природе. Необходимость разработки новых подходов к решению поставленных задач является ответом на вызовы стоящих перед практикой проблем [3,4].

Использование математического моделирования с привлечением методов интеллектуальной обработки данных позволяет решать задачи, как показывала практика, давая зачастую лучший результат, нежели решения, основанные на сложных математических моделях [2].

Предлагаемая нами методика решения задачи контроля состояния динамического объекта рассмотрена на проблеме оценки изменения состояния закладки, применяемой в горной промышленности, конкретнее, может быть использована при анализе данных по закладочному материалу, применяемого при разработке месторождений полезных ископаемых с использованием закладки, для оценки изменений состояния сложного динамического объекта закладки по измерениям параметров закладочного материала в выбранные моменты времени t_1, t_2 [4-6].

В горном деле закладку определяют как заполнение закладочным материалом выработанного пространства, которое образуется в недрах земли в результате выемки полезного ископаемого. Применение закладки на горнодобывающих предприятиях вызвано обеспечением безопасного процесса ведения добычных работ, сохранением строений на поверхности земли, обеспечением безопасности людей и сохранения окружающей среды и т. д. С этой целью выработанное пространство заполняют закладочным материалом, который после достижения определенного состояния прочности должен выполнять функцию поддерживающих целиков.

Методы. К основным методам контроля состояния закладки относятся: радиометрический контроль, ультразвуковой метод, методы местных разрушений, методы ударных воздействий, акустический метод, метод измерения температуры материала и т. д.

Основными недостатками перечисленных методов являются односторонность описания объекта рассмотрения и необходимость построения индивидуальных градировочных зависимостей по результатам исследований закладки такого же состава и возраста.

Цель предлагаемого подхода – построение метода сравнения состояний закладочного материала за счет использования структуры данных по состояниям объекта закладки в моменты времени t_1, t_2 , уменьшающий организационную и интеллектуальную нагрузку на эксперта.

Технический результат предлагаемого нами заключается в повышении достоверности оценки изменения состояния объекта исследования с оперативным определением относительной величины и характера изменения его состояния.

Задача модели – повышение достоверности и оперативности оценки изменения состояния закладки, применяемой при разработке месторождений полезных ископаемых с использованием закладочного материала, и уменьшающий нагрузку на эксперта.

Содержательная запись предлагаемого метода. Методика оценки изменений состояния сложного динамического объекта по измерениям параметров объекта в моменты времени t_1, t_2 состоит, по крайней мере, из трех этапов и заключается в измерении j параметров состояний закладки z_j^1, z_j^2 ($j = 1, n$) в моменты времени t_1, t_2 соответственно; в нормализации значений параметров состояния объекта закладки S по интервалам изменения параметров описания объекта закладки и далее в оценке изменения состояний закладки согласно следующему решающему правилу: оценка изменения $R(1,2)$ между состояниями $S(t_1)$ и $S(t_2)$ объекта закладки S равна средней от суммы приведенных отклонений по всем параметрам закладки.

Не останавливаясь на первом этапе по причине принадлежности этого этапа к предметной области эксперта (постановщика задачи) рассматриваемой области, перейдем ко второму этапу. Необходимость второго этапа, нормализации выборок данных, вызвана природой используемых параметров, численные значения которых сильно зависят от физической природы соответствующих параметров, и для различных параметров эти

значения могут сильно различаться между собой по абсолютным величинам. Так, например, данные могут содержать параметры разные по физическому содержанию - и параметры, измеряемые в метрах, и параметры, измеряемые в процентах, и параметры, измеряемые в сотнях тысяч паскаль и т.д. Нормализация данных позволяет привести все используемые числовые значения параметров описания объекта исследования к одной области изменения, благодаря чему появляется возможность рассматривать их в одной модели – производить алгебраические действия над текущими параметрами закладки для определения близости его состояний. Предлагаемая модель позволяет проводить нормализацию для описания состояний закладки, имеющих как количественный, так и дискретный характер. Выбор интервалов изменения параметров объекта закладки выполняется из содержательных соображений, характеристик приборов измерения параметров и полностью возлагается на эксперта рассматриваемой предметной области знаний, в нашем случае, на технолога разработки месторождений полезных ископаемых с закладкой. Заключительный этап состоит в оценке изменения состояний закладки согласно предлагаемому решающему правилу.

Формальная запись предлагаемого выглядит следующим образом.

1. Измерение j параметров состояний закладки z_j^1, z_j^2 ($j = 1, n$) в моменты времени t_1, t_2 соответственно;

2. Нормализация значений параметров состояния объекта закладки S по интервалам изменения параметров описания объекта закладки;

3. Оценка изменения $R(1,2)$ между состояниями объекта закладки S равна средней от суммы приведенных отклонений j параметра $r_j(1,2), j = 1, n; 0 \leq R(1,2) \leq 1$.

Текущее состояние закладочного материала, применяемого при разработке месторождений полезных ископаемых с закладкой, можно охарактеризовать следующим набором параметров:

1. температурный параметр T твердения закладки, измеряемый в градусах, $^{\circ}C$; для измерения температуры используют термоэлектрические пирометры (термометры); электрические термометры сопротивления, иногда бесконтактные термометры.

Температура закладочного материала изменяется от $15^{\circ}C$ до $45^{\circ}C$.

2. ультразвуковой импульсный параметр $V_{ульра}$ основан на том, что распространение ультразвуковых колебаний в среде определяется ее составом, структурой и свойствами; излучатель импульсов устанавливают в начальной точке отсчета, а приемник перемещают в точки измерения, расстояние между которыми известно. По времени распространения ультразвуковых колебаний и расстоянию между излучателем и приемником определяют скорость распространения импульса v , измеряется в м/сек; Ультразвуковой параметр закладочного материала изменяется в интервале от 2800 м/сек до 4200 м/сек.

3. плотность материала закладки D , измеряемая в $кг/м^3$.

одна из характеристик материала - плотность закладки: от нее в большой мере зависит прочность материала. Плотность закладки, удельный вес – это соотношение массы материала к его объему. Плотность закладки нарастает в процессе затвердевания материала по мере испарения воды. Плотность закладки изменяется от 800 до 1500 $кг/м^3$.

4. влажность объекта M , измеряемая в %; метод измерения влажности объекта закладки основан на эффекте поглощения электромагнитной энергии высокой частоты молекулами воды, при распространении электромагнитной волны в веществе. Параметр по влажности закладочного материала изменяется от 40% до 60%.

5. показатель электропроводимости закладки G , измеряемый в сименсах на метр ($См/м$); Многочисленные экспериментальные исследования показывают, что общая закономерность изменения проводимости закладочной смеси имеет место. Величина изменяется от 0.1 $См/м$ до 10 $См/м$.

Дальнейшее вычисление оценки $R(1,2)$ в многомерном пространстве параметров позволяет получить количественную оценку изменения состояния закладочного материала $S(t)$ при переходе от состояния $S(t_1)$ к состоянию $S(t_2)$.

Для вычисления оценки близости состояний закладочного материала экспертом формируется набор значимых, легко извлекаемых и изменяемых во времени параметров, являющихся частичными описаниями состояния материала $S(t)$.

Тогда последовательность шагов предлагаемого метода такова.

1. Выбор порогов ε, δ на изменение параметров закладки S , $0 \leq \varepsilon, \delta \leq 1$ (%).

2. В момент времени t_1 (сут.) проводим измерения параметров закладки.

Проводим нормализацию параметров закладки - отображаем значения параметров в $[0,1]$.

3. В момент времени $t_2 = (t_1 + 1)$ (сут.) проводим измерения параметров закладки.

Проводим нормализацию параметров закладки - отображаем значения параметров в $[0,1]$.

Определяем близость состояний закладки $R(1,2)$ в моменты t_1 и t_2 .

Если величина $R(1,2) > \delta$ (%), то можно заявить о готовности закладки для эксплуатации, иначе, переходим к измерениям в момент времени $t_3 = (t_2 + 1)$.

4. В момент времени t_3 (сут.) проводим измерения выбранных параметров закладки. Проводим нормализацию параметров закладки, определяем близость состояний закладки $R(2,3)$ в моменты t_2 и t_3 .

Если величина $R(2,3) > \delta$ (%), то можно заявить о готовности закладки для эксплуатации, иначе, переходим к измерениям в момент времени $t_4 = (t_3 + 1)$. И т. д.

Следует отметить, что поскольку процесс твердения закладки затухающий, то момент начала возможной эксплуатации закладки обязательно наступит. Нормативное время твердения закладки не должно превышать 30 суток. Сам способ интуитивно понятен и вычислительно прост, для его реализации не требуется трудоемких расчетов.

Выводы. Предлагаемый подход установил принципиальную возможность применения предлагаемой методики для решения задачи определения момента начала эксплуатации закладки.

Заключение. Тематика работы относится к проблемам выбора и сравнения состояний динамического объекта, которые осуществляются для контроля состояния многопараметрического объекта по разнотипной информации о закладке. Построен параметрический метод определения величины изменения состояния закладки в последовательные моменты времени. Показана последовательность этапов применения предлагаемой оценки для определения момента принятия закладки к эксплуатации. Изложенное применимо в различных достаточно далеких друг от друга областях знаний, там, где необходим мониторинг и контроль тенденций изменения состояния многопараметрического объекта.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дородницын А.А. Проблема математического моделирования в описательных науках. Кибернетика. 1983.- 4, 6–10
- [2] Журавлев Ю. И. Избранные труды, М.: Магистр, 1998, 568 с.
- [3] Вентцель Е.С. Исследование операций, М.: Наука, 1975. 610 с
- [4] Байконуров О.А. Классификация и выбор методов подземной разработки месторождений, Алма-Ата: Наука, 1969. 606 с.
- [5] Байконуров О.А., Крупник А.Л., Мельников А. В. Подземная разработка месторождений с закладкой, Алма-Ата: Наука, 1972. 384 с.
- [6] Байконуров О.А., Мельников А. В. *Основы горной геофизики.*-Алма-Ата: Наука, 1970. 323 с.

REFERENCES

- [1] Dorodnicyn A.A. Problema matematicheskogo modelirovaniya v opisatel'nyh naukah. Kibernetika. 1983.- 4, 6–10
- [2] Zhuravlev Ju. I. Izbrannye trudy, M.: Magistr, 1998, 568 s.
- [3] Ventcel' E.S. Issledovanie operacij, M.: Nauka, 1975. 610 s
- [4] Bajkonurov O.A. Klassifikacija i vybor metodov podzemnoj razrabotki mestorozhdenij, Alma-Ata: Nauka, 1969. 606 s.
- [5] Bajkonurov O.A., Krupnik A.L., Mel'nikov A. V. Podzemnaja razrabotka mestorozhdenij s zakladkoj, Alma-Ata: Nauka, 1972. 384 s.
- [6] Bajkonurov O.A., Mel'nikov A. V. Osnovy gornoj geofiziki.-Alma-Ata: Nauka, 1970. 323 s.

¹Т.Мустафин*, ¹Б.Кулпешов, ²А.Зейнуллин, ³С.Мустафин, ⁴А.Тойгожинова

¹Қазақстан-Британ Техникалық Университеті, Алматы, Қазақстан

²Қазақстан Ұлттық Жаратылыстану Ғылымдары Академиясы, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

³Ақпараттық және Есептеуіш Технологиялар Институты, Алматы, Қазақстан

Логистика және Көлік Академиясы, Алматы, Қазақстан

*e-mail: mustafintima@mail.ru

БЕТБЕЛГІ НЫСАНЫНЫҢ ЖАҒДАЙЫН КЕШЕНДІ БАҒАЛАУ МӘСЕЛЕСІ ТУРАЛЫ

Андатпа. Жұмыс материалы әртүрлі ақпарат бойынша бетбелгі нысанының жағдайын кешенді бақылауды жүзеге асыру үшін динамикалық нысанның күйлерін таңдау және салыстыру мәселелеріне жатады және көп параметрлі нысанның жай-күйі туралы сенімді ақпаратты жедел алу үшін нысандарды диагностикалау және басқару жүйелерінде қолданылуы мүмкін. Жұмыстың мақсаты апат жағдайларын және олардың туындауын, салдарын уақытылы алдын алу, жүйені дайындауға және пайдалануға арналған шығындарды азайту үшін қысқа мерзімді басқару шешімдерін дайындауға және қабылдауға тұрақты қашықтықтан мониторинг жүргізуге және көмек көрсетуге мүмкіндік беретін толтырым материалдарының қатаю процестерін бақылау мен автоматтандырылған мониторинг жүйесін құру болып табылады. Толтырымның әр көрсеткіші сілемнің күйін ішінара, оның сипаттамасының тек бір жағын ғана анықтайтыны және нысанның бүкіл күйін жаһандық бағалай алмайтындығы атап өтілді.

Негізгі сөздер: бақылау, динамикалық көп параметрлі нысан, ауытқу, бетбелгі күйінің өзгеруін бағалау.

¹T. Mustafin*, ¹B. Kulpeshov, ²A. Zeinullin, ³S. Mustafin, ⁴A. Toigozhinova

¹Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan

²Kazakhstan National Academy of Natural Sciences, Nur-Sultan, Kazakhstan

³Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan

⁴Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: mustafintima@mail.ru

ABOUT A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE STATE OF FILLING MATERIAL

Abstract. The work material relates to problems of selection and comparison of states of a dynamic object for complex monitoring of the state of laying by heterogeneous information and can be used in diagnostic and control systems of objects for prompt obtaining of reliable information on the state of a object.

The purpose of the work is to create a system for monitoring and controlling the processes of hardening of the filling material, which enables to make continuous remote monitoring and helps prepare and make short-term management decisions for the timely prevention of emergencies and their occurrence, consequences, reducing the cost of manufacturing and operating the system.

It is noted that each filling material indicator separately determines the state of the array partially, only one side of its description, and cannot be a global assessment of the state of the entire object.

Keywords: control, dynamic multivariable object, deviation, evaluation of changes in the state of filling materials.

¹K. Rysbekov*, ²Bi, Yinli, ³H.S. Demeuov, ⁴G. Mukanova, ¹Y. Zhakypbek

¹Mining and Metallurgical Institute, Satbayev university, Almaty, Kazakhstan

²China University of Mining & Technology, Beijingdisabled, Beijing, China

³Department of agrochemical, soil surveys and complex survey work, Almaty, Kazakhstan

⁴Al-Farabi Kazakh national University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: k.rysbekov@satbayev.university

ASSESSMENT OF SOIL POLUTION BY HEAVY METALS IN THE AREA OF OPEN MINING WORKS

Abstract. This article discusses the assessment of the level of soil pollution of heavy metals by their content in the conditions to mining and processing production associations. According to the results of laboratory analysis of the studied soils, the predominant types of HM soil contamination were identified. We have studied 8 heavy metals, the determination of the content on the territory of mining plants showed a quantitative increase in the content of heavy metals in the soil. According to the scale of soil contamination by heavy metals on the territory of the mining and processing production Association, it can be attributed to the average level of pollution.

In research for the first time analyzed and assessed technogenic soil pollution of heavy metals in their mobile content and on this basis the proposed activities on environmental protection designed for the mining and processing production associations, including: measures to reduce impact, protection and rational use of soil.

This article demonstrates that currently the main factors contributing to soil contamination of HM are mining plants.

Keywords: Concentration, heavy metals, soil, MAC, disturbed land, dumps, reclamation, bioremediation.

Introduction. Open-pit mining is currently one of the largest sources of land disturbance and environmental pollution. The impact on the biosphere of technogenic landscapes, the spread of pollutants formed as a result of open-pit mining and processing plants, causes unpredictable negative effects on the state of the soil, vegetation, representatives of the animal world and human health. This requires the development of a set of measures for the return of waste land in a usable form. In the Republic of Kazakhstan, the rate of reclamation is significantly slower than the rate of land disturbance during open-pit mining operations. Therefore, the problem of restoration of land disturbed by open-pit mining operations takes on special significance. As a result of economic activities of mining enterprises harmful emissions enter into the atmosphere, heavy metals enter the environment, and the hydrogeological conditions of the area change. In this regard, an integral part of the activity of any subsurface user is the artificial restoration of soil and vegetation fertility after a man-made disturbance, i.e. the combination of reclamation and mining operations in order to intensify the reclamation of destroyed land.

The development of open deposits leads to land disturbance during mining operations and storage of overburden. Timely reclamation of disturbed land in accordance with the requirements of legislation is the direct responsibility of the subsoil user. The restoration of previously extracted quarry space is an extremely important task of a mining enterprise. The use of water management in reclamation involves the use of previously extracted quarry space to create a reservoir using various rehabilitation methods [13].

Industrialization and technological progress increase the burden on the environment, releasing large amounts of hazardous waste, heavy metals (cadmium, chromium and lead) that have caused serious damage to the ecosystem. The accumulation of heavy metals and metalloids in soils and waters continues to pose serious health problems for people around the world, as these metals and

metalloids cannot decompose to non-toxic forms, but remain in the ecosystem [8]. Heavy metal pollution is currently a serious environmental problem, as metal ions persist in the environment due to their non-degradable nature.

Despite the use of the most modern equipment and environmentally friendly technologies, the impact of the mining industry on the environment, on its main components (atmospheric air, soil, vegetation cover, surface and ground water) is inevitable [18]. According to the General opinion of scientists, the main sources of biosphere pollution are mining and processing industry (38 %), energy (22 %) and transport (16 %). These 3 sources together account for about three-quarters of the total pollution of the biosphere. The impact of the mining industry on the environment is manifested in two main aspects (directions). First, the integrity of the natural landscape is violated when mining ore by open pit method, as well as by waste rock dumps. Secondly, the open space of the quarry and waste rock dumps after ore processing are the main sources of pollution. Air and water pollutants (HM) enter the environment [14].

Soil, as a complex bio-organomineral complex, is the natural basis for the functioning of ecological systems of the biosphere. Most often, the soil is polluted with heavy metals such as iron, copper, zinc, lead, cadmium, etc. They are also known as trace elements, because they are needed in small amounts by plants. However, due to vehicle exhaust gases, industrial emissions, irrigation with runoff water, application of phosphorous and organic fertilizers, use of pesticides, etc., their concentration in the soil may increase. The level of soil contamination with heavy metals affects the indicators of soil biochemical activity, the species structure and the total number of microbocenoses [1].

Heavy metal toxicity affects the number, diversity, and activity of microbial populations, as well as their genetic structure. It affects the morphology, metabolism and growth of microorganisms by changing the structure of nucleic acids, destroying cell membranes, causing functional disorders, suppressing enzyme activity and oxidative phosphorylation, and causing lipid peroxidation, changes in osmotic balance and protein denaturation [26].

Metal pollution affects the fauna and microfauna of the soil. Soil invertebrates suffer too, often there is the death of earthworms. In soils contaminated with metals, the most important microbiological and chemical properties change significantly. The state of the microbocenosis deteriorates. Concentrations of heavy metals affect the biological activity of soil microorganisms. Soil contamination with heavy metals puts pressure on sensitive microorganisms, changing the diversity of soil microflora, which is a trophic group of microorganisms [1].

Soil is the most important element of biogeocenosis [9-13], it includes various polluting components of chemical origin, such as heavy metals that bind to the organic and mineral environment of the soil, increasing its toxicity [27]. Excess of heavy metal content in the soil cover negatively affects the agricultural products grown and plant phytosanitary indicators [2], which, in turn, is an important marker of the environmental quality of crop production in the agro-industrial complex [17].

Reclamation of technogenic lands takes place in two stages: mining and biological. Mining engineering consists in preparing land, planning the terrain surface, applying fertile soils, reclamation works, etc. the Biological stage of reclamation consists of a complex of agrotechnical and phytomeliorative measures aimed at restoring the environment of living organisms and economic productivity of land. Phyto recultivation of technogenic lands is a set of measures aimed at improving and creating the fertility of recultivated lands by growing herbaceous, shrubby and woody meliorative crops. Phyto recultivation as one of the stages of restoration of land disturbed by industry is a way not only to increase productive land for the national economy (grazing, haymaking, etc.), but also to expand the area occupied by vegetation in general.

The main indicator that characterizes the impact of pollutants on the environment is the maximum permissible concentration (MPC). From the point of view of ecology, the maximum permissible concentrations of a specific substance are the upper limits of limiting environmental

factors (in particular, chemical compounds), in which their content does not exceed the permissible limits of the human ecological niche [4].

Timely technical rehabilitation of disturbed land contributes to the restoration of terrain after the completion of field development. Preparing the terrain of the minefield helps to improve the ecological qualities of the land and preserve vegetation. Restoration of abandoned quarries helps to improve the quality of the environment in the field of subsoil use and can be included in regional development planning. Providing the technical stage of development of the spent quarry reduces the cost of restoring disturbed land. These rational methods of developing the developed space in open-pit mining contribute to the preservation of the surrounding area [12].

Protection of the natural environment from technogenic impact is the most important problem of our time. Although the last decade has been actively taking measures to protect and improve nature, nevertheless, the General condition continues to deteriorate [9].

To accelerate the restoration of soil and vegetation cover, it is necessary to carry out reclamation works aimed at improving the conditions of soil formation in technogenic landscapes, thereby ensuring the long-term functioning of phytocenoses. One of the options for a rational method of soil restoration is the formation of technozems, with a mixture of dumping.

The most promising method for cleaning up pollution in industrialized countries is currently considered phytoremediation – cleaning the soil with plants. Individual plant species that grow in polluted areas can accumulate a certain amount of heavy metals in their tissues without visible signs of oppression.

Objects and methods of research. The object of research is the soil cover of disturbed lands in the territory where mining operations are carried out.

The territory of the study belongs to the black earth zone, mainly located within the West Siberian lowland, most often represented by ordinary chernozems of medium-sized medium-humus and ordinary low-power low-humus chernozems. This is the best land in the region. According to their mechanical composition, they belong to heavy and medium-loamy soils. The composition of this zone include arrays of Chernozem ordinary carbonate. The predominant soils in the study area are ordinary chernozems formed on medium and heavy loess-like carbonate loams.

Soil samples were collected using the envelope method from a ten-centimeter layer of soil in three repetitions according to the generally accepted method of soil monitoring. Soil sampling was performed as follows: a mixed sample consisting of 5 samples taken using the envelope method (at the corners of the site and in the center) was taken from the selected site. Samples were taken with a shovel at a depth of 0-10 cm and 10-20 and 20-30 cm of the horizon of 5 test objects of soil samples taken in three-fold repetition from five control points located at different distances (#1-control #2 -2 test object, # 3 -3 test object, # 4-4 test object, # 5-5 test object).

For eco-toxicological assessment of soils, the maximum permissible concentrations (MPC) of HM for their gross and mobile forms were used. The degree of soil contamination of HM was assessed by a coefficient. The critical values that characterize the total TM contamination by hazard level are as follows: for HM <contamination is considered acceptable.

The study used the method of atomic absorption spectrometry. The determination of heavy metals was carried out on the atomic absorption spectrometer "AAS IN". The temperature in the flame of the atomic absorption spectrometer is 1400°C.

Results and discussion. Soil as a biological environment serves as a primary link in the human food chain, so determining the level of toxic elements in it is important for assessing the anthropogenic impact.

It is well known that the main environmental standard for soil pollution is the maximum permissible concentration (MPC).

The degree of soil contamination with chemical elements was assessed by comparing the level of element content in the soil with the MPC. This standard is a comprehensive integral indicator of the harmless content of a chemical substance in the soil. Reflecting the objective laws of the

relationship between the body and the chemical substance of the soil, MPC allows you to prevent the negative impact of toxicants on the contact environment and human health, to preserve the barrier function of the soil, to predict possible changes in connection with existing soil contamination.

Soil contamination with heavy metals (HM) in large industrial centers has become one of the most pressing environmental problems for Kazakhstan. In the industrial regions of the country, significant pockets of anthropogenic disturbances and soil contamination are common. The number of HM and the defined indicators of their normalization in the Republic of Kazakhstan are shown in table 1.

Table 1. **Maximum permissible concentrations (hereinafter-MPC) of chemicals in the soil**

№ п/п	Name of the substance	The value of the MPC MK / kg of soil, taking into account the background (Clark)
1	2	3
1	cobalt	5,0
2	Iron	55000
3	Copper (movable form)	2,8
4	Lead	32,0
5	Manganese (gross form)	1500
6	Nickel (movable form)	4,0
7	Zinc (movable form)	23,0
8	Cadmium (gross form)	5,0

The results of research in the test objects of the production Association showed that heavy metal contamination of agroecosystems, in particular, reduces the productivity of plants, changes the phytocenoses, as well as the environment of this region. Therefore, the content of heavy metals in the soil at different points of the industrial zone was studied for the environmental assessment of ordinary chernozems in this zone. The data analysis is presented below.

The content of heavy metals (Fe, Cu, Zn, Pb, Mn). The content of cadmium, which practically does not exceed the MPC for soil horizons and varies as in chernozems: $0.12 \div 0.5$ mg/kg. Table 1. The concentration of lead in the soil ranges from 2.80 to 25.20 mg/kg. It was found that the lead content does not exceed the MPC for agroecosystem soils (MPC = 30 mg/kg).

A similar decrease in some points of the lower soil horizons was found for copper, the concentration of which is 1.08 - 10.44 mg / kg with a range of gross content of 2 - 100 mg/kg and the MPC level = 60 mg/kg. The concentration of zinc in the range of 28.0 - 126 mg / kg, where in soil samples exceeded the permissible norms by 1.4-2.2 times with a range of gross content in soils of 10 - 300 mg/kg and a Clarke content of 50 mg/kg (according to Vinogradov) [10] and MPC = 70 mg/kg. The level of iron accumulation is $8000,0 \div 35200$ mg / kg, which corresponds to the range of gross metal content of $7000 \div 550000$ mg/kg.

The concentration of manganese was in the range of 185.60-1055.60 MPC. The content of heavy metals (Co, Ni) in the studied soils exceeds their Clarke values and the available MPC, Nickel in the soil samples exceeded the permissible norms-3.12-44.20 MPC-8 times, the highest content of cobalt was observed-2.90-18.08. mg/kg.

The level of Nickel concentration in the upper layer of soils may depend on the degree of technogenic contamination. In areas with a developed Metalworking industry, there is a very high accumulation of Nickel in the soil, and the content of Nickel in the soil largely depends on the availability of this element of soil-forming rocks. The highest concentrations of Nickel are usually observed in clay and loam soils, in soils formed on basic and volcanic rocks and rich with organic matter.

The main sources of cobalt entering the environment are non-ferrous metallurgy enterprises. Polluted soil loses its structure and its overall porosity decreases. The destruction of the structure leads to a violation of water permeability, deterioration of the air and water regime of the soil. The flow of cobalt in the food chain, biotransformation, microbial decay and chemical transformation.

Table 1. The results of the analysis of soil samples on content of heavy metals mg / kg

Points	The Depth Of The Incision	Pb	Cd	Zn	Cu	Fe	Ni	Co	Mn
PSP control	10	5,60	0,12	49,00	6,48	24640,0	19,24	5,80	638,00
	20	8,40	0,12	32,20	3,24	11200,0	14,04	2,90	336,40
	30	9,50	0,54	84,00	10,44	29760,0	21,84	23,20	2668,0
Test Object1	10	11,20	0,36	70,00	6,48	14080,0	26,00	8,12	736,60
	20	4,20	0,30	42,00	1,08	8000,0	16,64	3,48	667,00
	30	2,80	0,24	37,80	1,26	5120,0	17,68	3,48	562,60
Test Object2	10	11,20	0,12	43,40	3,96	16000,0	13,00	6,96	1392,0
	20	2,80	0,18	28,00	2,16	9600,0	4,16	2,90	551,00
	30	8,40	0,30	64,40	5,40	35200,0	3,12	13,34	2204,0
Test Object3	10	14,00	0,12	67,20	6,48	21760,0	16,64	6,96	185,60
	20	14,00	0,24	60,20	9,00	15040,0	28,60	9,28	812,00
	30	14,00	0,18	51,80	6,12	18240,0	22,36	6,38	765,60
Test Object4	10	25,20	0,18	126,00	14,40	30060,0	44,20	15,08	1055,60
	20	16,80	0,36	98,00	10,44	25600,0	39,00	11,60	539,40
	30	16,00	0,34	98,05	9,98	14890,0	33,67	10,76	289,98

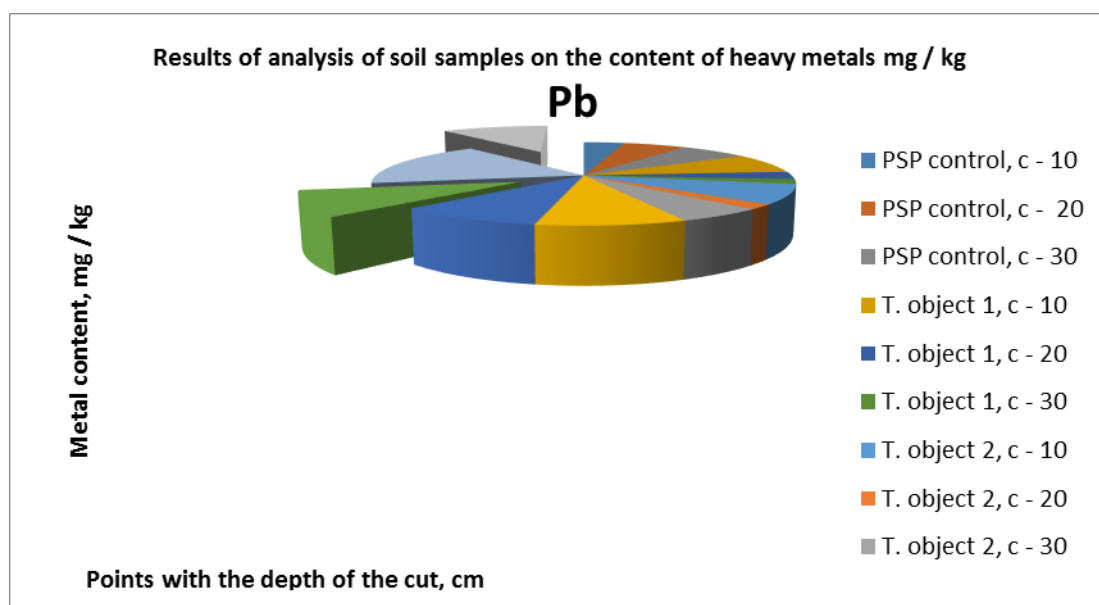


Fig. 1. TM content in the studied soils

The degree of soil contamination in the territory by heavy metals is estimated based on the results of laboratory analyses.

Figure 1 shows an increase in heavy metal concentrations at some points, with the exception of Cu, Fe, Pb, and Mn. Analysis of soil contamination shows that the spread of contamination occurs to a greater extent in the fourth and third test object.

Lead and cadmium, at almost any content, both in soil and plants, have a toxic effect on the soil fauna, as well as on the growth and development of plants. Lead has a clear ability to accumulate in the soil, since its ions are sedentary even at low pH values. In soils rich with phosphates, lead can be deposited as poorly soluble lead phosphates, in calcareous soils-as $Pb(NO_3)_2$.

Plants are more resistant to lead than humans and animals, so it is necessary to carefully monitor the lead content in plant-based foods and in furage.

From the results of the obtained analyses, it shows that at all points in the study, the concentration of lead is within the normal range, ranging from 2.80 to 26.80 mg/kg. It was found that the lead content does not exceed the MPC, i.e. for soils that the background lead content for different types of CIS soils is 17-30 mg / kg (MPC = 30 mg/kg (table 1).

If we compare them with each other, at the depth of the horizons, we see that the content of heavy metals of lead is the largest at the fifth point (test object 4) on the upper horizon of the study zone, which is the concentration of lead 26.80 mg/kg of soil.

In all points (Fig1), the concentration of cadmium in the study is within the normal range, if we compare them with each other, at the depth of the horizons, we see that the content of heavy metals of cadmium is the largest amount, oddly enough, in the control variant. The lowest content of heavy metals is at the third point of 0.5 mg. Standards: the MPC of cadmium in the soils of Kazakhstan is 5 mg. / kg of soil. Unlike lead, cadmium enters the soil in much smaller quantities. Cadmium enters the soil either with combustion products or with phosphorus-containing fertilizers. In acidic soils with a pH value below 6, cadmium ions are very mobile and there is no accumulation of the element. However, there are types of soils where this element accumulates

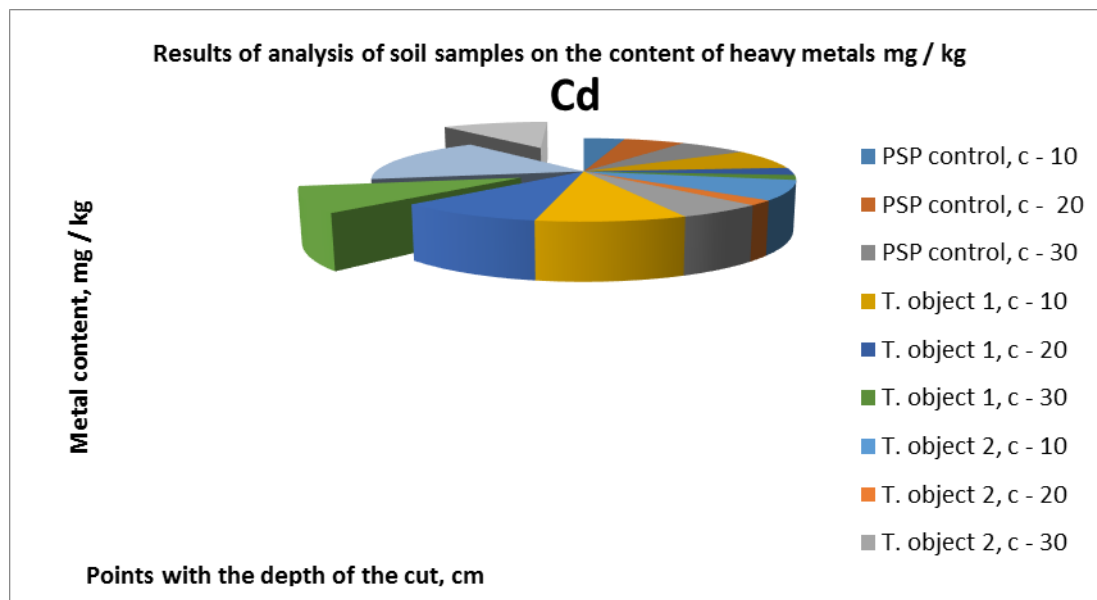


Fig. 2. Cd Content in the studied soils

In figure 1, we can see that at the fourth points of the study, the concentration of zinc exceeds the permissible MPC, at the fifth point, the content of heavy metal zinc is high, 126 mg/kg on the upper horizon of the soil, i.e. this indicator is much higher than the MPC Low content of heavy metals, at the third point it is 0.22.

Analyzing the data, we see that the content of mobile forms of zinc in the soils of the region is in the range of 28-126 mg/kg, which in any form is much higher than the MPC. The solubility of

zinc begins to increase when the pH of the soil is less than 6, for plants, the toxic effect is created when the content of zinc is about 200 mg per kg of dry matter. The human body is quite resistant to zinc and the risk of poisoning when using agricultural products containing zinc is low. However, zinc contamination of the soil is a serious environmental problem.

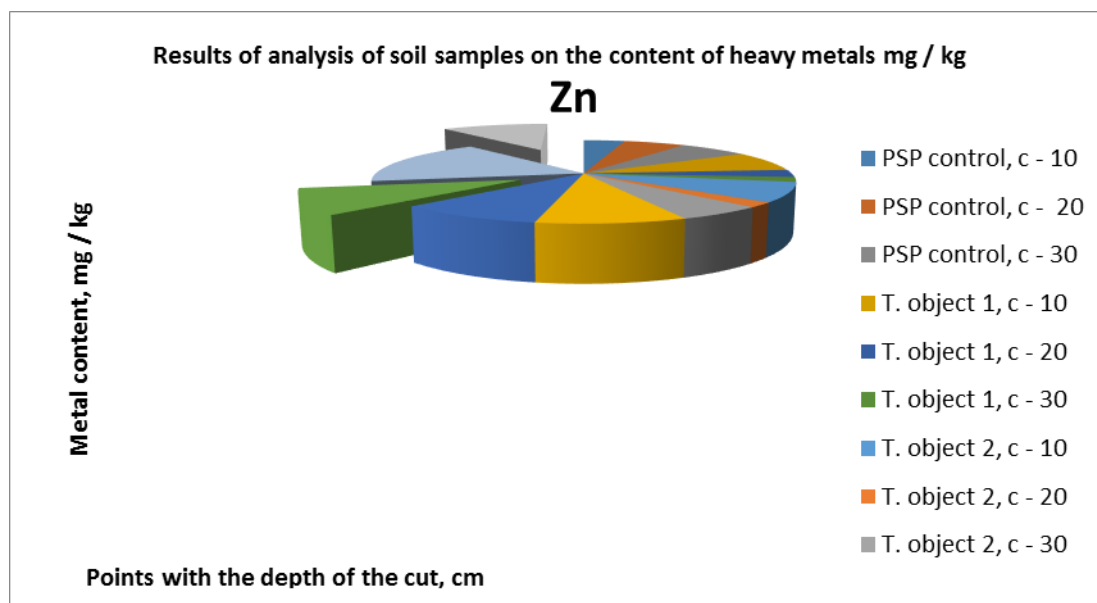


Fig. 3. Content of Zn, Ni in the studied soils

The average copper content in soils is 30 mg/kg (table 1). The mobility of copper ions is even higher than the mobility of cadmium ions. This creates favorable conditions for the assimilation of copper by plants. The solubility of copper compounds in the soil increases significantly at pH values at less than 5. Although copper in trace concentrations is considered necessary for life, plants have toxic effects at a content of 20 mg per kg of dry matter.

Changes in the copper content by points can be analyzed in figure 1, how these indicators have changed, as well as by horizons. It can be seen that the content of heavy metal Cu has significantly increased. The highest level of Cu was found, as everywhere else at the fifth point in the upper horizon, whose concentration is 14.4 mg / kg of soil. This exceeds the permissible norm almost 3 times. The MPC of copper in the soils of Kazakhstan is 4 mg / kg of soil (table 1).

A similar increase in figure 3 in the lower soil horizons is found for the gland, the concentration of which is $5120 \div 35200$ mg / kg, which corresponds to the range of metal content of $7000 \div 550000$ mg/kg.

The highest concentration of the gland was shown at the third point (test object 2) in the lower horizons which is 35.20 mg/kg and at the fourth point (test object 4).

Standards: the MPC of Nickel in the soils of Kazakhstan is 4 mg/kg of soil (table 1) in figure 3, a similar decrease for Nickel in the lower soil horizons, and a high content of them in the upper horizon is established and a high concentration at the fifth point of which is 35-45 mg/kg of soil. Since the concentration of Nickel exceeds the MPC 8 times, this is the most polluted area under study.

Standards: the MPC of cobalt in the soils of Kazakhstan is 5 mg / kg of soil (table 1) The content of heavy metal cobalt figure 3 (Co) in the studied soils exceeds their Clarke values and available MPC, (table 1) cobalt in soil samples exceeded the permissible norms – 3.12-24.9 MPC - 5 times. In the control variant, the concentration of cobalt increases at the lower horizon. The lowest concentration of cobalt was found at the second point of the study zone, which showed a concentration of cobalt of 4-8 mg / kg of soil.

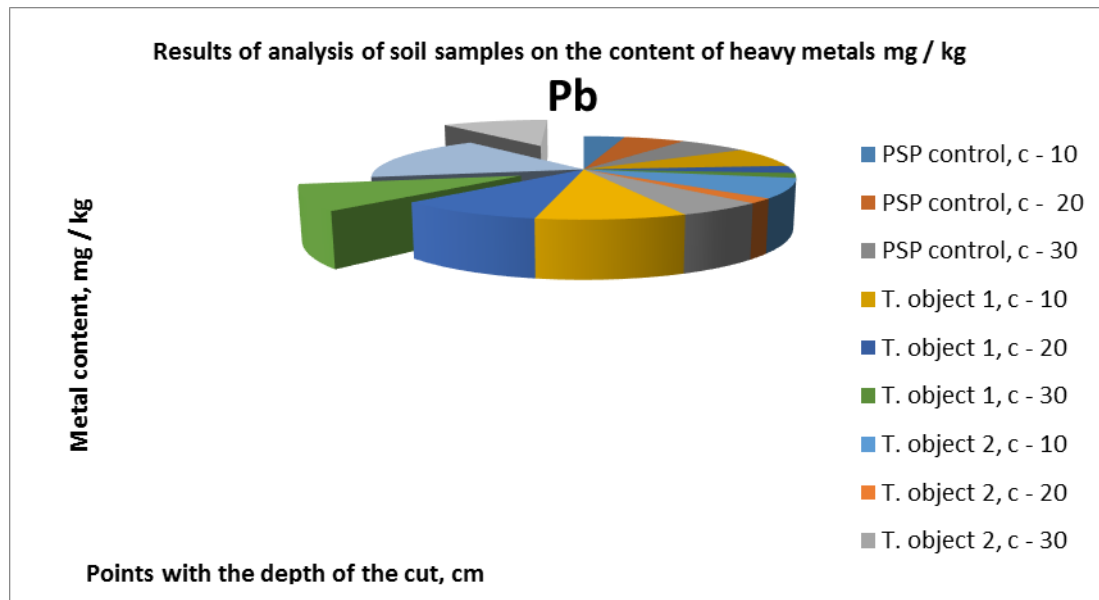


Fig. 4. Content of Pb,Cu,Co in the studied soils

As a result of our research, it was found that the level of cobalt content in the soil exceeds the MPC in all five points of the area.

The results of the analysis show that the content of manganese (Fig. 5) was within the normal range, but nevertheless in some points of the soil samples significantly increased. In the control variant in the lower soil horizons, it was found for manganese, the concentration of which is-2668 mg / kg of soil. This significantly exceeds the MPC. The MPC of manganese in the soils of Kazakhstan is 1500 mg / kg of soil (table 1). In General, the concentration of manganese in the soil ranges from 185-2668 mg/kg.

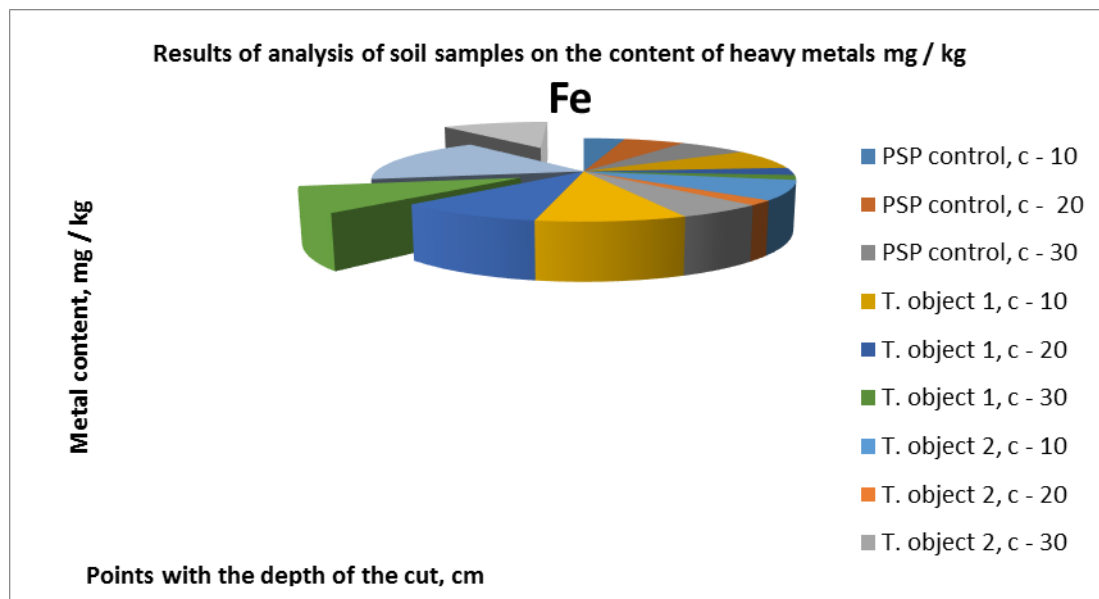


Fig. 5. Content of Fe, Mn in the studied soils

Thus, the content of manganese and Nickel has significantly increased, this is due in particular to the location of the industrial zone near the object under study. Enterprises located on the territory of the zone may be the main sources of heavy metals such as Nickel and manganese.

According to the data obtained, if the soils in the surrounding area are contaminated with non-processed ore, the most expected increase in the content of elements such as Nickel, zinc and cobalt in the soil is expected.

However, the enrichment of ore and the production of metals lead to a significant redistribution of its ore substance, which, in turn, can lead to soil contamination and those elements, whose content in the source ore is relatively small.

The source of man-made heavy metal pollution is atmospheric emissions and liquid effluents from industrial enterprises. Mining and processing of minerals and, as a result, the development of industrial production has led to the fact that the soils surrounding the production and mining areas of the landscape significantly exceed the content of heavy metals.

According to the results of analyses, the content of heavy metals in the black earth leached soil under study exceeds the maximum permissible standards for all elements. In the experimental area (0 - 20 cm) and in the section (0 - 5, 5 - 15 cm), an increased concentration of heavy metals is observed in the upper layers. Heavy metals are released from the mining plant, which negatively affects the soil and vegetation cover of the area of this plant. This area is polluted, especially the upper soil horizons. Zinc contamination exceeds the MPC by 3-4 times. This high pollution has a strong impact on the vegetation cover

According to the results of our research in the area where the enterprises are located, the content of gross lead in the upper 10 cm layer of soil does not exceed the control zonal values of 26 mg / kg; cadmium-5 mg/kg; zinc-exceeds 3-4 times

Copper-exceeds the permissible norm almost 3 times. for a gland whose concentration is $5120 \div 35200$ mg / kg, which corresponds to the range of the gross metal content of $7000 \div 550000$ mg / kg; the concentration of Nickel at some points exceeds the MPC 8 times the highest concentration at the fourth point of which is 35-45 mg/kg of soil.

The MPC of Nickel in the soils of Kazakhstan is 4 mg / kg of soil: The manganese content was within normal limits. Cobalt in the studied soils exceeds their Clarke values and the available MPC, cobalt in the soil samples exceeded the permissible norms-3.12-24.9 MPC-5 times.

For cleaning soils from heavy metals using battery plants, it can be used in public utilities for the reclamation of polluted soils, in the mining industry. The method includes the cultivation of battery plants on recultivated soils in compliance with agricultural techniques for the cultivated crop and using a stimulating substance-soil acidifier, collecting parts of battery plants that have accumulated heavy metal. The method allows you to reclaim the soil faster by 5-15 times, while increasing the fertility. Remediation of soils contaminated with heavy metals is also possible with the use of microorganisms. Data available on the effect of inclusion of mushroom mycelia, which is a waste production of antibiotics and biosorbent, obtained on its basis. It is shown that biosorbent and mycelium can be used even at a high level of contamination.

The results of our research in the future will allow us to conduct:

- forecast of changes in soil cover during the implementation of the planned activities (characteristics of violations of soil cover, assessment of disturbed land; soil contamination during normal operation of the facility and accidents, taking into account the amount and toxicity of waste);

specialists in the field of ecology and soil science when planning and conducting activities for integrated environmental monitoring of the environment;

- planning of measures to eliminate possible soil contamination;
- calculation of conditions and terms of restoration of the fertile soil layer;
- planning of measures for improvement of disturbed territories,
- land reclamation and prevention of negative impact on the soil cover.
- to develop a sustainable approach to choose the most suitable biosorbent, operating conditions and effective mechanism for the removal of heavy metals

Conclusion. According to the results of laboratory analysis of the studied Chernozem soils, the main factors affecting the degree of their environmental disturbance were determined, the prevailing types of HM were identified and exceeded the maximum permissible norms.

Accordingly, we studied 8 heavy metals, the determination of the content on the territory of mining plants showed that the quantitative increase in the content of heavy metals in the soil.

It was found that the scale of soil contamination by heavy metals on the territory of the mining and processing production Association can be attributed to the average level of pollution.

It was found that the violation of the ecosystem structure in the area of operation of the mining enterprise occurs due to the constant and intensive intake of pollutants as a result of extraction and processing of raw materials, migration of pollutants within the existing natural and man-made complex.

To prevent the harmful impact of waste accumulators of processing enterprises on the environment, it is essential to develop environmental protection measures that include the mining and biological stages of reclamation, improvement of the territory of mining settlements.

Based on theoretical, experimental and calculated data of the soil in the study area, which is based on the method of phytoremediation, as the most effective, as from the position of reducing heavy metals in the soil.

The obtained data can become the basis for monitoring studies and comprehensive assessment of soil cover. The results of the study can also serve as the basis for a work plan to reduce the concentration of heavy metals.

In conclusion, it should be noted that the urgent task is to implement a large-scale method of phytoremediation in the territories of open mining in order to create conditions for safe living of the population, as well as the planned return of polluted scarce arable land after their remediation with the help of plants.

REFERENCES

- [1] Ayansina S. A. Olubukola O. B. Susanna CH. 2017. A new strategy for heavy metal-contaminated environments: a review of microbial biosorbents, *Int J Environ Res Public Health*. 14 (1):
- [2] Avdeev Yu. M. 2017. Energy assessment of agroecosystems. *NovaUm. Ru..* № 6. P. 47
- [3] Beiseyeva G., Abuduwali J. (2013). Migration and accumulation of heavy metals in disturbed landscapes in developing ore deposits, *East Kazakhstan J. AridLand* – 5(2): - pp. 180-187.
- [4] Akhmedov A. E., Akhmedova O. I., Shatalov M. A. 2015. Formation of the waste management system in the Russian Federation . Problems of reclamation of household waste, industrial and agricultural production. IV international scientific ecological conference (with participation of ecologists from Armenia, Azerbaijan, Belarus, Germany, Georgia, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lebanon, Moldova, Transnistria, Russia, Slovakia, Uzbekistan and Ukraine). *Krasnodar*, Pp. 718-721.
- [5] Bazarov S. B. 2017 the Impact of mining on the regional ecosystem and assessment of the effectiveness of their environmental activities. *Baikal Institute of nature management Siberian branch of RAS Iro. Regional Economics and management: an electronic scientific journal*. №2 (10)
- [6] Vodyanitsky Yu. 2017. N. soil Contamination by heavy metals and metalloids. *Moscow: Lomonosov Moscow state University*, 192 p.
- [7] N. Gaur, G. Flora, M. Yadav, A. 2014. Tiwari Review of recent achievements in the field of elimination of heavy metals based on bioremediation. *Environ. Sci. Process. Impact*. 16: 180-193.
- [8] S. N. Dosbergenov, S. N. Demeuov. 2018. Granulometric composition of recultivated technogrunts on the territory of former barns of the Kara Arna Deposit. Has participated in the II International Scientific and Practical Conference "International Trends Scientific and Technology» Warsaw, Poland on the topic Page 1.
- [9] R Dixit., D. Malaviya., K. Pandiyyan, U. B. Singh, A. Sahu., R. Shukla., B. P. Singh, J.P. Rai., P. K. Sharma., H. Lade. 2015. Bioremediation of heavy metals from soil and water: review of principles and criteria of fundamental processes. 2189-2212. doi: 10.3390 / su7022189
- [10] Zaidelman F. R., Plavinsky V. A., Bely A.V. 2016. Influence of deep reclamation loosening on the physical properties of soils on heavy cover rocks and crops. *Bulletin of the Moscow University. Series 17: Soil Science*. No. 2. P. 10-16

- [11] Kalybekov T., Rysbekov K.B., Sandibekov M.N., Zhakypbek Y., Begymzhanova Y.Y. (2020). The study of rational technology of reclamation of the mine-out quarry space. *Journal of Advanced research in natural science*. №9. P.63-70.
- [12] T.Kalybekov, M. Sandibekov, K. Rysbekov, Y.Zhakypbek .2019.Substantiation of ways to reclaim the space of the previously mined-out quarries for the recreational purposes/ E3S Web of Conferences Volume 123 Ukrainian School of Mining/ Engineering - 2019 Berdiansk, Ukraine, September 3-7, 2019.P13.
- [13] Cabbarov N.S.2013. Monitoring of influence of the Mining Industry on a soil-plant covers in Ganja-Kazak region of Azerbaijan International Caucasian Forestry Symposium. 24-26 October 2013, Artvin, Turkey. Proceedings. — P.421-423
- [14] Takh. I., F. Ahmad., O. O. Babalola. 2013. Reviews of environmental pollution and toxicology. Springer; New York, USA: Advances in the use of rhizobacteria that promote plant growth in phytoremediation of heavy metals; Pp. 33-52.
- [15] Matveev D. S. 2016. Monitoring of soil contamination in the city of Meleuz with heavy metal salts *J.Young scientist*. - - №9.1. - P. 45-46.
- [16] Mychka S. Yu., Shatalov M. A. 2015. Formation of a system of deep processing of waste of industrial and production subsystems of the agro-industrial complex. *Agrotechnika I energoobespechenie* no. 3 (7). Pp. 185-190.
- [17] Natiq Cabbarov, Zakir Ibrahimov. 2018. Mining industry and heavy metal content in needles of *Pinus silvestris* pine in Azerbaijan // International congress on engineering and life science. 26-29 April TURKEY. Abstract book. - P. 537
- [18] Ruvinova L. G., Sverchkova A. N., Khamitova S. M., Avdeev Yu. M. 2016 Biological monitoring of soil and water pollution in urban conditions // *Bulletin of the Krasnoyarsk state agrarian University*. No. 6 (117). Pp. 14-20.
- [19] Rudakov V. O., Kartabayeva B. B., Khamitova S. M., Avdeev Yu. M. 2015. Microorganisms of the soil of the Nikolay Klyuyev arboretum biotika. Vol. 7. No. 6. Pp. 172-175
- [20] Serdyukova A. F., Barabanshchikov D. A. 2017. Consequences of soil contamination with heavy metals *Young scientist*. - - №51. - P. 131-135.
- [21] Tinkov A.A. 2015. Mercury and metabolic syndrome: a review of experimental and clinical observations. / A.A. Tinkov, O.P. Ajsuvakova, M.G. Skalnaya, E.V. Popova, A.I. Sinitskii, O.N. Nemereshina, A.V. Skalny // *BioMetals*, 28(2), 231 – 254
- [22] Sayadi1 M. H., Rezaei A., Sayyed M. R. G. 2017. Grain size fraction of heavy metals in soil and their relationship with land use / // *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, 7(1): 1–11.
- [23] Filippova A. B., Avdeev Yu. M. 2015. Formation of shoots and stability of perennial grasses in seeded herbage of the Far North//*Bulletin of the Krasnoyarsk state agrarian University*. No. 7. P. 130-134
- [24] Fashola M., Ngole-jeme V., Babalola O. 2016. Heavy metal Pollution from gold mines: environmental impact and bacterial resistance strategies. *Int. J. Environ. Residence Health Care*. 13.
- [25] Xie Y., Fan J., Zhu W., Amombo E., Lou Y., Chen L., Fu J. 2016. The impact of heavy metal pollution on soil microbial diversity and genetic changes in Bermuda. *Front. Plant Sci*. 7: 775.
- [26] Khamitova S. M., Avdeev Yu. M., Selishcheva O. A. 2015. Research of soil microflora of the Nikolay Klyuyev arboretum. In the collection: *Collection of materials of the III Youth Environmental Forum* P. 78
- [27] Khamitova S. M., Avdeev Yu. M. 2016. Microbiological studies of soils in green urban areas of the Vologda region//*Bulletin of the Krasnoyarsk state agrarian University*. No. 10 (121). Pp. 29-35
- [28] Khamitova S. M., Avdeev Yu. M., Snetilova V. S. 2016.
- [29] Research of soil microflora in forest nurseries of the Vologda region//*Samara scientific Bulletin*. no. 3 (16). Pp. 53-56
- [30] Khamitova S. M., Avdeev S. M., Shatilov V. S. 2017. Investigation of the pathogenic rhizosphere nematofauna the arboretum named Nikolai Klyuev in the collection: *Actual problems of development of the forest complex materials of the International scientific and technical conference*. Pp. 49-52
- [31] Shatalov M. A., Mychka S. Yu. 2015. Formation of a system of deep processing of food production waste in the agro-industrial complex // *Problems of reclamation of household waste, industrial and agricultural production. IV international scientific ecological conference (with participation of ecologists from Armenia, Azerbaijan, Belarus, Germany, Georgia, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lebanon, Moldova, Transnistria, Russia, Slovakia, Uzbekistan and Ukraine)*. Pp. 402-404.

¹К. Рысбеков*, ²Bi, Yinli, ³С. Демеуов, ⁴Г. Муканова, ¹Ы. Жакыпбек

¹Горно-металлургический институт, Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Китайский университет горного дела и технологий, Китай

³Департамент агрохимических, почвенных обследований и комплексно-изыскательской работы, Алматы, Казахстан

⁴Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*e-mail: k.rysbekov@satbayev.university

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ В РАЙОНЕ ПРОВЕДЕНИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Аннотация. В данной статье рассматривается оценка уровень загрязнения почвенного покрова тяжелых металлов по их содержанию в условиях на горно-обогатительные производственные объединения. По результатам лабораторного анализа исследованных почв выявлены преобладающие виды ТМ загрязнения почв. Нами были изучены 8 тяжелых металлов, определение содержания на территории горнодобывающих комбинатах показало количественное увеличение содержания тяжелых металлов в почве. По шкале степени загрязнения почвы тяжелыми металлами на территории горно-обогатительного производственного объединения можно отнести к среднему уровню загрязнения.

В исследовательской работе впервые проанализированы и оценены техногенного загрязнения почвенного покрова тяжелых металлов по их подвижному содержанию и на этой основе предложены мероприятий по охране окружающей среды, разработанный для горно-обогатительного производственного объединений, включающий: мероприятия по снижению воздействия, охраны и рациональному использованию почвенного покрова.

Эта статья демонстрирует, что в настоящее время основными факторами, способствующими загрязнению почвы ТМ, являются горнодобывающие комбинаты.

Ключевые слова: концентрация, тяжелые металлы, почва, ПДК, нарушенные земли, отвалы, рекультивация, биоремедиация.

¹К. Рысбеков*, ²Bi, Yinli, ³С. Демеуов, ⁴Г. Муканова, ¹Ы. Жакыпбек

¹Таукен-металлургиялық институты, Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²Қытай тау-кен және технологиялар университеті, Қытай

³Агрохимиялық, топырақты зерттеу және кешенді-іздігіру жұмыстары департаменті, Алматы, Қазақстан

⁴әл-Фараби Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: k.rysbekov@satbayev.university

АШЫҚ ТАУ-КЕН ЖҰМЫСТАРЫН ЖҮРГІЗУ АУДАНЫНДА ТОПЫРАҚТЫҢ АУЫР МЕТАЛДАРМЕН ЛАСТАНУЫН БАҒАЛАУ

Аңдатпа. Бұл мақалада ауыр металдардың топырақ жамылғысының ластану деңгейін олардың тау-кен байыту өндірістік бірлестіктері жағдайындағы құрамы бойынша бағалау қарастырылады. Зерттелген топырақты зертханалық талдау нәтижелері бойынша топырақтың АМ ластануының басым түрлері анықталды. 8 ауыр металдар зерттелді, тау-кен зауыттарының аумағындағы құрамды анықтау топырақтағы ауыр металдардың сандық өсуін көрсетті. Тау-кен байыту өндірістік бірлестігі аумағындағы топырақтың ауыр металдармен ластану дәрежесінің шәкілі бойынша ластанудың орташа деңгейіне жатқызуға болады.

Зерттеу жұмысында ауыр металдардың топырақ жамылғысының техногендік ластануы олардың жылжымалы құрамы бойынша алғаш рет талданып бағаланды және осы негізде тау-кен байыту өндірістік бірлестіктері үшін әзірленген қоршаған ортаны қорғау жөніндегі іс-шаралар ұсынылды, оның ішінде: топырақ жамылғысының әсерін азайту, қорғау және ұтымды пайдалану жөніндегі іс-шаралар.

Бұл мақалада қазіргі уақытта АМ топырағының ластануына ықпал ететін негізгі факторлар тау-кен зауыттары болып табылады.

Негізгі сөздер: концентрация, ауыр металдар, топырақ, ШРК, бұзылған жерлер, үйінділер, рекультивация, биоремедиация.

А.М. Бисенгалиева*, К.О. Дюсегалиева, Р.Ы. Кыдырбек

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана,
Уральск, Казахстан

*e-mail: B.a.m69@mail.ru

ВЛИЯНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ВЫБРОСОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ ЗАПАДНОГО РЕГИОНА

Аннотация. В данной работе рассмотрены экологические проблемы Западного региона Республики Казахстан и пути их решения на территории испытательных полигонов. Цель статьи – оценить влияние радиоактивных отходов полигона «Азгыр и Нарын» на экологическую обстановку регионов. В результате стремительного развития нефтегазовой отрасли, запусков космических аппаратов окружающая среда этих районов загрязнялась продуктами распада различного типа ракетного топлива, азотистыми соединениями, тяжелыми металлами и другими токсическими веществами. В статье приводится теоретический анализ статистических данных по оценке экологической обстановки близлежащих районов относительно полигона «Азгыр и Нарын». Таким образом, у регионов, прилегающих к полигону, за анализируемый период были обнаружены показатели, отличающиеся от среднереспубликанских или контрольных значений, что в свою очередь свидетельствует о неблагоприятном воздействии на окружающую среду и здоровье человека радиоактивных выбросов полигона и выбросов твердых частиц, диоксида серы, азота и углеводорода.

Экологические последствия катастрофы предопределяются не только величиной и характером загрязнения, но и специфическими особенностями самих загрязненных экосистем, рассматриваемых как объект внешнего воздействия и требующих, с учетом указанных обстоятельств, специальной систематизации.

Перспективы разрешения экологических проблем зависят не столько от уровня развития науки и техники, сколько от всеобщей экологической культуры населения, от понимания источников, сущности и путей решения современной кризисной экологической ситуации. Поэтому экологическое образование рассматривается как основа для формирования экологической культуры, экофильного отношения к природе.

Ключевые слова: экология, радиация, радиоактивные выбросы, полигон, экология, азот, сера, окружающая среда.

Введение. Экологические проблемы Казахстана и пути их решения перекликаются с другими глобальными проблемами. Казахстан – вторая по площади республика среди стран бывшего Нового Независимого Государства. Он обладает богатыми природными ресурсами, такими как полезные ископаемые, металлические руды, запасы природного газа и нефти. Ряд полигонов находится в Западно-Казахстанской области. Экологическая ситуация здесь формируется под воздействием природных и антропогенных факторов, важнейшими из которых являются повышение уровня моря и стремительное развитие нефтегазовой отрасли.

Люди постоянно подвергаются ионизирующему излучению из многих источников, включая природные радиоактивные вещества, которые производятся в атмосфере и на Земле, в дополнение к радионуклидам, производимым для различных целей.

При низкой плотности населения и больших территориях в Республике Казахстан сформировалось большое количество антропогенных экологических ландшафтов, неблагоприятных для населения искусственных провинций. Различные вещества, загрязняющие воздух, по-разному влияют на состояние здоровья человека, вызывая различные болезни.

Экология и здоровье человека – одна из актуальных проблем, которая в настоящее время привлекает внимание общественности как в Республике Казахстан, так и во всем мировом сообществе.

Рост промышленного производства, химизация сельского хозяйства и другие антропогенные процессы привели к фундаментальным изменениям в экологическом балансе, в некоторых случаях необратимым. Одним из таких регионов являются районы Западно-Казахстанской области, прилегающие к Сайхинскому и Жангалинскому полигонам.

Значительная площадь полигона и протяженность его границ определяют серьезные риски для здоровья многих жителей Бокейординского и Жангалинского районов Западно-Казахстанской области. В результате обследования Азгирского полигона в середине девяностых годов было выявлено высокое загрязнение цезием. Радионуклиды цезия, стронция, радия и свинца были обнаружены также на территориях, прилегающих к полигонам, в почве, растениях, поверхностных и подземных водах. Медь, цинк, кобальт присутствуют в некоторых образцах почвы и воды.

Загрязнение атмосферного воздуха приводит к увеличению заболеваний, как органов дыхания, так и сердечно-сосудистой системы. Выводы авторитетных медицинских комиссий не внушают оптимизма. В зоне, пораженной полигонами, чаще растут люди, как взрослые, так и дети. Преобладают заболевания крови и системы кровообращения, эндокринной системы и пороки развития [2].

Достоверных количественных оценок экологического риска и ущерба от космической деятельности не существует. Этот вопрос требует специального исследования. Количественная оценка затруднена, так как для этого требуется организация и осуществление картографирования пораженных территорий, оценка прямых и косвенных воздействий и последствий на основе соответствующего опыта [3]. До сих пор состояние здоровья населения, проживающего на территориях, граничащих с Азгирским и Нарынским полигонами, не подвергалось всестороннему расширенному изучению.

Предыдущие исследования состояния здоровья населения в этих регионах носят фрагментарный и разрозненный характер, не связанный с конкретными факторами среды обитания населения, и нет доказательной базы о влиянии полигона ТБО на здоровье жителей прилегающих территорий.

Величины доз внутреннего облучения (поступление радиоактивных веществ внутрь организма с воздухом или с загрязненной пищей и водой) от природных источников радиации примерно в два раза выше доз внешнего облучения.

Наибольший вклад в дозу внутреннего облучения вносят короткоживущие продукты распада ^{222}Rn и ^{220}Rn , около 9,8% - ^{40}K и 6,7% - ^{210}Pb и ^{210}Po . Основная часть дозы облучения населения от воздействия радона накапливается при нахождении людей в закрытых непроветриваемых помещениях.

Облучение радоном и его дочерними продуктами может представлять значительный риск для здоровья населения. Облучение радоном считается второй причиной рака легких и первой среди никогда не куривших. Многие страны составили карты облучения радоном в жилых помещениях, чтобы охарактеризовать районы с самыми высокими концентрациями радона в помещениях.

Объект исследования. Оценить влияние радиоактивных отходов с полигонов захоронения на экологическую обстановку в Бокейординском и Жангалинском районах Западно-Казахстанской области.

Методы исследования и материалы. Источниками информации о состоянии здоровья населения являлись данные, полученные из региональных центров электронного здравоохранения, управлений здравоохранения и статистических управлений исследуемых регионов Западно-Казахстанской области.

Исследование проводилось в двух районах Западно-Казахстанской области – Бокейординском и Жангалинском.

Сбор данных осуществлялся за период с 2017 по 2019 год. Источниками информации о состоянии здоровья населения послужили данные региональных центров электронного

здравоохранения, управлений здравоохранения и статистических управлений исследуемых регионов Западно-Казахстанской области.

Результаты и обсуждение. Ядерный полигон Азгыр состоял из 12 площадок, на 10 из которых в период с 1966 по 1979 год было произведено 17 подземных ядерных взрывов на глубине от 165 до 1500 метров.

Целью взрывов являлась разработка технологии создания подземных резервуаров в соляных куполах для хранения веществ, в том числе радиоактивных отходов. На полигоне есть отдельные места с уровнем радиации до 3000 мкР/час. Это в основном короткоживущие радионуклиды.

Над территорией Нарына в Западном Казахстане было взорвано около 24 тысяч ракет, испытано 177 изображений военной техники, уничтожено 619 ракет СС-20.

В результате деятельности полигона был выявлен факт загрязнения почвы и воды на прилегающей к полигону территории цезием-137, стронцием-89 и другими радиоактивными изотопами (табл. 1).

Содержание тяжелых металлов в составе почв Жангалинского и Бокейординского районов представлены в табл.1.

В ходе медицинских осмотров было установлено, что на территориях, прилегающих к полигону, уровень психических заболеваний (особенно среди детей) среди местного населения в 2,3 раза выше среднего уровня по Западно-Казахстанской области и в 2,1 раза выше уровня по Казахстану.

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в составе почв Жангалинского и Бокейординского районов.

Элементы, %							
Cs	Ce	Ti	Sr	As	Pb	Rb	Zn
46	49	0.34	517	37	5	33	29
40	46	0.30	220	35	13	51	54
Mo	Ba	Zr	Nb	La	Y	Ca	Fe
3.2	1302	187	4.8	48	13.5	11.69	2.52
1.9	300	198	8.1	46	11.5	5.79	3.34

Злокачественные опухоли, заболевания легких, нарушения иммунной системы и состава крови также распространены.

Аномалии в распределении радионуклидов были обнаружены на основе данных аэро-спектрометрических съемок геофизиков Западно-Казахстанской области (рис. 1).

Следует отметить, что почвенный покров на площадках полигона в результате ядерных взрывов и в после взрывной период подвергался интенсивным негативным техногенным воздействиям с сопутствующим химическим и радиоактивным загрязнением поверхностного слоя почвы [5].

Однако степень загрязнения территорий свалок бета-излучающими радионуклидами, а также плутонием и америцием еще недостаточно изучена; это очень трудоемкое исследование [9].

По результатам исследований, проведенных в 2010-2018 годах в районах Западно-Казахстанской области, прилегающих к Сайхинскому, Жангалинскому районам, отмечалась повышенная заболеваемость врожденными пороками развития у детей, а также осложнениями исходов беременности и родов.

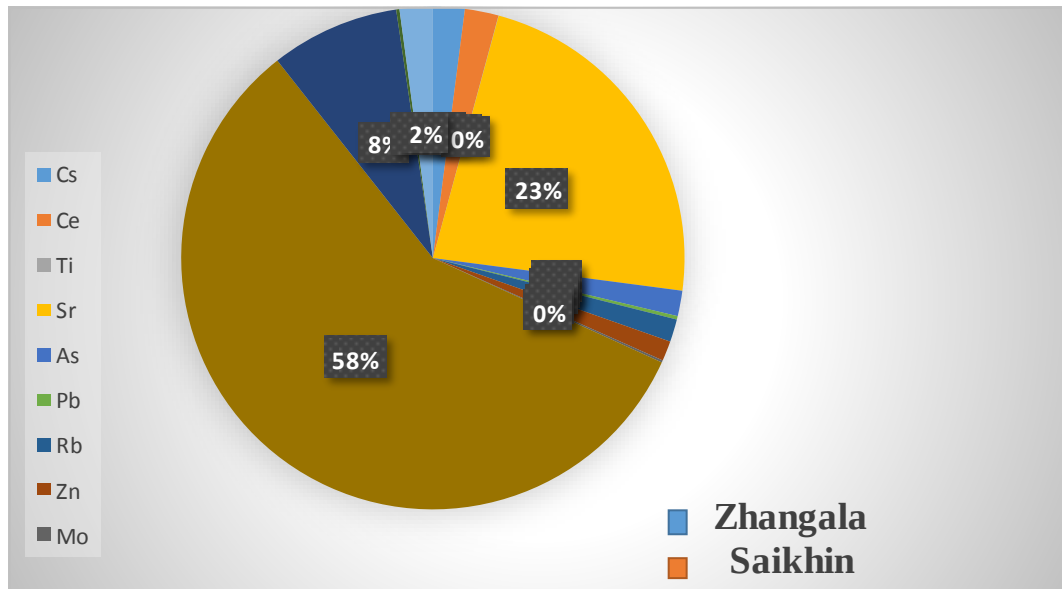


Рис.1. Диаграмма распределения тяжелых металлов в почвах Жангалинского и Бокейординского районов

Однако в Бокейординском районе показатели осложнений и исходов беременности, а также смертности от новообразований были ниже, чем в среднем по стране.

Кроме того, оба района имеют низкие показатели детской смертности (для детей в возрасте до 5 лет и до 14 лет) [3]. Загрязнители воздуха, их источники и воздействие представлены в табл.2.

Согласно нашему теоретическому анализу статистических данных, среднероссийский уровень перинатальной смертности также был на 62,1% выше, чем в Бокейординском районе (6,77 случая на 1000 живорождений), но не отличался от уровня контрольных регионов [1].

В Жангалинском районе детская смертность была крайне низкой (1,57 случая на 1000 детей), что по сравнению с контрольным уровнем для детей до 14 лет составляло не более 0,1% от уровня в контрольных районах, а для детей до 5 лет – не отличалось от контрольных районов. Средний по стране уровень перинатальной смертности был в 1,8 раза выше, чем в среднем по Жангалинскому району, и примерно такой же, как и в контрольных регионах [8].

Загрязняющие вещества в воздухе не только влияют на наше здоровье, но и наносят долгосрочный экологический ущерб, вызывая изменение климата, которое само по себе является серьезной угрозой для здоровья и благополучия.

Если уровень онкологической заболеваемости и смертности от новообразований у детей Жангалинского района за период 2009-2020 гг. был выше на 22,4% и 28,5% уровня контроля по области, то уровень смертности от новообразований среди взрослого населения Жангалинского района был ниже не только по сравнению с контрольным уровнем (35,5%), но и по сравнению с уровнем Республики (35,9). С учетом целей стратегического плана развития Республики Казахстан до 2020 года в области здравоохранения ожидаемая продолжительность жизни населения к 2020 году должна увеличиться до 72 лет.

Поэтому одной из основных проблем общественного здравоохранения в Республике Казахстан и в Западно-Казахстанской области остается уровень здоровья женщин и детей, качество репродуктивного здоровья сельского населения, которое может определяться как воздействием внешних факторов, так и недостаточным обеспечением гарантированной медицинской помощью [1].

Таблица 2. Загрязнители воздуха, их источники и воздействие

Загрязнитель	Естественный источник	Антропогенный источник	Воздействие на окружающую среду
Оксиды азота (NO + NO ₂)	Молнии, почвенные бактерии	Высокотемпературное сгорание топлива - автомобильные, промышленные и коммунальные услуги.	Основные загрязнители, образующие фотохимический смог, кислотные дожди и частицы нитратов. Разрушение стратосферного озона. Влияние на здоровье человека.
Частицы	Лесные пожары, ветровая эрозия, извержение вулкана	Сжигание биотоплива, такого как древесина, и ископаемых видов топлива, таких как уголь или дизельное топливо.	Пониженная атмосферная видимость. Влияние на здоровье человека. Твердые частицы черного углерода способствуют глобальному потеплению.
Диоксид серы	Извержения и распад вулканов	Сжигание угля, рудные заводы, нефтеперерабатывающие заводы, дизельные двигатели, работающие на высокосернистом топливе	Кислотный дождь. Влияние на здоровье человека.
Озон	Молния, фотохимические реакции в тропосфере	Вторичный загрязнитель, образующийся в фотохимическом смоге	Ущерб растениям, урожаю и искусственным продуктам. Влияние на здоровье человека.
Монооксид углерода	Незаметный	Богатое и стехиометрическое сгорание, в основном от автомобилей	Воздействие на здоровье человека
Углекислый газ	Дыхание животных, распад, выброс из океанов	Ископаемое топливо и сжигание древесины	Самый распространенный парниковый газ
Неметановые углеводороды (ЛОС)	Биологические процессы	Неполное сгорание, использование растворителя	Основные загрязнители, образующие фотохимический смог
Метан	Хлорфторуглероды (CFC)	Отсутствует	Растворители, аэрозольные пропелленты, хладагенты

Выводы. Таким образом, в Жангалинском и Бокейординском районах Западно-Казахстанской области, прилегающих к полигону, за анализируемый период были выявлены показатели, отличающиеся от среднероссийских или контрольных значений, в том числе показатель врожденных пороков развития, младенческой смертности от новообразований, что в свою очередь свидетельствует о неблагоприятном воздействии на окружающую среду и здоровье человека радиоактивных выбросов с полигона. Будущее человечества зависит от чистого воздуха, воды, лесных массивов. Только правильное отношение к природе позволит будущим поколениям быть здоровыми и счастливыми.

Существуют доступные стратегии сокращения выбросов в энергетике, транспорте, управлении отходами, жилищном и промышленном секторах. Эти меры часто имеют и

другие преимущества, такие как уменьшение дорожного движения и шума, повышение физической активности и улучшение землепользования - все это способствует улучшению здоровья и благополучия.

Климатический кризис - это проблема общественного здравоохранения, и мы должны начать лечить планету, чтобы лечить друг друга. Борьба с климатическим кризисом - одно из самых патриотических поступков, которые мы можем сделать прямо сейчас; он защитит наше здоровье и здоровье наших соседей по всей стране и по всему миру и позволит всем нам жить на этой планете, единственном доме, который у нас есть.

Ситуации острого и хронического воздействия высоких и низких доз, что в конечном итоге приводит к выявлению наиболее серьезные пробелы в научных знаниях: эффекты смешанных низких мощностей доз при хроническом облучении сообществ и экосистем. Наконец, представлены наиболее важные текущие международные усилия по определению критериев и стандартов радиозащиты окружающей среды вместе с некоторыми соответствующими национальными примерами.

Необходимо контролировать популяции людей, подвергшихся облучению, для оценки риска и предотвращения заболеваний. Поскольку эта тема очень актуальна для Республики Казахстан, необходимо провести полномасштабные исследования риска радон-индуцированного рака легких у населения, проживающего в районах с повышенным уровнем радона.

Проблема загрязнения окружающей среды в настоящее время определяется как одна из важнейших экологических проблем здоровья населения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ашимова Б.С., Оценка ущерба состояния здоровья женщин от воздействия ионизирующей радиации // Матер. межд. научной конф. Студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». – Алматы, 2016. – С.19-21.
- [2]. Байсеркин Б.С. Комплексная санитарно-гигиеническая и медицинская оценка хронического воздействия различных концентраций радиоактивного газа радона на здоровье населения и работающих в этих условиях. Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. – Алматы. - 1996. С.186.
- [3]. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. – 4-е изд.переработки и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 1991. - 352с.
- [4]. "Нормы радиационной безопасности(НРБ)-99", СП2.6.1.758-99. – Алматы. – 2000. – 80 с.
- [5]. Поляков А.И., Гайтинов А.Ш. Радиозэкологические исследования в зонах действия ракетно-ядерного полигона «Капустин Яр» и ядерного полигона «Азгир» // Экологическая методология возрождения человека и планеты Земля: матер. 1 Междунар. конгресса. Алматы: 1997. С. 125-128
- [6]. Сиражет Х., Казачевский И.В., Краснов Г.И. Определение концентрации радона в почве, помещениях и классификация территории застройки. Препринт ИЯФ НЯЦ №2-96. Алматы: 1996. 222Rn "Рамон-радон-01. Журнал"АНРИ-КАЗАХСТАН", №2(10), 2002. С.63-68.
- [7]. Радиозэкологическая обстановка в регионах расположения предприятий Росатома. // Под общей редакцией И.И. Линге и И.И. Крышева. Москва: «САМ полиграфист», 2015. С.296.
- [8]. Ashimova B.S., Kalmataeva Zh. A., Belikhina T.I., Apsalikov K.N. Dynamics of the mental diseases among population directly exposed by radiation and their descendants as a result of nuclear weapons tests in Semipalatinsk // 3rd International scientific-practical conference «Innovations in science, technology and the integration of knowledge». London: 2016 p.34-40.
- [9]. IAEA, 2015. The Fukushima Daiichi Accident. Technical Volume 4 Radiological Consequences. Vienna: International Atomic Energy Agency, p. 2015.
- [10]. <http://orenpriroda.ru/steppene/sim2018/4118-оценка-техногенной-нарушенности-и-динамики-растительности-ракетного-полигона-капустин-яр>.

REFERENCES

- [1]. Ashimova B. S., Otsenka ushcherba sostoyaniya zdorov'ya zhenshchin ot vozdeystviya ioniziruyushchey radiatsii [Assessment of damage to women's health from exposure to ionizing radiation]. Mater. mezhd. nauchnoy konf. Studentov i molodykh uchenykh «Farabi әлемі» [Matera. intl. scientific Conf. Students and young scientists "Farabi Alemi"]. Almaty, 2016, p 19-21.
- [2]. Baiserkin B. S. Kompleksnaya sanitarno-gigiyenicheskaya i meditsinskaya otsenka khronicheskogo vozdeystviya razlichnykh kontsentratsiy radioaktivnogo gaza radona na zdorov'ye naseleniya i rabotayushchikh v etikh usloviyakh. [Comprehensive sanitary-hygienic and medical assessment of the chronic impact of various concentrations of radon gas on the health of the population and those working in these conditions]. Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata meditsinskikh nauk. [The dissertation on competition of a scientific degree of candidate of medical Sciences]. Almaty, 1996, p.186.
- [3]. Kozlov V. F. Spravochnik po radiatsionnoy bezopasnosti [Reference book on radiation safety]. 4-ye izd.pererabotki i dop. [4th ed.pererabotki and extra]. Moscow, Energoatomizdat, 1991, p.352.
- [4]. "Normy radiatsionnoy bezopasnosti(NRB)-99" ["Radiation Safety Standards(NRB)-99"], SP2. 6. 1. 758-99. Almaty, 2000, p.80.
- [5]. Polyakov A. I., Gaitinov A. Sh. Radioekologicheskkiye issledovaniya v zonakh deystviya raketno-yadernogo poligona «Kapustin Yar» i yadernogo poligona «Azgir» [Radioecological research in the zones of operation of the Kapustin Yar rocket and nuclear test site and the Azgir nuclear test site] Ekologicheskaya metodologiya vozrozhdeniya cheloveka i planety Zemlya: mater. 1 Mezhdunar. Kongressa [Ecological methodology of the rebirth of man and the planet Earth: mater. 1 international. Congress's].Almaty, 1997, p.125-128
- [6]. Sirazhet Kh., Kazachevsky I. V., Krasnov G. I. Opredeleniye kontsentratsii radona v pochve, pomeshcheniyakh i klassifikatsiya territorii zastroyki. [Determination of radon concentration in the soil, premises and classification of the development area]. Preprint INP №2-96 NC [INP NNC Preprint no. 2-96]. Almaty, 1996. 222Rn "Ramon-radon-01. Zhurnal"ANRI-KAZAKHSTAN", №2(10),2002.
- [7]. Radioekologicheskaya obstanovka v regionakh raspolozheniya predpriyatiy Rosatoma [Radio ecological situation in the regions where Rosatom enterprises are located]. Pod obshchey redaktsiyey I.I. Linge i I.I. Krysheva: «SAM poligrafist» [Under the General editorship Of I. I. Linge and I. I. Kryshev: "Sam polygraphist"]. Moscow, 2015, p.296.
- [8]. Ashimova B.S., Kalmataeva Zh. A., Belikhina T.I., Apsalikov K.N. Dynamics of the mental diseases among population directly exposed by radiation and their descendants as a result of nuclear weapons tests in Semipalatinsk // 3rd International scientific-practical conference «Innovations in science, technology and the integration of knowledge». – London, 2016-P.34-40.
- [9]. IAEA, 2015. The Fukushima Daiichi Accident. Technical Volume 4 Radiological Consequences. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2015.
- [10].<http://orenpriroda.ru/steppene/sim2018/4118-оценка-техногенной-нарушенности-и-динамики-растительности-ракетного-полигона-капустин-яр>

А.М. Бисенгалиева*, К.О. Дюсегалиева, Р.Ы. Қыдырбек

Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Орал, Қазақстан

*e-mail: B.a.m69@mail.ru

РАДИОАКТИВТІ ШЫҒАРЫНДЫЛАРДЫҢ БАТЫС ӨңІРДІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫНА ӘСЕРІ

Аңдатпа. Бұл мақалада Қазақстан Республикасының Батыс аймағының экологиялық проблемалары мен полигондар аумағында оларды шешу жолдары қарастырылады. Мақаланың мақсаты - «Азғыр мен Нарын» полигонынан шыққан радиоактивті қалдықтардың аймақтардағы экологиялық жағдайға әсерін бағалау. Мұнай - газ өнеркәсібінің, ғарыш аппараттарының ұшырылуының қарқынды дамуы нәтижесінде бұл аймақтардың ортасы зымыран отынының әр түрінің ыдырау өнімдерімен, азотты қосылыстармен, ауыр металдармен және басқа да улы заттармен ластанды. Мақалада «Азғыр мен Нарын» полигонына қатысты қоршаған аудандардың экологиялық жағдайын бағалау бойынша статистикалық мәліметтерге теориялық талдау берілген. Осылайша, полигонға іргелес өңірлерде талданған кезеңде ұлттық орташа мәннен немесе бақылау мәндерінен

өзгеше көрсеткіштер табылды, бұл өз кезегінде полигоннан радиоактивті шығарындылардың қоршаған ортаға және адам денсаулығына теріс әсерін көрсетеді. бөлшектер, күкірт диоксиді, азот және көмірсутектер. Апаттың экологиялық салдары тек ластану көлемі мен сипатымен ғана емес, сонымен қатар сыртқы әсер ету объектісі ретінде қарастырылатын және осы жағдайларды ескере отырып, арнайы жүйеленуді талап ететін ластанған экожүйелердің өзіндік ерекшеліктерімен де алдын ала анықталады. Экологиялық проблемаларды шешу перспективасы ғылым мен техниканың даму деңгейіне емес, халықтың жалпы экологиялық мәдениетіне, қазіргі экологиялық дағдарыстық жағдайды шешудің көздерін, мәні мен жолдарын түсінуге байланысты. Сондықтан экологиялық білім экологиялық мәдениеттің, табиғатқа экофилдік қатынастың қалыптасуының негізі ретінде қарастырылады.

Негізгі сөздер: экология, радиация, радиоактивті қалдықтар, полигон, экология, азот, күкірт, қоршаған орта.

A.M. Bissengaliyeva*, K.O. Dyussegalieva, R.Y. Kydyrbek

West Kazakhstan Agrarian University named after Zhangir Khan, Uralsk, Kazakhstan¹

INFLUENCE OF RADIOACTIVE EMISSIONS ON THE ENVIRONMENTAL SITUATION OF THE WESTERN REGION

Abstract. This paper discusses the environmental problems of the Western region of the Republic of Kazakhstan and ways to solve them on the territory of test sites. The purpose of the article is to assess the impact of radioactive waste from the "Azgyr and Naryn" landfill on the ecological situation in the regions. Because of the rapid development of the oil and gas industry, spacecraft launches, the environment of these regions was contaminated with decay products of various types of rocket fuel, nitrogenous compounds, heavy metals and other toxic substances. The article provides a theoretical analysis of statistical data on the assessment of the environmental situation in the surrounding areas in relation to the "Azgyr and Naryn" landfill. Thus, in the regions adjacent to the landfill, during the analyzed period, indicators were found that differ from the national average or control values, which in turn indicates the adverse impact on the environment and human health of radioactive emissions from the landfill and emissions of particulate matter, sulfur dioxide, nitrogen and hydrocarbons.

The ecological consequences of a catastrophe are predetermined not only by the magnitude and nature of pollution, but also by the specific features of the polluted ecosystems themselves, considered as an object of external influence and requiring, taking into account these circumstances, special systematization.

The prospects for resolving environmental problems depend not so much on the level of development of science and technology, but on the general ecological culture of the population, on the understanding of the sources, essence and ways of solving the current ecological crisis situation. Therefore, ecological education is considered as the basis for the formation of an ecological culture, an ecophilic attitude towards nature.

Keywords: ecology, radiation, radioactive emissions, landfill, ecology, nitrogen, sulfur, environment.

¹А.Е.Жамашева*, ¹Д.Г.Идрисова, ¹З.Ж.Рахмашев, ¹И.М.Кәрім, ²Ж.Е.Ермуратова

¹аль-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан

²Сафи Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті, Атырау, Қазақстан

*e-mail: adelya.zhamash@gmail.com

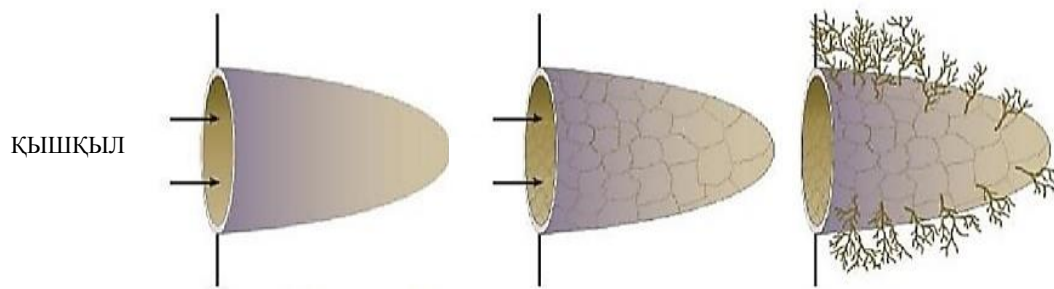
ҚЫШҚЫЛДЫҚ ӨНДЕУ КЕЗІНДЕГІ АҒЫН БАҒЫТТАУШЫ АГЕНТТЕРДІҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ТӘСІЛДЕРІ

Андатпа. Біртекті емес қабаттарды қышқылмен өндеу кезінде қышқылды ауытқыту техникасы ағынды қарқындату бойынша барлық қышқылмен өндеу жұмыстарының құрамдас бөлігі болып табылады. Біртекті емес қабаттарды қышқылдық өндеу барысында айдалған сұйықтықтардың қабат бойынша бірдей таралуын қамтамасыз ету үшін сұйықтықтың бағытын мақсатты аралыққа, яғни өткізгіштігі төмен аралыққа өзгерту қажет. Себебі, біртекті емес қабаттарда қабаттардың өткізгіштігінің әртүрлі болуына байланысты жоғары өткізгішті арналар қышқылмен өңделіп, өткізгіштігі төмен арналар өңделмей қалуы мүмкін. Мақалада бұл мәселенің алдын алу мақсатында ағынның таралуын өзгерту үшін қолданылатын ағын бағыттаушы (диверсия әдістері) әдістерінің, яғни қышқылды оңтайлы орналастыру әдістерінің технологиялық ерекшеліктері, тиімділік көрсеткіштері көрсетілген. Мақалада қарастырылып отырған ағын бағыттаушы агенттердің механикалық тәсілдерінің бірі Coil tubing технологиясына сандық эксперименттік зерттеулер жүргізу арқылы оның тиімділігі анықталған.

Негізгі сөздер: қышқыл, қышқылмен өндеу, ағын бағыттаушы агенттер, арналар, біртекті емес қабаттар, өткізгіштік, диверсия, coil tubing.

Кіріспе. Мұнай-газ кәсіпшілігінде кен орындарды игерудің тиімділігі пайдалану уақыты ішіндегі ұңғымалардың өнімділігіне байланысты орын алады. Қышқылдық өндеу - 1932 жылы тұз қышқылын (HCl) алғаш рет карбонатты коллекторларда мұнай ұңғымаларына әсер ету үшін қолданылған өндіру әдісі. Қабаттың өнімділігінің жоғарылауына және скин-эффекттің төмендеуіне қышқылдық өндеу жүргізу арқылы қол жеткізіледі, оның негізгі мақсаты – таужыныстарды еріту арқылы жоғары өткізгішті арналарды құру [9]. Өнімділікті жақсарту үшін қышқыл негізіндегі жүйелерді пайдалана отырып, қабаттарды қышқылдық өндеу мұнай және газ өнеркәсібінде кең таралған әдістердің бірі. Алайда, олардың қолданылуын шектейтін негізгі проблемалардың бірі - коллектордың біртекті емес болуына байланысты қышқыл ағынының қажетті өндеу аймағына орналастыру қиынға соғады, бұл қышқылдық өндеудің төмен тиімділігіне себепші болуы мүмкін. Коллектор өткізгіштігінің жоғары контрасты және стимуляцияның нәтижелі болмауы, төмен өткізгішті аймақтарының қамтылмай қалуына әкеледі. Жоғарғы өткізгіштікке және төмен қысымға ие қабатшаларда айдау агентінің шамадан тыс жоғалу әсері басым болады [13]. Қышқылдық өндеу арқылы қышқылдың толық аймақтық және оңтайлы таралуына қол жеткізу мәселесі әлі күнге дейін сақталуда [3].

Біртекті емес коллекторларда қышқылдық өндеуді жүргізу кезіндегі негізгі міндеттердің бірі қышқылды оңтайлы орналасуын қамтамасыз ету және қышқылдың барлық аймақтың бойында таралуы болып табылады. Ашық оқпанның, жоғары температураның, сарқылған қабаттардың болуы – бұл процессті тежеулетеді. Біртекті емес коллекторларда қышқылдардың біркелкі таралмауына байланысты қабаттың зақымдалуына және мұнай бергіштіктің төмендеуіне байланысты ағын бағыттаушы агенттер технологиясы қолданылады. Қышқылдық өндеуде ағын бағыттаушы агенттер технологиясы мақсатсыз аймақты уақытша жауып, негізгі өндеу сұйықтығын мақсатты қабатқа, яғни өткізгіштігі төмен қабатқа ағын бағыттаушы агенттерді енгізу болып табылады.



1 - сурет. Қышқылдық өңдеудің принципті схемасы [11]

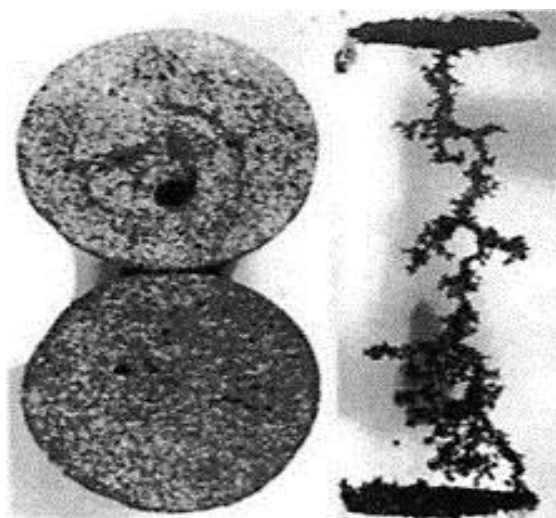
Қышқылдық өңдеу процесі кезінде айдау агенті қабатқа енген кезде тау жынысы қышқылда ериді, соның салдарынан оның сұзу-сыйымдылық қасиеттерінің (кеуектілігі мен өткізгіштігі) қайтымсыз өзгеруі орын алады. 1-суретте көрсетілгендей қышқыл таужыныстарды еріту арқылы жоғары өткізгіштікті арналардың техногендік желісінің пайда болуына әкеледі [11].

Жоғары өткізгішті арналардың (ЖӨА) таралуы үшін ең алдымен, реакция қарқынды болуы керек. Карбонатты коллектордағы қышқылды еріту механизмі 1- кестеде көрсетілген.

1 - кесте. Қышқыл және таужыныс реакция теңдеулері

Таужыныс	Реакция теңдеуі
Доломит	$2\text{HCl} + \text{CaCO}_3 = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
Кальцит	$4\text{HCl} + \text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 = \text{CaCl}_2 + \text{MgCl}_2 + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
Сидерит	$2\text{HCl} + \text{FeCO}_3 = \text{FeCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Өктаста еріту фронтының әркелкі қозғалуына байланысты ірі арналар (червоточина) пайда болуы мүмкін. 2 -суретте кернде қышқылды сұзу арқылы зерттеу барысында пайда болған жоғары өткізгіштік арнаның пішіні көрсетілген [1].



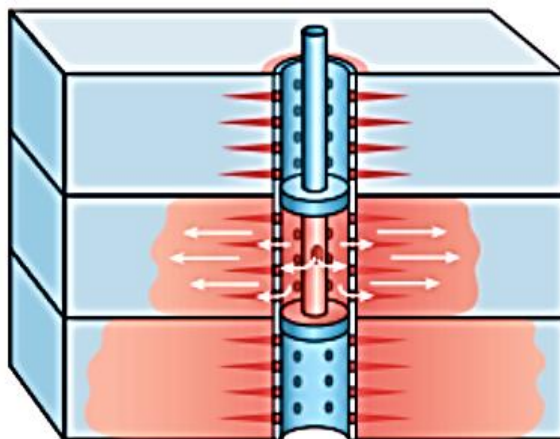
2 - сурет. Жоғары өткізгіштікті арна желісі

ЖӨА карбонаттардағы кеуектерге қарағанда көлемі жағынан едәуір үлкенірек екенін, яғни каналдармен өткізілген аймақтағы қысымның жоғалуы аз екенін ескеру қажет. Қабатты

сұйықпен өңдеу кезінде ЖӨА пайда болу процесінің маңызы зор, өйткені қышқылдың қабатқа ену деңгейін арттырады және қышқылдың жарық бойымен жылжуын шектейді. Арналардың пайда болу процесі бірінші кезекте жыныстың еру процесі үлкен көлемдегі жолдармен арналарда жылдам жүретініне байланысты [5,6].

Зерттеу материалдары мен әдістері. Қышқылдық өңдеудің табыстылығы өткізгіштігі бойынша біртекті емес қабаттар үшін қышқылдың оңтайлы орналасуына байланысты. Ұңғымалардағы ағынды жеделдету үшін, қабаттың біркелкі өңделуі үшін оңтайлы ағын бағыттаушы агенттер технологиясын қолдануды таңдау және негіздеу болып табылады. Қышқылмен өңдеу үшін айдалатын қышқыл құрамын ауытқытудың кейбір механикалық тәсілдері бар, олар: перфорациялық саңылауларды бітеу үшін айдалатын сұйықтықтың құрамына қосылатын резеңке жабыны бар герметик шарларды пайдалану және операциялар жүргізу кезінде ұңғыманың басқа учаскелерінен өңдеу үшін қажетті аймақты оқшаулайтын пакерлерді пайдалану. Қышқылдық өңдеудің тағы бір механикалық тәсілі Coil Tubing болып табылады. Coil Tubing қабаттың нақты берілген аралығына бағытталған қышқылды айдауға мүмкіндік береді [8]. Қазіргі кезде әртүрлі ағын бағыттаушы агенттер әзірленеді және олар келесі талаптарға ие болуы керек: (1) ағын бағыттаушы агенттер айдаудың жақсы көрсеткіштері болып табылады және ұңғыманың түрімен шектелмейді; (2) олар өңдеу ерітіндісімен және флюидпен жақсы үйлесімділікке ие болуы керек; (3) өңдеуден кейін оларды жасанды түрде немесе автоматты түрде бұзуға болады; (4) ағын бағыттаушы агенттерді дайындау үшін таңдап алынған шикізат экологиялық таза материал болуы қажет [4].

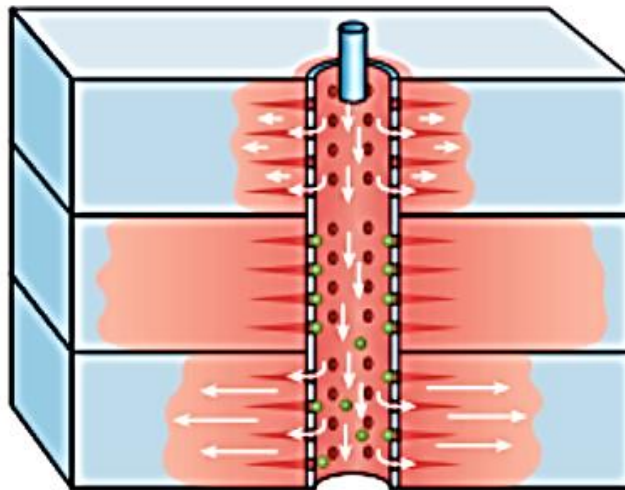
Қышқылдың біркелкі орналасуына қол жеткізудің ең сенімді әдісі – бұл жеке аймақтарды механикалық оқшаулау және барлық аймақтарды кезек-кезек өңдеу болып табылады. Механикалық оңтайлы орналастыру әдістері ұңғымадан құбырларды алып тастауды талап етеді, сондықтан бұл әсер етудің құнын айтарлықтай арттырады. Алайда, бұл құн, әсіресе көлденең ұңғымаларда жақсартылған орналастыру арқылы ақталуы мүмкін. Механикалық оқшаулау әдістеріне мыналар кіреді: еркін көп сатылы тәсілі, coil tubing, шар герметиктер.



3 – сурет. Еркін көп сатылы тәсілі [12]

Еркін көп сатылы тәсілі. Бұл әдіс физикалық құралдарды қолдана отырып, әртүрлі аймақтарды немесе резервуарлардың учаскелерін бөлуді қамтиды. Бұл жеке аймақтарды бөлу үшін пакерлерді қолдана отырып, аймақты бірінен кейін бірін өңдеу әдісі болып табылады. Егерде пакерлердің саңылаусызданып және шегендеу бағанасының цементі жеткілікті болса, бұл әдіс ең қолайлы болып табылады. Сондай-ақ, әрбір қабаттарды сынауға мүмкіндік бар. Яғни стимуляциядан кейін және дейін де қабат сыналады. Бұл әдістің қаншалықты тиімді екенін білдіреді және ұңғы түп маңының ластану дәрежесінің мәнін және

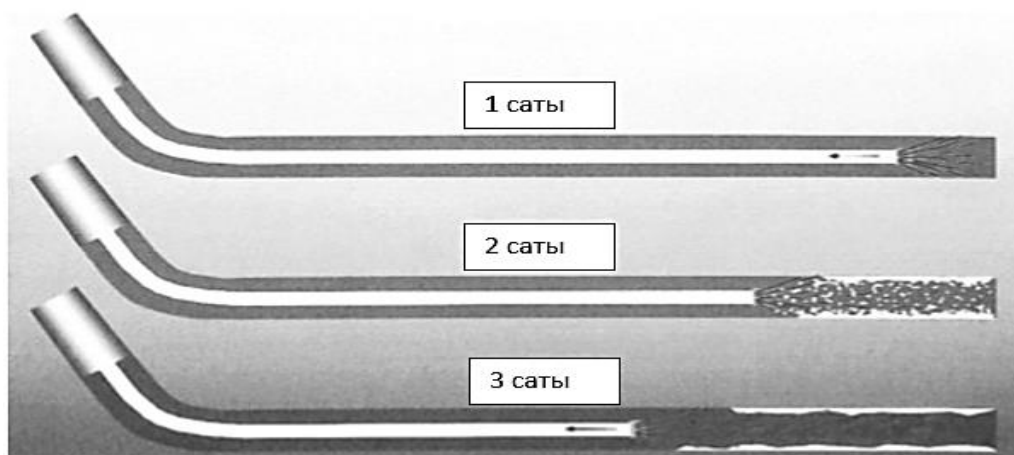
қабаттың қасиеттерінің нәтижесін алуға мүмкіндік береді. Алайда бұл әдіс қаржылық қажеттілікті тудырады [12].



4 – сурет. Шар герметиктер [12]

Шар герметиктер. Шар герметиктер шегендеу құбырындағы перфорация саңылауларына отырғызыла отырып, айдалған сұйықты мақсатты перфорация саңылауларына жөнелтуге арналған резеңке жабыны бар шариктер болып табылады. Шар герметиктер өңдеу сұйықтығына кезең-кезеңмен қосылады, сондықтан перфорация қатарына қышқыл келіп түскеннен кейін олар бұғатталып, қышқыл мақсатты перфорация саңылауларына әсер етеді. Көбінесе шар герметиктер өңдеу сұйықтығына қарағанда тығыз, сондықтан өңдеуден кейін шар герметиктер перфорация тесіктеріне түседі. Дегенмен тығыз шарлы герметиктерге қарағанда, көтергіш сұйықтықта сәл қалқымалы шар герметиктері тиімді болып табылады. Бейл (1984) сондай-ақ Сауд Арабиясындағы карбонатты коллекторларда қышқылдық өңдеу кезінде қалқымалы шар герметиктері тиімді екенін көрсетті. Қалқымалы шар герметиктер өңдеу аяқталғаннан кейін жер бетіне шығарылуы тиіс. Шар герметиктерін пайдалану жалпы нұсқаулық бойынша перфорация саңылауларына қарағанда тығыз шар герметиктерін екі есе көп пайдалану керек, ал қалқымалы шар герметиктері үшін 50 пайыз артық болуы ұсынылады. Шар герметиктерінің отыру тиімділігі айдау жылдамдығының ұлғаюымен артады, сондықтан төмен жылдамдықпен өңдеу үшін шар герметиктерді пайдалану ұсынылмайды. Тығыз шарлар төменгі жағының перфорациясына, ал қалқымалы шарлар - жоғарғы жағының перфорациясына отырғызылады [10].

Coil Tubing. Қазіргі уақытта coil tubing қышқылдық өңдеудің маңызды құралы болып табылады. Бұл ұңғымада қышқылдың дұрыс өңделуіне көмек береді. Бұл көлденең ұңғымаларда өте маңызды болуы мүмкін, өйткені бұл бүкіл ұңғымамен қышқыл байланысын қамтамасыз етеді. Coil tubing арқылы қышқылдық өңдеу ұңғыма оқпанының немесе аяқтау құбырының агрессивті сұйықтықтармен тікелей байланысын болдырмай жұмыс атқарады. Coil tubing арқылы қышқыл құрамына химиялық реагенттерді қосып қабатқа айдау тиімді болады [2]. Coil tubing жолдары қазір көптеген мөлшерде (диаметрі 1 ден 31/2 дюймға дейін) және тереңдіктің рұқсат етілген деңгейіне дейін нәтижесін көрсете алады. Ұңғыларды қышқылдық өңдеу және тазарту кезінде қолданылатын coil tubing диаметрі 11/4 ден 2 дюймға дейін болады.



5 – сурет. Coil Tubing әсер ету сатылары [2]

Қышқылдық өңдеуге арналған coil tubing негізгі артықшылықтары:

1. Егер жалғасатын өңдеу бұдан ешқандай пайда әкелмейтін болса, қышқылдың енгізілуін жеңілдетуге болады. Coil tubing жолындағы жалпы көлем аз және оны тез ауыстыруға болады.

2. Азотты өңдеудің жеңілдігі реактивті сұйықтықтарды ұңғымадан тез шығарады және сол арқылы сұйықтықтың ұңғыға жақын аймағына жетіп және кері ағымды күшейтеді.

3. Инженерлік қондырғыларды толық аралықпен өңдеуге немесе аймақтарды селективті (көмірсутек шығаратын) өңдеуге арналған, мысалы, судың көп мөлшері бар ұңғымаларға орнату мүмкіндігі.

Кемшіліктерге мыналар жатады:

1. Сорғы жылдамдығының шектеулі болуы. Кішкентай диаметрлер үйкеліс қысымының жоғарылауына әкеледі, бұл инъекция жылдамдығын қажетті деңгейден төмен деңгейге дейін төмендетуі мүмкін.

2. Бөлшектелген заттарды (мысалы, бөлшектік диспергаторлар немесе шар тәрізді тығыздағыштар) coil tubing-ке салу өте қиын.

3. Қышқыл қоспаларды өте мұқият араластыру керек және инъекцияға дейін, сол кезде де сақтау керек. Coil tubing жолындағы коррозия әсіресе көп болады.

Сандық эксперименттік зерттеулер. Ағын бағыттаушы агенттерін скин мониторингі арқылы бағалау. Скин факторын есептеу үшін скин мониторингі әдісі қолданылды. Өңдеу кезіндегі скин факторды бағаланғаннан кейін, өнімділік коэффициенттері анықталды [7]. Біртекті емес қабаттарды қышқылдық өңдеу процесінің тиімділігін бағалау үшін, скин-факторын есептеу үшін пайдаланылуы мүмкін тәсілдің қысқаша мазмұны келтірілген.

Бұл есепте тік ұңғыманың мәліметтері, резервуар мәліметтері берілген. Ұңғыма оқпанындағы құбыр бастапқыда қышқылмен толтырылған. Құбырдағы инертті сұйықтық (спейсер) қабатқа айдалады. Бастапқы скин-фактор 30-ға тең деп болжанды. Келесі теңдеулер скин-факторды, түптік қысымды бағалауға қатысты кезеңдерді көрсетеді.

1) Алдымен 5 минут уақыт ішінде енгізілген қышқылдың жалпы мөлшерін анықтаймыз:

$$V_{\text{жалпы}} = \sum_{i=2}^5 (q_i \times (t_i - t_{i-1})) \quad (1)$$

2) Құбырдағы жаңа сұйықтық бағанының ұзындығын анықтаймыз:

$$Length_{new} = \frac{V_{жалпы} \times 144 \times 4}{\pi \times (d_{CKK})^2} \quad (2)$$

3) Қолданыстағы ұңғымалық сұйықтық бағанының ұзындығын есептейміз:

$$Length_{old} = TVD - Length_{new} \quad (3)$$

4) Құбырдағы гидростатикалық қысым:

$$\Delta P_{PE} = \frac{g}{g_c} \times (\rho_{new} \times Length_{new} + \rho_{old} \times Length_{old}) \quad (4)$$

5) Құбырдағы сұйықтыққа арналған Рейнольдс саны:

$$N_{RE} = \frac{1.48 \times \rho \times q}{\mu \times d_{tube}} \quad (5)$$

6) Ұңғымадағы сұйықтық үшін Рейнольдс саны 312766,5 құрайды. Рейнольдс сандары 2000-нан көп болғандықтан, құбырдағы ағын турбулентті болады. Осыған сүйене отырып, үйкеліс коэффициенті төмендегідей есептеледі:

$$f_f = \left[-4 \log \left\{ \frac{\varepsilon}{3.7065} - \frac{5.0452}{N_{RE}} \log \left[\frac{\varepsilon^{1.1098}}{2.8257} + \left(\frac{7.149}{N_{RE}} \right)^{0.8981} \right] \right\} \right]^{-2} \quad (6)$$

7) Ұңғымадағы сұйықтық үшін үйкеліс коэффициенті $3,86 \times 10^{-3}$ құрайтын болғандықтан, үйкеліс қысымының төмендеуі келесі түрде болады:

$$\Delta P_f = \frac{7.355 \times 10^{-7} \times q^2 \times (\rho_{new} \times Length_{new} \times f_{fn} + \rho_{old} \times Length_{old} \times f_{fo})}{d_{tube}^5} \quad (7)$$

8) Түптік қысым төмендегідей есептеледі:

$$P_{wf} = P_{st} + \Delta P_{PE} - \Delta P_f \quad (8)$$

9) Скин мәліметтерін алу үшін, инъективтіліктің кері функция сызығының көлбеулігі мен суперпозиция уақыты есептеледі:

$$m = \frac{162.6 \times \beta \times \mu}{k \times h} \quad (9)$$

10) Сәйкесінше суперпозиция уақыты келесідей анықталады:

$$\Delta t_{sup} = \sum_{j=1}^N \frac{q_j - q_{j-1}}{q_N} \times \log(t_N - t_{j-1}) \quad (10)$$

11) b коэффициентін есептеу:

$$b = \frac{P_{wf} - P_i}{q_i} - m \times \Delta t_{sup} \quad (11)$$

12) Керекті коэффициенттер анықталғаннан соң, айқын скин-эффектті анықтаймыз:

$$S_{Apparent} = \frac{1}{0.868} \left(\frac{b}{m} - \log \left(\frac{k}{\varphi \times \mu \times c_t \times r_w^2} \right) + 3.23 \right) \quad (12)$$

13) Келесі кезекте тұтқыр скинді анықтау үшін, қышқылдың ену радиусын анықтаймыз:

$$r_i = \sqrt{\frac{V_i}{\pi \times \varphi \times h} + r_w^2} \quad (13)$$

14) Келесі кезекте, тұтқыр скинді анықтаймыз:

$$S_{viscous} = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_i}{\mu_{res}} \ln \left(\frac{r_i}{r_{i-1}} \right) - \ln \left(\frac{r_n}{r_0} \right) \quad (14)$$

15) Енді қабаттың зақымдалуынан болған скинді анықтаймыз:

$$S_{damage} = S_{apparent} - S_{viscous} \quad (15)$$

16) Өнімділік коэффициенті:

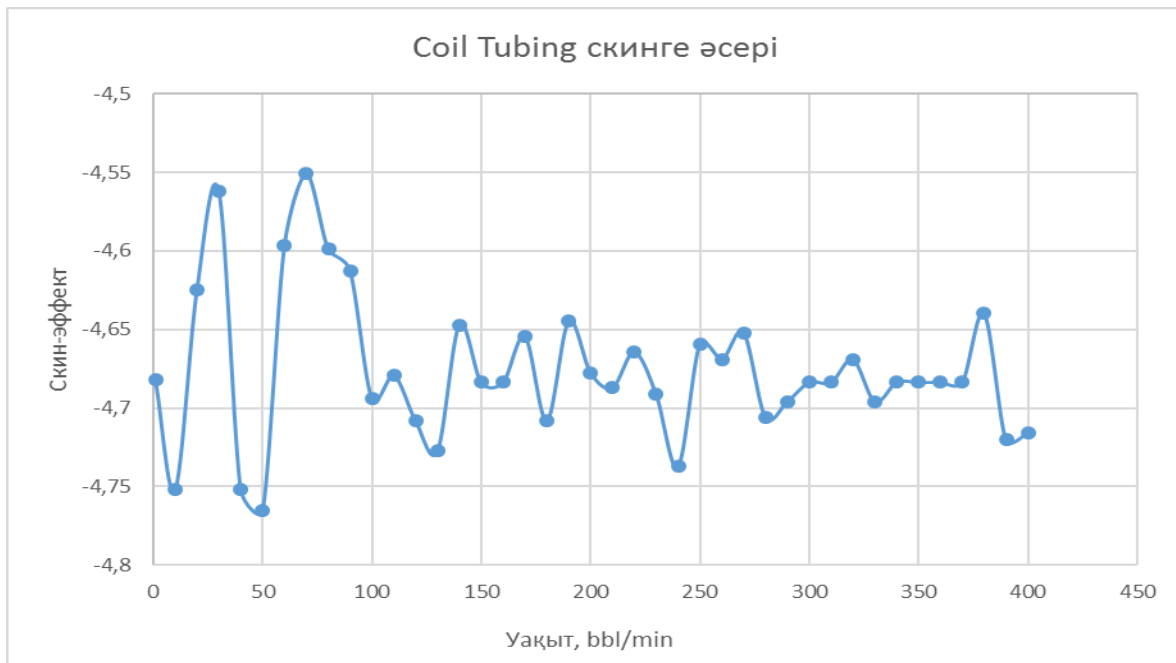
$$\frac{J_{соңғы}}{J_{бастапқы}} = \frac{\ln \left[\frac{h I_{ani}}{r_w (I_{ani} + 1)} \right] + \frac{\pi y_b}{h I_{ani}} - 1.224 + S_f}{\ln \left[\frac{h I_{ani}}{r_w (I_{ani} + 1)} \right] + \frac{\pi y_b}{h I_{ani}} - 1.224 + S_i} \quad (16)$$

2 – кесте. Coil tubing арқылы айдалған қышқыл қасиеттері:

№	Сұйық атауы	Көлемі, gal	Тығыздық, lb/ft3	Тұтқырлық, ср
1	HCl	54810	63,58	0,51

№	Құбыр типі	Өлшенген тереңдік, ft
1	Start Pump	11420
2	POOH	11135
3	POOH	9814
4	POOH	9545
5	POOH	8326
6	RIH	9545
7	RIH	9814
8	Stop Pump	11420

Төмендегі 6 - суретте скин факторының алғашқы уақыттарда үлкен толқуларға ұшырағанын байқауға болады. Бұл күтпеген үрдіс үйкеліс қысымының өзгеруімен және coil tubing қозғалысымен туындауы мүмкін. Осы ұңғымадан сұйықтық өндіру дебиті уақыт мерзімінде өңдеуден кейін 63 %-ға өседі. Скин мәні 0,0502-ден -4,7156 көрсетті.



6 – сурет. Coil tubing арқылы айдалған қышқылдың уақыт көлемінде скин өзгерісі

Қорытынды. Қорытындылай келе, біртекті емес қабаттарды қышқылдық өңдеу барысында, жоғары өткізгіштікті қабаттардың қышқылмен басым бөлігі қамтылып, төмен өткізгіштікті қабаттар өңделмеу мәселелерін алдын алатын механикалық ағынды бағыттаушы әдістер тиімді болып табылады. Coil tubing ағын бағыттаушы агенттер технологиясына сандық эксперименттік есептеулер жүргізу барысында оның тиімділігі көрсетілді. Осы есептеулер барысында скин мониторинг әдісі ағын бағыттаушы агенттерін бағалау үшін сәтті қолданылды. Өңдеуден кейінгі негізгі нәтижелері:

1. Скин фактордың өзгеріс үрдісі әрбір енгізілген сұйықтықтың өңдеу кезіндегі үлесін түсінуге көмектесті. Басқаша айтқанда, скин мәні қабаттың зақымдануына оң немесе теріс әсер ететінін көрсетті.
2. Скин мониторингі ағын бағыттаушы агентінің эффективтілігін және айдалған агенттің көлемін жеткілікті екенін анықтауға мүмкіндік берді.
3. Жұмыстың мақсаты ағын бағыттаушы агенті арқылы қышқылды дұрыс орналастыру болғандықтан, скин мониторингі кезінде мақсатты интервал бойынша вариациялар қарастырылмады. Мақсатқа жету үшін қышқылды орналастыру моделін пайдалану ұсынылады.

REFERENCES

- [1] C.N. Fredd, M.J. Miller. Validation of Carbonate Matrix Stimulation Models. Journal of petroleum technology (SPE) 58713. <https://doi.org/10.2118/58713-MS> (2000)
- [2] Chang, Frank F., Xiangdong Qiu, and Hisham A. Nasr-El-Din. Chemical diversion techniques used for carbonate matrix acidizing: An overview and case histories. Journal of petroleum technology (SPE) 106444. (2007)
- [3] Cohen C.E., Tardy P. M. J, Lesko T. Diversion with a Novel Fiber-Laden Acid System for Matrix Acidizing of Carbonate Formations. Paper SPE 134495 presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 19-22 September. (2010)
- [4] Economides, Michael J., A. Daniel Hill, Christine Ehlig-Economides, and Ding Zhu. Petroleum production systems. Pearson Education. (2012)
- [5] F.F. Chang and M. Abbad. Optimizing Well productivity by Controlling Acid Dissolution Pattern during Matrix Acidizing of Carbonate Reservoirs. Paper IPTC 12368 presented at the International Petroleum Conference. <https://doi.org/10.2523/IPTC-12368-MS> (2008)

- [6] F.Chang, Q.Qu, W.Frenier. A Novel Self-Diverting-Acid Developed for Matrix Stimulation of Carbonate Reservoirs. Journal of petroleum technology (SPE) 65033. <https://doi.org/10.2118/65033-MS> (2001)
- [7] Hill, A. Daniel, and W. R. Rossen. Fluid placement and diversion in matrix acidizing. Journal of petroleum technology. Society of Petroleum Engineers. (1994)
- [8] J. A. Robert and W. R. Rossen., Fluid Placement and Pumping Strategy, Michael J. Economides, Reservoir Stimulation.
- [9] K.M.Hung, A.D.Hill and K.Sepehrnoori. A Mechanistic Model of Wormhole Growth in Carbonate Matrix Acidizing and Acid Fracturing. Journal of Petroleum Technology (41(1)), 59-66. (1989)
- [10] Michael J. Economides A., Daniel Hill Christine Ehlig-Economides Ding Zhu. Petroleum production systems second edition: Mechanical Acid placement, Pearson Education, 496-497 (2013)
- [11] M. A. Sayed, H. A. Nasr-El-Din, J. Zhou, S. Holt and H. Al-Malki. A New Emulsified Acid to Stimulate Deep Wells in Carbonate Reservoirs. Journal of petroleum technology (SPE) 151061. <https://doi.org/10.2118/151061-MS> 64. (2012)
- [12] Nolte, Kenneth G. Reservoir stimulation. Ed. Michael J. Economides. Vol. 18. (2000)
- [13] Posti D, Ellison T.K, Chang D. Optimization of Carbonate Stimulation based on Long-Term Well Performance Predictions. Paper IPTC 13622 presented at the International Petroleum Conference, 7-9 December. (2009)

¹А.Е.Жамашева*, ¹Д.Г.Идрисова, ¹З.Ж.Рахмашев, ¹И.М.Карим, ²Ж.Е.Ермуратова

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

²Атырауский университет нефти и газа имени Сафи Утебаева, Атырау, Казахстан

*e-mail: adelya.zhamash@gmail.com

МЕХАНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПОТОКООТКЛОНЯЮЩИХ АГЕНТОВ ПРИ КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКЕ

Аннотация. Эффективная техника отвода является важнейшим компонентом всех кислотных работ по интенсификации притока, что позволяет нам достичь полного охвата зоны и тем самым достичь целей обработки. В процессе кислотной обработки неоднородных пластов необходимо изменить направление жидкости на целевой интервал, т. е. интервал с низкой проницаемостью, чтобы обеспечить равномерное распределение перекачиваемых жидкостей по пласту. Это связано с тем, что в неоднородных пластах из-за различной проницаемости слоев высокопроницаемые каналы могут быть обработаны кислотой, а каналы с низкой проницаемостью могут остаться без обработки. В статье изложены технологические особенности методов потокоотклоняющих агентов (диверсионных методов), используемых для изменения распределения потока с целью предотвращения этой проблемы, т. е. методов оптимального размещения кислоты. В статье, рассмотрено один из механических способов потокоотклоняющих агентов технология Coil tubing и определено его эффективность путем проведения количественных экспериментальных исследований.

Ключевые слова: кислота, кислотная обработка, потокоотклоняющие агенты, каналы, неоднородные пласты, проницаемость, диверсия, coil tubing.

¹A.E.Zhamasheva*, ¹D.G.Idrisova, ¹Z.Zh.Rakhmashev, ¹I.M.Karim, ²ZH.E.Ermuratova

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Atyrau University of Oil and Gas named after Safi Utebayev, Atyrau, Kazakhstan

*e-mail: adelya.zhamash@gmail.com

MECHANICAL METHODS OF FLOW-DIVERTING AGENTS DURING ACID TREATMENT

Abstract. An effective diversion technique is a crucial component in all acid stimulation jobs, which allows us to achieve full zonal coverage and thereby achieve the treatment objectives. In the process of acidizing heterogeneous formations, it is necessary to change the direction of the fluid to the target interval, i.e., the interval with low permeability, to ensure an even distribution of pumped fluids throughout the

formation. This is because in heterogeneous formations, due to the different permeability of the layers, highly permeable wormholes can be treated with acid, and wormholes with low permeability can remain untreated. The article describes the technological features of methods of flow-diverting agents (diversion methods) used to change the flow distribution to prevent this problem, i.e. methods of optimal acid placement. In the article, one of the mechanical methods of flow-diverting agents, the Coil tubing technology, is considered and its effectiveness is determined by conducting quantitative experimental studies.

Keywords: acid, acid treatment, flow-diverting agents, heterogeneous layers, wormholes, diversion, permeability, coil tubing.

¹Г.Ш. Оспанова*, ¹А.А. Саипов, ²Р.Д. Нұрымова

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

²Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан

*e-mail: ospanova_14@mail.ru

НҰР-СҰЛТАН ҚАЛАСЫНЫҢ АЗЫҚ-ТҮЛІК БЕЛДЕУІ АУМАҒЫНЫҢ КӨЛІКТІК-ГЕОГРАФИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫ

Аңдатпа. Көліктік-географиялық жағдай өңірдің көлік желілеріне, көлік тораптары мен ағындарына қатысты жағдайын анықтайды. Ол өндіріс элементтеріне қатысты орнына қарай бөлінетін, экономикалық-географиялық жағдайдың негізгі түрлерінің бірі болып табылады. Мақалада Қазақстанның дәнді-дақылдар өсіретін және тауарлық астық өндіретін басты өңірлерінің бірі және астананың азық-түлік белдеуін қамтамасыз ету жағынан маңызды буын болып табылатын Ақмола облысының көліктік-географиялық жағдайы талданған. Зерттеліп отырған аумақтың экономикалық-географиялық жағдайының тиімділігі, оның астана маңы мәртебесінің болуы, маңызды темір жол және автомобиль жолдарының қиылысында орналасуы өңірге жоғары көліктік әлеуетті қамтамасыз етеді. Облыста республика бойынша темір жол бағыттарының ең жоғары тығыздығы тіркелген. Сонымен қатар, өңір үшін ауыл шаруашылығы өнімдерін өндіру және оларды өңдеу, сақтау және тұтыну орындарына жеткізу, өндіріс тиімділігін арттыруды қамтамасыз ету мақсатында агроөнеркәсіптік кешендегі жүктер мен жолаушыларды тасымалдауда маңызды болып табылатын, автомобиль жолдары желісімен қамтамасыз етілу деңгейі талданды. Автомобиль жолдарын сипаттайтын көрсеткіштер де, өңірдің автомобиль жолдары желісімен қамтамасыз етілу деңгейі орташа республикалық деңгейден жоғары деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Негізгі сөздер: азық-түлік белдеуі, ауыл шаруашылығы, экономикалық-географиялық жағдай, көліктік-географиялық жағдай, көлік желілері.

Кіріспе. Қазіргі уақытта COVID-19 пандемиясына байланысты қалыптасқан жағдай жаһандық азық-түлік проблемасын күрт шиеленістіріп, бұл мәселе кез-келген мемлекет үшін маңызды болып отыр. Дүниежүзілік азық-түлік бағдарламасының мәліметі бойынша азық-түлік тапшылығын биылғы жылы 270 миллион адам сезінеді. Елдің азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етуде агроөнеркәсіптік кешен салаларын орнықты әрі болашақты бағдарлау негізінде дамыту маңызды болып саналады. Сондықтан, ұлттық экономиканың дамуының қазіргі кезеңінде Қазақстанның ауыл шаруашылығы кешенін орнықты дамыту мен оның дүниежүзілік және отандық нарықтық бәсекеге қабілеттігі мемлекеттік саясаттың басым бағыттарының бірі болып есептеледі.

Сонымен қатар, елімізде халқының саны қарқынды өсіп жатқан мегаполистер тұрғындарын азық-түлік өнімдерімен қамтамасыз ету мәселелеріне де мән беріліп, осы бағытта мемлекеттік бағдарламалар жүзеге асырылуда.

Халқының саны 01.09.2021ж. жағдай бойынша 1217,6 мың адамға жеткен Нұр-Сұлтан қаласының тұрғындарын отандық азық-түлік тауарларымен үздіксіз қамтамасыз ету үшін қаланың және одан 300 шақырым радиуста жатқан Ақмола және Қарағанды облыстарындағы өнеркәсіптер мен шаруашылықтардың өндірістік әлеуетін, әсіресе шикізат базасын дамыту қолға алынуда.

Нұр-Сұлтан қаласының азық-түлік белдеуін қалыптастыру мен дамытуға аумақтың қолайлы экономикалық-географиялық жағдайының тиімділігін арттыра түсетін көліктік-географиялық жағдайы үлкен әсер етеді.

Экономикалық-географиялық жағдай (ЭГЖ) география ғылымының жетекші саласының бірі болып табылатын әлеуметтік-экономикалық география ғылымының маңызды категорияларының бірі. ЭГЖ теориясы аймақтық дамуды кеңістік тұрғысынан зерттеуге қызмет етеді. ЭГЖ тұжырымдамасын дамытуға Н.Н. Баранский [1], И.М. Маергойз [2],

Ю.Г. Саушкин [3], Я.Г. Машбиц [4], Г.М. Лаппо [5], және т.б. эконом-географтар елеулі үлес қосты.

Н.Н. Баранский ЭГЖ түсінігін «кез-келген елдің, ауданның немесе қаланың онан тыс орналасқан және ол үшін экономикалық маңызы бар нысандарға қатынасы» деп анықтап, «байланыс жолдарына қатысты жағдайды жиі ескеру қажет, оның үлкен және сонымен бірге көрнекі маңызы бар» деп атап көрсетті [1, 129-133 б.].

М.Маергойздің классикалық анықтамасы бойынша көліктік-географиялық жағдай «көлік желісіне қатысты, оның өткізу қабілетін, жылдамдығын және тасымалдау құнын ескере отырып орналасу жағдайы» деп түсініледі [2, 55 б.].

Көліктік-географиялық жағдай қоғамдық өндіріс элементтеріне қатысты орнына қарай бөлінетін, экономикалық-географиялық жағдайдың негізгі түрлерінің бірі болып табылады. ЭГЖ – бұл ұлттық шаруашылықтың қалыптасуы мен тұрақты дамуына ықпал етуші географиялық факторлар жүйесіндегі, экономикалық-факторлар тобындағы жетекші фактор, алғышарт және сонымен бірге байланыстардың, еңбек бөлінісінің және аумақтың өзін дамытудың салдары [6, 119 б.].

Көліктік-географиялық жағдайды бағалаудың сандық әдістемелері зерттеулерінің ішінде ресей ғалымдары Г.А. Гольцтың (қалалардың көлемі мен пішінінің көлік жылдамдығының сипаттамаларына байланыстылығы) [7], С.А. Тарховтың (көлік желілері эволюциясының деңгейлі түрі) [8], Л.А. Безруковтың (орындардың бәсекеге қабілеттілігінің көліктік-географиялық шарттылығы) [9], В.Н. Бугроменконың (көлік қол жетімділігінің интегралды коэффициенті) [10] еңбектерін атап өтуге болады.

Шетелде көліктің қолжетімділігі В.Гансен [11], А.Седердің [12], Д.Банистер [13], және Т.Литманның [14] еңбектерінде қарастырылды.

Зерттеу әдістері мен материалдар. Зерттеудің бастапқы материалдары ретінде мерзімдік басылымдар, анықтамалық материалдар, талдау және картографиялық әдістері қолданылды. Өңірдің көлік желілері жүйесінің картасы ArcGIS 10.1 программасы бойынша құрастырылып жасалынды.

Ақмола облысының әкімшілік аудандары бойынша автомобиль жолдарымен қамтамасыз етілуін талдау үшін келесі абсолютті және салыстырмалы көрсеткіштер анықталды [15, 16 б.] : жолдардың жалпы ұзындығы (км); әр санаттағы жолдардың ұзындығы (км); жол торабының тығыздығы (км/1000 км²); жолмен қамтамасыз етілу (км/1000 адам); аумақтың көлік желісімен қамтамасыз етілуінің сандық көрсеткіші - Энгель коэффициенті, мына формула бойынша есептеледі: $KE = aL/\sqrt{SP}$, мұндағы L – жолдардың ұзындығы, S – аумақтың ауданы, P – аумақтың халқы, a=100 – өлшемді көбейткіш [16, 181 б.].

Ақмола облысының әкімшілік аудандары бойынша автомобиль жолдарының негізгі көрсеткіштерін талдау облыстың статистика департаментінің, жолаушылар көлігі және автомобиль көлігі басқармасының материалдары негізінде жүргізілді. Өңірлердің әлеуметтік-экономикалық дамуында көлік желісінің болуы мен оның негізгі сипаттамалары маңызды болып табылады. Сондықтан бұл жұмыстың мақсаты Ақмола облысының көліктік-географиялық жағдайын талдап, АӨК-нің жұмыс істеуінде маңызды роль атқаратын автомобиль жолдарымен қамтамасыз етілуін әкімшілік аудандар бойынша бағалау болып табылады.

Зерттеу нәтижелері мен талдау. Ақмола облысының айрықша орны, оның аумағында мемлекеттің астанасы - Нұр-Сұлтан қаласының орналасуы болып табылады. Аршалы, Целинград және Шортанды аудандары және Ақкөл ауданының 4 округі астана агломерациясының ықпал ету аймағына кіреді. Облыс ҚР Үкіметінің 2017 жылғы 13 қазандағы №645 қаулысымен бекітілген «Нұр-Сұлтан қаласының азық-түлік белдеуін қалыптастыру жөніндегі 2018-2021 жылдарға арналған жол картасына» сәйкес астананың азық-түлік белдеу аумағына енеді [17].

Аймақтың экономикалық-географиялық орнының қолайлы жағдайын тиімді етіп пайдалану оның көліктік-географиялық әлеуетіне байланысты.

Еліміздің географиялық орталығына жақын орналасқан облыс шаруашылығында, оның экономикалық байланысын жүзеге асыруда ендік және бойлық бағыттағы Орта Сібір, Оңтүстік Сібір және Трансқазақстан теміржолдары және облыс территориясы арқылы өтетін халықаралық және республикалық маңызы бар Алматы - Нұр-Сұлтан - Қостанай, Алматы - Нұр-Сұлтан - Петропавл, Нұр-Сұлтан - Павлодар - Өскемен автомобиль транспорты дәліздері маңызды орын алады. Бұл жолдар облысты Солтүстік Қазақстанның өзге облыстарымен, Орал, Кузбасс, Орталық Қазақстан аудандарымен байланыстырып, сонымен бірге Ресейдің еуропалық, азиялық бөліктеріне және Оңтүстік Қазақстан ауданына шығуына мүмкіндік береді (1 Сурет).



1-сурет. Нұр-Сұлтан қаласының азық-түлік белдеуі аумағының көлік желілері

Облыста республика бойынша теміржолдардың ең жоғары тығыздығы тіркелген – 1 шаршы км аумаққа 10,66 км (ҚР орташа көрсеткіш – 5,53). 2016 жылы Ақмола облысындағы жалпы пайдаланудағы темір жолдардың ұзындығы 1513 шақырымды құрады.

Облыс аумағы арқылы халықаралық маңызы бар автожол дәліздері: 1) М-36 Ресей Федерациясының шекарасы (Екатеринбург - Челябинск) – Қостанай – Нұр-Сұлтан – Қарағанды – Алматы – ҚХР шекарасы. Ұзындығы 2042 км болатын М-36 жолы еуропалық Е-125 (Ресей – Қазақстан – Қырғызстан), Е-016, Е-123 (Ресей – Қазақстан – Қырғызстан – Өзбекстан – Тәжікстан) және Азия бағытындағы АН-60, АН-7 (Ресей – Қазақстан – Қырғызстан – Өзбекстан – Тәжікстан – Ауғанстан – Пәкістан) маршрутының бөлігі болып табылады; 2) А-1 Ресей Федерациясының шекарасы - Петропавл - Нұр-Сұлтан. Ұзындығы 452 км болатын Қазақстанның магистралі, еуропалық Е-125 маршрутының бөлігі болып

табылады; Солтүстік темір жолы дәлізі: Достық – Ақтоғай – Саяқ – Мойынты - Нұр-Сұлтан – Петропавл - Ресей) өтеді.

Қазіргі кезде астананың «шұғыла» қағидаты бойынша өңірлермен байланыстарын жақсарту үшін республикалық трассалар салу жұмысы жүргізілуде. Бұлар «Орталық - Оңтүстік», «Орталық - Шығыс» және «Орталық - Батыс» жобалары. Солтүстік макроөңірдегі хаб - Нұр-Сұлтан қаласы болады. «Орталық - Оңтүстік» жобасы «Нұр-Сұлтан - Қарағанды - Балқаш - Алматы» бағыты бойынша Қарағанды және Балқаш қалалары арқылы екі ірі Нұр-Сұлтан мен Алматы хабтарын және тиісінше, орталық-шығыс макроөңірін оңтүстікпен қосуға мүмкіндік береді. «Орталық - Шығыс» жобасы «Нұр-Сұлтан – Павлодар – Семей - Қалбатау - Өскемен» бағыты бойынша Павлодар және Қалбатау елді мекендері арқылы Нұр-Сұлтан және Өскемен қалалары арасында сапалы көліктік байланысты қамтамасыз етеді. Сондай-ақ «Нұр-Сұлтан – Арқалық – Торғай – Ырғыз - Шалқар - Қандыағаш» бағыты бойынша «Орталық - Батыс» жобасы іске асырылады [18].

Облыстың әкімшілік орталығы Көкшетау қаласы арқылы бойлық бағытта Трансқазақстан (Петропавл-Көкшетау-Нұр-Сұлтан-Қарағанды-Мойынты-Шу) және ендік бағытта Орта Сібір (Троицк-Қостанай-Көкшетау-Қарасу) теміржолдары өтеді. Ақмола облысының әуе тасымалын «Көкшетау авиакомпаниясы» АҚ орындайды, ол Көкшетау қаласының әуежайына иелік етеді және пайдаланады. Көкшетау қаласының әуежайы ИКАО талаптарына сай және әуе кемелерінің барлық түрлерін қабылдауға қабілетті. Сонымен қатар, республикалық маңызы бар автомобиль жолдарына баса назар аударылады. Облыс аумағында Қазақстанда алғаш рет ұзындығы 205 шақырымдық Астана-Щучье алты жолақты автобан құрылысы жүзеге асырылды.

Көлік инфрақұрылымы аумақтық әлеуметтік-экономикалық жүйенің барлық элементтерінің өзара байланысын және жұмыс істеуін қамтамасыз ететін өндірістік инфрақұрылымның құрамдас бөлігі болып табылады. Көлік инфрақұрылымының кеңістіктік даму деңгейі аймақтың экономикасы мен әлеуметтік саласын аумақтық ұйымдастыру ерекшеліктерін анықтайды. Көлік инфрақұрылымы шикізатты жеткізушілер, өнімді өндірушілер мен тұтынушылар арасында біріктіруші және байланыстырушы рөл атқара отырып, өндірілген және өткізілетін өнімнің құнын құрау тізбегіне тікелей қатысады [19, 193 б.].

Нұр-Сұлтан қаласына азық-түлік өнімдерін жеткізетін өңірдің ауыл шаруашылығы кәсіпорындары үшін, жүрдек әрі ыңғайлы болып табылатын автомобиль көлігінің маңызы зор. Онымен жүктің басым бөлігі тасымалданады. Өңірдегі жалпыға ортақ пайдаланылатын жолдардың ұзындығы 7890,5 км құрайды. Республикалық маңызы бар жолдар 28,6% (2260,5 км), облыстық маңызы бар жолдар 33,8% (2665 км) және аудандық маңызы бар жолдар 37,6% (2965) құрайды [20].

Ақмола облысының жалпы пайдаланымдағы автомобиль жолдарының тығыздығы - 54 км; республикалық маңызы бар жолдар тығыздығы - 15,5 км; облыстық маңызы бар жолдар тығыздығы - 18,2 км құрайды және жалпы пайдаланымдағы жолдардың тығыздығы орташа республикалық деңгейден жоғары (ҚР орташа көрсеткіш - 1000км²/35,2 км) деп қорытынды жасауға болады.

Салыстыру үшін: Ресейде автожолдың тығыздығы аумақтың 1000 км²/44 км, Канадада 1000км²/91 км, Австралияда 1000 км²/106 км, АҚШ 1000 км²/970 км құрайды [18], ал солтүстік макроөңірде Солтүстік Қазақстан облысынан кейін екінші орын алады [21, 291 б.].

Зерттеу нәтижелеріне сәйкес, облыстың 17 әкімшілік ауданы бойынша автомобиль жолдарының деректеріне жүгінетін болсақ (1 Кесте, 1 Сурет), жолдар ұзындығының ең көбі Зеренді ауданында тіркелген (910,2 км). Жолдардың ұзындығы бойынша екінші орында - Бурабай ауданы (613,2 км). Үшінші орында - Біржан сал ауданы (415,4 км). Төртінші және бесінші орындарды Атбасар (485,1 км) және Ерейментау аудандары (483,2 км) алады. Ең қысқа жол Егіндікөл ауданында – 234,5 км.

Жалпы пайдаланудағы жолдың тығыздығы көрсеткіштері Зеренді (116,7 км), Бурабай (109,6 км), Ақкөл (68 км), Сандықтау (68 км), Бұланды (66,7 км), Астрахан (64,4 км) және Аршалы (63,2 км) аудандарында республикалық орташа деңгейден жоғары, ал ең азы – Ерейментау ауданында (27,3 км).

1-кесте. Ақмола облысының аудандары бойынша автожол желісінің көрсеткіштері

Ауданның атауы	Аумағы, мың шаршы км	Халқы, мың адам	Автомобиль жолдарының ұзындығы мен тығыздығы						Жол желісімен қамтамасыз етілуі, км /1000адам	Энгель коэффициенті
			жалпы		республикалық		жергілікті			
			км	км/1000 км²	км	км/1000 км²	км	км/1000 км²		
Ақкөл	8,1	26,4	550,6	68	164	20,2	386,6	47,7	20,9	3,8
Аршалы	5,8	27,5	366,6	63,2	85	14,6	281,5	48,5	13,3	2,9
Астрахан	7,4	24,1	477	64,4	119	16	358	48,3	19,8	3,6
Атбасар	10,6	49,9	485,1	45,7	121	11,4	364,1	34,3	9,7	2,1
Бурабай	5,9	75,2	646,6	109,6	171	29	475,6	80,6	8,6	3
Бұланды	5,1	35,2	340,8	66,8	25,5	5	315,3	61,8	9,7	2,5
Біржан сал	11,0	15,7	612,8	55,7	99	9	513,8	46,7	39	4,7
Егіндікөл	5,4	6,3	234,5	43,4	0	0	234,5	43,4	37,2	4,0
Ерейментау	17,7	28,2	483,2	27,3	196	11	287,2	16,2	17,1	2,2
Есіл	8,0	25,5	400,6	50	193	24,1	207,6	25,9	15,7	2,8
Жақсы	9,7	19,8	420,9	43,4	143	14,7	277,9	28,6	21,3	3,0
Жарқайың	12,1	14,8	443,2	36,6	110	9	333,2	27,5	29,9	3,3
Зеренді	7,8	39,5	910,2	116,7	313	40,1	597,2	76,5	23,0	5,1
Қорғалжын	9,3	9,4	313	33,6	108	11,6	205	22	33,3	3,3
Сандықтау	6,4	19,5	435	68	68	10,6	367	57,3	22,3	3,8
Целиноград	7,9	68,9	389,6	49,3	184,5	23,3	205,1	25,9	5,6	1,5
Шортанды	4,7	30	280,4	59,6	62	13,1	218,4	46,4	9,3	2,4
[20, 22] дерек көзіне сәйкес авторлар есептеген										

Облыстың автомобиль жолдарымен қамтамасыз етілуінің жалпылама көрсеткіші Энгель коэффициентінің мәні есептеліп, әкімшілік аудандар бойынша салыстырмалы талдау жүргізілді. Жолдардың ұзындығын аумақтың ауданымен және халқының санын ескере отырып есептелген Энгель коэффициенті - Егіндікөл, Біржан сал, Зеренді аудандарында салыстырмалы түрде жоғары деңгейді, ал Ерейментау, Атбасар, Целиноград аудандарында төмен деңгейді көрсетті.

Аумақтың көлік желілерімен қамтамасыз етілуін сипаттайтын жинақталған және есептелген деректер, бүкіл елмен салыстырғанда жол желісі жақсы дамыған деген қорытындыны негіздейді.

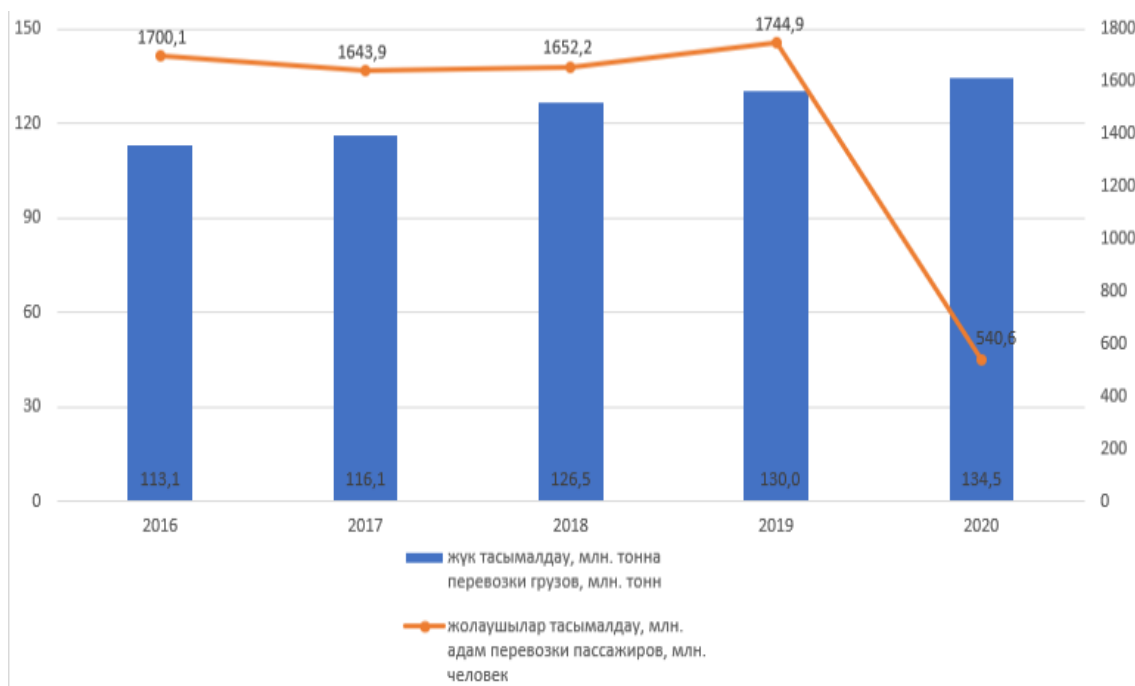
Сонымен қатар, қолданыстағы автожолдар бойынша жүру көбінесе нашар техникалық жағдаймен қиындайды, бұл әсіресе облыстық және аудандық маңызы бар жолдар үшін өзекті, бұл өңірдегі АӨК дамытудың ықтимал проблемаларының бірі болып табылады. Қазіргі автожол инфрақұрылымы қолданыстағы автомобиль жолдарын реконструкциялауды, оларды сақтауды және жаңаларын салуды қажет етеді.

Осы мақсатта жергілікті автомобиль жолдарының жағдайын жақсарту бойынша жұмыстар жыл сайын жүргізіліп, қаржыландырудың көлемі арта түсуде. 2021 жылы жергілікті маңызы бар автомобиль жолдарын және елді-мекендердің көше-жол желісін

салуға, жөндеуге 38,8 млрд.теңге бөлінген. Осы қаражат шеңберінде жергілікті маңызы бар 789,3 км жолды және көше-жол желісін жөндеу жоспарланған. Жоспарланған жобаларды іске асыру нәтижесінде жақсы және қанағаттанарлық жағдайдағы 2021 жылға арналған облыстық және аудандық маңызы бар автомобиль жолдары үлесінің жоспарлық көрсеткішін 82% - ға жеткізу көзделіп отыр [23].

Ақмола облысының аумағында жолаушыларды автомобиль көлігімен тасымалдау 212 тұрақты маршрута жүзеге асырылады, оның ішінде 63 - қалаішілік, 31 - қаламаңы, 59 - облысшілік қалааралық, 33 - ауданішілік, 19 -облысаралық және 7 - халықаралық маршрут. 3 автовокзал (Көкшетау қ., Щучинск қ., Степногорск қ.), 2 автостанция (Атбасар қ., Макинск қ.), 10 жолаушыларға қызмет көрсету пункті (Ақкөл қ., Астраханка а., Степногорск қ., Степняк қ., Есіл қ., Ерейментау қ., Балкашино қ., Қорғалжын қ., Бурабай қ., Жаксы к.) жұмыс істейді.

2020 жылы облыс көлігімен 134,5 млн. тонна жүк және 540,6 млн. жолаушылар тасымалданды. 2019 жылмен салыстырғанда жүк айналым 4,2%-ға, жолаушылар айналымы 66,1%-ға кеміген (2 Сурет). Жүк және жолаушылар айналымының төмендеуі пандемия және шектеу іс-шараларының енгізілуімен байланыстырылады [24].



2-сурет. Жүк және жолаушыларды тасымалдау көлемдерінің серпіні, 2016-2020 жж.

Қорытынды. Зерттеліп отырған аумақтың экономикалық-географиялық жағдайының тиімділігі, оның астана маңы мәртебесінің болуы, маңызды темір жол және автомобиль жолдарының қиылысында орналасуы өңірге жоғары көліктік әлеуетті қамтамасыз етеді.

Облыста республика бойынша темір жол бағыттарының ең жоғары тығыздығы тіркелген. Сонымен қатар, өңір үшін ауыл шаруашылығы өнімдерін өндіру және оларды өңдеу, сақтау және тұтыну орындарына жеткізу, өндіріс тиімділігін арттыруды қамтамасыз ету мақсатында агроөнеркәсіптік кешендегі жүктер мен жолаушыларды тасымалдауда маңызды болып табылатын, автомобиль жолдары желісімен қамтамасыз етілу деңгейі талданды. Автомобиль жолдарын сипаттайтын көрсеткіштер де, өңірдің автомобиль жолдары желісімен қамтамасыз етілу деңгейі орташа республикалық деңгейден жоғары деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Дегенмен, жол желісінің тығыздық

көрсеткіштері және жолдың техникалық жай-күйі аймақтағы басқа елдермен салыстырғанда төмен екенін көрсетеді.

Ауыл шаруашылығы өнімдерін тұтыну орындарына дер кезінде жеткізуде, ауыл жолдары жүйесін қалыпқа келтіру, жаңа жолдар салу, ауылдық елді-мекендер арасындағы жүк және жолаушы қатынастарын жақсарту, ауыл экономикасын дамытуға зор ықпал жасайтын факторлар болып есептеледі. Сондықтан, тиімді және бәсекеге қабілетті көлік инфрақұрылымын құру, транзитті және көлік қызметтерін дамыту, технологиялық және институционалдық ортаны жетілдіру арқылы экономикалық өсуге және ел тұрғындарының өмір сүру деңгейін арттыруға бағытталған шаралар қарқынды түрде іске асырылуы қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Баранский Н.Н. Экономико-географическое положение // Баранский Н.Н. Становление советской экономической географии. — М.: Мысль, 1980. — С. 128–159.
- [2] Маергойз И.М. Задачи изучения экономико-географического положения // Маергойз И.М. Территориальная структура хозяйства. — Новосибирск: Наука, 1986. — С. 51–64.
- [3] Саушкин Ю.Г. Экономическая география: история, теория, методы, практика. М.: Мысль, 1973. 362 с.
- [4] Лаппо Г.М. География городов. М.: ВЛАДОС, 1997. 350 с.
- [5] Машбиц Я.Г. Географическое положение // Комплексное страноведение. М.: Смоленск, 1998. С. 101–112.
- [6] Оспанова Г.Ш., Саипов А.А., Нұрымова Р.Д. Нұр-Сұлтан қаласының азық-түлік белдеуінің қалыптасуы мен дамуына ықпал етуші экономикалық-географиялық жағдайының тиімділігін арттыратын көрсеткіштері // Ғылым және білім. – 2020. - №4-2(61).-Б.118-125.
- [7] Гольц Г.А. Теоретические основы взаимосвязанного развития транспорта и расселения // Автореф. дисс. ... д-ра геогр.наук. М., ИГ АН, 1985.
- [8] Тархов С.А. Эволюционная морфология транспортных сетей. М: ИГ АН, 1989.
- [9] Безруков Л.А. Континентально-океаническая дихотомия в международном и региональном развитии // Автореф. дисс... д-ра геогр. наук.) Иркутск, 2006.
- [10] Бугроменко В. Н. Транспорт в территориальных системах. — М.: Наука, 1987. — 112 с.
- [11] Hansen W. G. How Accessibility Shapes Land Use // Journal of the American Institute of Planners. – 1959. – № 25:2. – p. 73-76.33.
- [12] Banister D. The sustainable mobility paradigm // Transport Policy. – 2008. – № 2. – p. 73-80.
- [13] Ceder A. Public Transit Planning and Operation Theory, modeling and practice. - Burlington: Butterworth Heinemann Books - Elsevier, 2007. – 626 p.
- [14] Litman T. Evaluating accessibility for transportation planning. Melburn, 2008.
- [15] Береснев А. Е., Морачевская К. А., Шендрик А. В. Оценка обеспеченности транспортной сетью районов Красноярского края. Учёные записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2017. Т. 3 (69), № 3. Ч.1. С. 12-22. 11. Регионы России.
- [16] Решетова Е.М. Механизмы финансирования дорожной инфраструктуры в России и в мире. М.: Издательский Дом ВШЭ, 2015. — С. 181.
- [17] Астана қаласының азық-түлік белдеуін қалыптастыру жөніндегі 2018-2021 жылдарға арналған жол картасы. ҚР Үкіметінің 2017 жылғы 13 қазандағы №645 қаулысымен бекітілген.
- [18] ҚР инфрақұрылымын дамытудың 2020-2025 жылдарға арналған Нұрлы жол мемлекеттік бағдарламасы ҚР Үкіметінің 2019 жылғы 31 желтоқсандағы №1055 қаулысымен бекітілген.
- [19] Имашев Э.Ж. Оценка территориального развития производственной инфраструктуры Западно-Казахстанской области // Вестник КарГу Серия «Биология. Медицина. География». – 2019.- № 2(94). С. 188-199.
- [20] 2016-2020 жылдарға арналған Ақмола облысының аумақтарының даму бағдарламасы Ақмола облысы мәслихатының 2016 жылғы 12 желтоқсандағы №6 С-7-5 шешіміне қосымша, Көкшетау, 2016.
- [21] Dmitriyev, P.S., Fomin, I.A., Nazarova, T.V., & Wendt, J.A. (2021). Transport accessibility of the lake ecosystems in North Kazakhstan region as a factor of tourism development. GeoJournal of Tourism and Geosites, 35(2), 289–296. DOI: [10.30892/gtg.35204-650](https://doi.org/10.30892/gtg.35204-650).

[22] Ақмола облысының өңірлері 2020 жылы / Статистикалық жылнама / Отв. За выпуск Шайхислямова А.С. – Көкшетау, 2020. 94 б.

[23] Ауыл шаруашылығы, өнеркәсіп, туризм - Ақмола облысының әлеуметтік-экономикалық даму көрсеткіштерінің өсуі барлық салаларда байқалады. Дереккөз: <https://primeminister.kz/kz/news/reviews/auyl-sharuashylygy-onerkasip-turizm-akmola-blysynyn-aleumettik-ekonomikalyk-damu-korsetkishterinin-osui-barlyk-salalarda-baykalady-1085531> Дата обращения: 07.11.2021.

[24] Транспорт, связь, туризм в Акмолинской области Статистический сборник /на казахском и русском языках /38с./ Кокшетау, 2021. www.stat.gov.kz Дата обращения: 10. 11.2021.

REFERENCES

- [1] Baranskiy N.N. Ekonomiko-geograficheskoe polozhenie // Baranskiy N.N. Stanovlenie sovetsoj ekonomicheskoy geografii. — M.: Mysl', 1980. — S. 128–159.
- [2] Mayergoyz I.M. Zadachi izucheniya ekonomiko-geograficheskogo polozheniya // Mayergoyz I.M. Territorial'naya struktura hozjajstva. - Novosibirsk: Nauka, 1986. - S. 51–64.
- [3] Saushkin Ju.G. Ekonomicheskaya geografiya: istoriya, teoriya, metody, praktika. M.: Mysl', 1973. 362 s.
- [4] Lappo G.M. Geografiya gorodov. M.: VLADOS, 1997. 350 s.
- [5] Mashbic Ja.G. Geograficheskoe polozhenie // Kompleksnoe stranovedenie. M.: Smolensk, 1998. S. 101–112.
- [6] Ospanova G.Sh., Saipov A.A., Nurymova R.D. Nur-Sultan qalasınıń azyq-tylik beldewinıń qalıptaswı men damwına ıqpal etushi ekonomikalıq-geografıjalıq jaǵdayınıń tiimdiligin arttıratyn kör setkishteri // Ğylym zhāne bilim. – 2020. - №4-2(61).-B.118-125.
- [7] Golts G.A. Teoreticheskie osnovy vzaimosvjazannogo razvitija transporta i rasselenija // Avtoref. diss. ... d-ra geogr.nauk. M., IG AN, 1985.
- [8] Tarhov S.A. Evolyutsionnaya morfologiya transportnykh setey. M: IG AN, 1989.
- [9] Bezrukov L.A. Kontinental'no-okeanicheskaja dihotomija v mezhdunarodnom i regional'nom razvitii // Avtoref. diss... d-ra geogr. nauk.) Irkutsk, 2006.
- [10] Bugromenko V. N. Transport v territorial'nyh sistemah. — M.: Nauka, 1987. — 112 s.
- [11] Hansen W. G. How Accessibility Shapes Land Use // Journal of the American Institute of Planners. – 1959. – № 25:2. – p. 73-76.33.
- [12] Banister D. The sustainable mobility paradigm // Transport Policy. – 2008. – № 2. – p. 73-80.
- [13] Ceder A. Public Transit Planning and Operation Theory, modeling and practice. - Burlington: Butterworth Heinemann Books - Elsevier, 2007. – 626 p.
- [14] Litman T. Evaluating accessibility for transportation planning. Melburn, 2008.
- [15] Beresnev A. E., Morachevskaja K. A., Shendrik A. V. Ocenka obespechennosti transportnoj set'ju rajonov Krasnojarskogo kraja. Uchjonye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografija. Geologija. 2017. T. 3 (69), № 3. Ch.1. S. 12-22. 11. Regiony Rossii.
- [16] Reshetova E.M. Mehanizmy finansirovaniya dorozhnoj infrastruktury v Rossii i v mire. M.: Izdatel'skij Dom VShJe, 2015. — S. 181.
- [17] Astana qalasınıń azıq-tılık beldewin qalıptastırw zhönindegi 2018-2021 zhyldarǵa arnalǵan zhol kartasy. QR Ükimetiniń 2017 zhylyǵı 13 qazandaǵı №645 qawlısımen bекitilgen.
- [18] QR infraqyrylymyn damıtwdıń 2020-2025 zhyldarǵa arnalǵan Nurlı jol memlekettik baǵdarlaması QR Ükimetiniń 2019 jılǵı 31 jeltoqsandaǵı №1055 qawlısımen bекitilgen.
- [19] Imashev Je.Zh. Ocenka territorial'nogo razvitija proizvodstvennoj infrastruktury Zapadno-Kazahstanskoy oblasti // Vestnik KarGu Serija «Biologija. Medicina. Geografija». – 2019.-№ 2(94). S. 188-199.
- [20] 2016-2020 zhyldarǵa arnalǵan Aqmola oblysynyń aumaqtarınıń damu baǵdarlaması Aqmola oblysy mäslihatınıń 2016 zhylyǵı 12 zheltoqsandaǵı №6 S-7-5 sheshimine qosımsha, Kökshetau, 2016.
- [21] Dmitriyev, P.S., Fomin, I.A., Nazarova, T.V., & Wendt, J.A. (2021). Transport accessibility of the lake ecosystems in North Kazakhstan region as a factor of tourism development. GeoJournal of Tourism and Geosites, 35(2), 289–296. DOI: 10.30892/gtg.35204-650.
- [22] Ақмола облысының өңірлері 2020 зhyly / Statistikalıq zhylnama / Отв. За выпуск Shajhislamova A.S. – Kökshetau, 2020. 94 б.
- [23] Ауыл шаруашылығы, өнеркәсіп, туризм - Aqmola oblysinıń әlewmettik-ekonomikalıq damu көрсеткіштерiniń ösui barlıq salalarda bayqalady Дереккөз: <https://primeminister.kz/kz/news/reviews/auyl-sharuashylygy-onerkasip-turizm-akmola-blysynyn-aleumettik-ekonomikalyk-damu-korsetkishterinin-osui-barlyk-salalarda-baykalady-1085531>

sharuashylygy-onerkasip-turizm-akmola- blysynyn-aleumettik-ekonomikalyk-damu-korsetkishterinin-osui-barlyk-salalarda-baykalady-1085531 Data obrashheniya: 07.11.2021.

[24] Transport, svjaz', turizm v Akmolinskoj oblasti Statisticheskij sbornik /na kazahskom i russkom jazykah /38s./ Kokshetau, 2021. www.stat.gov.kz Data obrashheniya:10. 11.2021.

¹G.Sh. Ospanova*, ¹A.A. Saipov, ²R.D. Nurymova

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

²Kyzylorda University named after Korkyt Ata, Kyzylorda, Kazakhstan

*e-mail: ospanova_14@mail.ru

TRANSPORT AND GEOGRAPHICAL POSITION OF THE FOOD BELT TERRITORY OF NUR-SULTAN CITY

Abstract. The transport and geographical position determines the position of the region in relation to transport networks, transport sites and flows. It is one of the main types of economic and geographical conditions, which are divided according to the elements of production. The article analyzes the transport and geographical situation of Akmola region, one of the main grain-growing and market-producing regions of Kazakhstan and an important link in ensuring the food zone of the capital. The effectiveness of the economic and geographical location of the study area, its status as a suburb, its location at the intersection of important railways and highways provides a high transport potential for the region. The region has the highest density of railway routes in the country. In addition, the level of coverage of the road network was analyzed, which is important for the region in the production and processing of agricultural products and their delivery to places of storage, consumption, transportation of goods and passengers in the agro-industrial complex. The indicators characterizing the roads also allow us to conclude that the level of coverage of the road network in the region is higher than the national average.

Keywords: food belt, agriculture, economic-geographical position, transport -geographical position, transport networks.

¹Г.Ш. Оспанова*, ¹А.А. Саипов, ²Р.Д. Нурымова

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

²Кызылординский университет имени Коркыт-Ата, Кызылорда, Казахстан

*e-mail: ospanova_14@mail.ru

ТРАНСПОРТНО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО ПОЯСА Г. НУР-СУЛТАН

Аннотация. Транспортно-географическое положение является важнейшим компонентом экономико-географического положения в отношении к элементам общественного производства. Под транспортно-географическим положением определяется положение региона по отношению к транспортным сетям, транспортным узлам и потокам. В статье проанализирован транспортно-географическое положение Ақмолинской области, которая является ключевым звеном в бесперебойном снабжении сельхозпродукцией продовольственного пояса столицы. Выгодность экономико-географического положения исследуемой территории, ее пристольного статуса, ее расположения на пересечении важных железных и автомобильных дорог обеспечивает высокий транспортный потенциал региона. В области самая высокая плотность железных дорог в стране.

Кроме того, были оценены основные показатели автомобильных дорог в административных районах Ақмолинской области, что важно для региона при производстве и переработке сельхозпродукции и ее доставке к местам хранения, потребления, перевозки грузов и пассажиров в агропромышленном комплексе. По результатам исследования административные районы были сгруппированы по плотности автодорожной сети и определен уровень обеспеченности автодорог. Анализ основных показателей автодорог также позволяют сделать вывод, что ее плотность выше, чем в среднем по стране.

Ключевые слова: продовольственный пояс, сельское хозяйство, экономико-географическое положение, транспортно-географическое положение, транспортная сеть.

Е.Ж. Шотаева*, М.Ж. Рыспаева, И.Э. Березовская

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

*e-mail: yerkenaz.12@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРЕНИЯ БЕНЗИНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УГЛА РАСПЫЛА В МОДЕЛЬНОЙ КАМЕРЕ СГОРАНИЯ

Аннотация. В данной статье представлены результаты численного моделирования, оценивающего влияния угла распыла бензина (C_6H_6) в камере сгорания на распределение температуры в камере сгорания и образования концентрации углекислого газа. Целью данной работы является изучение влияния начальных параметров на процесс сгорания жидкого топлива с помощью численного моделирования на основе решения дифференциальных двумерных уравнений турбулентного реагирующего течения. Исследования проводились при значениях угла распыла 20-160, с помощью программных пакет KIVA-II. Анализируя полученные результаты исследования, была определена величина эффективного угла распыла для горения бензина. При эффективном значении угла распыла 60 температура в камере поднимается до 2467 К, в этом случае концентрация углекислого газа приобретает сравнительно небольшое значение.

Ключевые слова: численное моделирование, KIVA-II, угол распыла, CO_2 , жидкое топливо, камера сгорания, бензин.

Нормы выбросов дизельных двигателей во всем мире становятся более строгими. Следовательно, актуальна разработка систем сгорания двигателя, которые обеспечивают топливную экономичность дизельного двигателя, но с низким уровнем дыма и выбросов NO_x . Таким образом, сгорание с воспламенением от сжатия с предварительной смесью представляет собой интересный способ достижения чистого и эффективного двигателя. Однако использование топлива с высокой реакционной способностью, такого как дизельное топливо, приводит к сложной и дорогостоящей конструкции двигателя. Проверенным способом преодоления этого недостатка является активный контроль реакционной способности топлива с использованием топлива с низким цетановым числом, такого как бензин [1].

В настоящее время продолжают исследования, процесса впрыска основанных на изменении температуры топлива. В исследовании изменения свойств топлива в зависимости от температуры было обнаружено, что плотность топлива линейно уменьшается, а кинематическая вязкость экспоненциально уменьшается с повышением температуры топлива [2].

В этом случае актуальным в решении поставленных задач является моделирование процессов распада, дисперсии, испарения и горения капель жидкого топлива (бензина) при различных начальных условиях.

В работе проведено исследование влияние угла распыла на процесс сгорания жидкого топлива на основе программы KIVA-II для численного расчета двух и трехмерных, реагирующих жидких потоков с впрысками [3] [4]. Метод математического моделирования

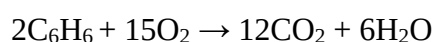
является эффективным и экономичным методом глубокого детального анализа турбулентных процессов тепло и массообмена [5].

В исследовательской работе [6] по горению н-тетрадекана ($C_{14}H_{30}$), которая является моделирующим компонентом моторных топлив, были получены результаты максимального значения концентрации углекислого газа не превышающего 0,19 г/г по высоте камеры на выходе, а тепловыделение составляло 3100 К на стадии активного горения топлива.

Бензин - смесь легких углеводородов разного состава, температура кипения 30 - 205°C, бесцветный. Он легче воды, имеет плотность 0,70 - 0,78 г/см³, застывает при -60°C. Бензин - легколетучее, легковоспламеняющееся вещество, смесь паров с воздухом взрывоопасна, используется как авиационное, автомобильное, дизельное и ракетное топливо, получаемое путем перегонки сырой нефти. На транспортный сектор приходится более 20% мирового потребления энергии. Растущий спрос на транспортную энергию и все более строгие правила выбросов стимулируют исследования в области сгорания и двигателей к более чистым и эффективным решениям.

Бензин обычно используется в поршневых двигателях внутреннего сгорания с искровым зажиганием, где топливовоздушная смесь сжимается и зажигается искрой с образованием распространяющегося фронта пламени [7].

Реакция горения бензина с образованием воды и углекислого газа следующая:



Расчеты проводились при значениях угла распыла α от 2° до 16° и эффективном значении массы $m = 18$ мг. Жидкое топливо распыляется через сопло, расположенное в середине основания цилиндрической камеры с начальной температурой 300 К, высотой 15 см и радиусом 2 см. Топливо впрыскивается в камеру сгорания, которая заполнена воздухом при температуре 900 К, происходит процесс быстрого испарения и сгорает в газовой фазе. Процесс горения жидкого топлива в среднем занимает 4 мс. Время распыления жидкого топлива равно $1,4 \cdot 10^{-3}$ с. Количество контрольных ячеек - 600. Температура стенок камеры сгорания равна 353 К. Площадь сопла инжектора составляет $2 \cdot 10^{-4}$ см².

На рис. 1-2 показаны результаты исследования влияния угла распыла на температуру в камере сгорания и концентрацию углекислого газа, образующегося в процессе горения.

Анализируя рисунок 1, можно получить следующий результат. При угле распыла 6° температура камеры сгорания увеличивается до максимального значения 2467 К. При более высоких значениях угла распыления не наблюдается значительного изменения температуры.

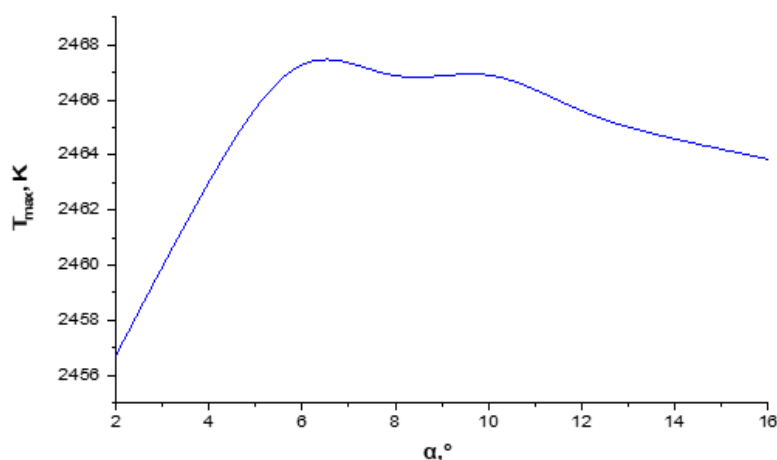


Рис. 1. Распределение максимальной температуры в камере сгорания в зависимости от значения угла распыла α .

На рис. 2 изображена зависимость концентрации CO_2 от значения угла распыла. Как видно из рисунка, концентрация углекислого газа увеличивается с 0,1779 г/г до 0,1784 г/г при значениях угла впрыска от 2° до 16° . Самая низкая концентрация углекислого газа наблюдается в диапазоне углов распыления $4^\circ - 6^\circ$.

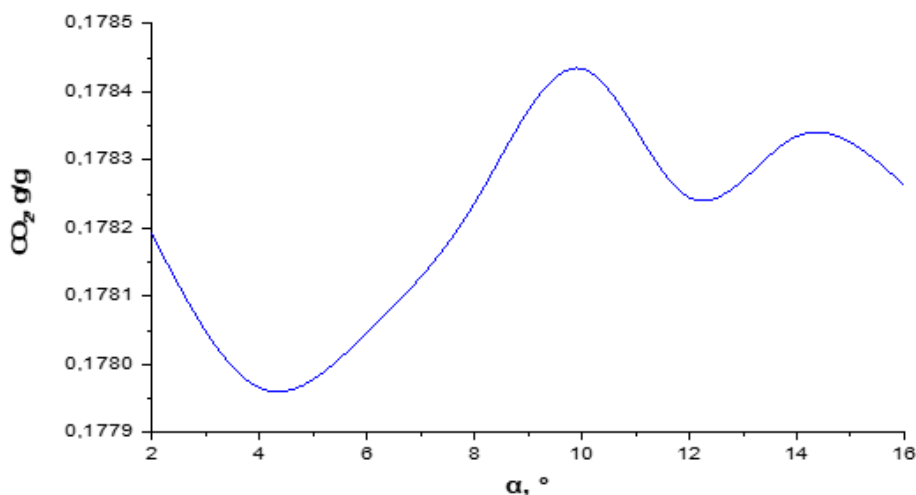


Рис. 2. Распределение концентрации углекислого газа в камере сгорания в зависимости от значения угла распыла α .

Как показано на рисунке 3 при угле распыла 6° максимальная температура в камере сгорания составляет 2467 К, т.е. максимальное значение. Кроме того, концентрация углекислого газа при таком угле распыла относительно мала и составляет 0,1780 г/г.

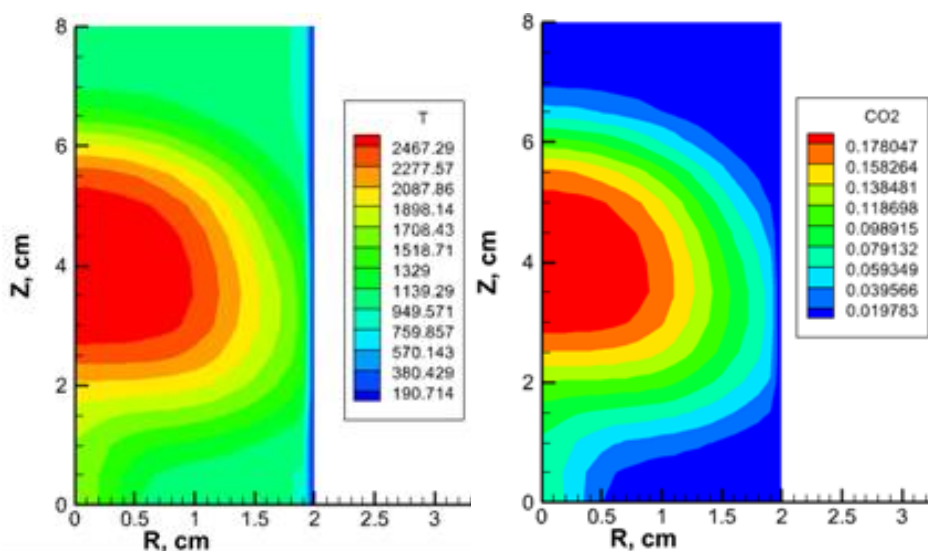


Рис. 3. График распределения температуры и концентрации углекислого газа в камере сгорания при эффективном угле распыла 6° .

Анализируя результаты экспериментов, описывающих влияние угла распыла и взаимозависимость температуры окислителя на горения жидкого топлива в камере сгорания с высокой турбулентностью, приведены следующие выводы: величина эффективного угла распыла для повышения эффективного процесса горения бензина в камере сгорания равна в диапазоне $4^\circ - 6^\circ$ при максимальной температуре 2467 К.

Полученные результаты позволяют выбрать оптимальный вариант организации процесса горения жидкого топлива с целью повышения эффективности камеры сгорания и уменьшения отрицательного воздействия на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Payri R. et al. Hydraulic behavior and spray characteristics of a common rail diesel injection system using gasoline fuel. – SAE Technical Paper, 2012. – №. 2012-01-0458.
- [2] Park S. H. et al. Experimental and numerical analysis of spray-atomization characteristics of biodiesel fuel in various fuel and ambient temperatures conditions //International journal of heat and fluid flow. – 2009. – Т. 30. – №. 5. – С. 960-970.
- [3] Аскарлова А. С. и др. Численное моделирование горения и самовоспламенения двухфазных химически реагирующих течений с впрысками //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2009. – Т. 315. – №. 4.
- [4] Amsden A.A., O'Rourke P.J., Butler T.D. KIVA-II: A computer program for chemically reactive flows with sprays. - Los Alamos, 1989. - 160 p.
- [5] A.S. Askarova, S.A. Bolegenova, S.A. Bolegenova, I.E. Berezovskaya, etc Computer simulation of liquid fuel combustion in developed turbulence using the soot formation and oxidation model Alternative Energy Sources, Materials & Technologies AESMT'20, Procceding of short papers. -2020. – Vol. 2 - pp. 43-44
- [6] I. Berezovskaya, Sa. Bolegenova, O. Vorobyova, M. Ryspayeva, etc Numerical study of heat and mass transfer processes in the internal combustion chamber by method of computer simulation Alternative Energy Sources, Materials & Technologies AESMT'21, 2021 ALTERNATIVE TECHNOLOGIES, Energy Efficiency. -2021. – Vol. 3 - pp. 119-120
- [7] Harbi A., Farooq A. Monte-Carlo based laminar flame speed correlation for gasoline //Combustion and Flame. – 2020. – Т. 222. – С. 61-69.

Е.Ж. Шотаева*, М.Ж. Рыспаева, И.Э. Березовская
әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
*e-mail: verkenaz.12@mail.ru

МОДЕЛЬДІ ЖАНУ КАМЕРАСЫНДА БҰРКУ БҰРЫШЫНА ТӘУЕЛДІ БЕНЗИННІҢ ЖАҰ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Аңдатпа. Бұл мақалада жану камерасындағы бензиннің (C_6H_6) бұрку бұрышының жану камерасындағы температураның таралуына және көмірқышқыл газының концентрациясының түзілуіне әсерін бағалайтын сандық модельдеу нәтижелері берілген. Бұл жұмыстың мақсаты турбулентті реакция ағынының екі өлшемді дифференциалдық теңдеулерін шешуге негізделген сандық модельдеу арқылы сұйық отынның жану процесіне бастапқы параметрлердің әсерін зерттеу болып табылады. Зерттеулер KIVA-II бағдарламалық пакетін қолдану арқылы 20-160 бұрку бұрыштарында жүргізілді. Зерттеу нәтижелерін талдай отырып, бензинді жағу үшін тиімді бұрку бұрышының мәні анықталды. 60 тиімді бұрку бұрышында камерадағы температура 2467 К дейін көтеріледі, бұл жағдайда көмірқышқыл газының концентрациясы салыстырмалы түрде аз мәнге ие болады.

Негізгі сөздер: сандық модельдеу, KIVA-II, бұрку бұрышы, CO_2 , сұйық отын, жану камерасы, бензин.

Ye. Shotayeva*, M. Ryspayeva, I. Berezovskaya
al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan
*e-mail: verkenaz.12@mail.ru

INCREASING THE EFFICIENCY OF GASOLINE COMBUSTION DEPENDING ON THE SPRAY ANGLE IN A MODEL COMBUSTION CHAMBER

Abstract. This article presents the results of numerical simulation that evaluates the influence of the spray angle of gasoline (C_6H_6) in the combustion chamber on the temperature distribution in the combustion

chamber and the formation of carbon dioxide concentration. The purpose of this work is to study the influence of initial parameters on the process of liquid fuel combustion using numerical simulation based on the solution of two-dimensional differential equations of turbulent reacting flow. The studies were carried out at spray angle of 20-160 using the KIVA-II software package. Analyzing the results of the study, the value of the effective spray angle for gasoline combustion was determined. At an effective spray angle of 60, the temperature in the chamber rises to 2467 K, in which case the concentration of carbon dioxide acquires a relatively small value.

Key words: numerical simulation, KIVA-II, spray angle, CO₂, liquid fuel, combustion chamber, gasoline.

• ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 629.4.057: 621.785

<https://doi.org/10.51301/vest.su.2021.i6.08>

¹A.R.Toleuova*, ¹A.M.Dostayeva, ²A.N.Belov

¹Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan

²National University of Science and Technology «MISIS», Moscow, Russia

*e-mail: rymkul.ainagul@gmail.com

OPTIMIZATION OF CRANE WHEELS OPERATION

Abstract. Based on the metallographic studies of the undercarriage wheels, which are operated within different periods of time and have different types and degrees of wear, it can be concluded that steel with the chemical composition close to the eutectoid one, with the equilibrium crystal lattice, should be used for manufacturing. The microstructure of the working surfaces of the wheels should be fine pearlite, ideally sorbitol (fine type of pearlite).

These requirements are met by steel billets made of structural alloy steel 65G. This steel is the preferred material for the manufacture of running wheels of overhead cranes. These materials have stable mechanical characteristics and wear resistance, allow getting a stable and predictable result during heat treatment. In other words, the carried out tests showed that the wheels made of steel forgings, stamping or hot-rolled wheels made of steel grade 65G in their performance, wear resistance and durability are many times superior to the wheels made of cast billets. Given that forged or stamped billets provide higher reliability of the wheel structure (less prone to cracking and sudden destruction during production and operation), and more than twice reduce the wear of the material of the crane runway (rail).

Keywords: steel, properties, microstructure, heat treatment, hardening, temperature

Introduction. Crane wheels of overhead traveling cranes are among the least durable elements. If the metal structures of cranes can be operated within 20-50 years, the service life of traveling crane wheels as a result of wear in some cases can be less than six months, and the average service life is several years. Due to the high loads during construction work, crane equipment, or rather, some of its parts often wear out and become unusable. These elements include crane wheels, which wear is caused by high mechanical stress. The costs associated with wheel replacement are in most cases decisive in the repair of crane wheels. A short average service life leads to a very significant consumption of high quality metal used for wheel replacement. In this regard, the problem of increasing the durability of crane wheels is urgent.

Typically, crane wheels of overhead cranes are made of 65G steel die blanks, 45, 50, 75 and 65G steel forgings, 75 and 65G rolled steel and 55 and 35GL steel castings.

The article presents the results of studying the microstructure and mechanical properties of 65G steel of which the crane wheel of an overhead crane is made in the conditions of the Maker Karaganda Foundry - Machine Building Plant LLP.

Methods. The main operation in the machining of crane wheels is vertical turning. In manufacturing a crane wheel (Figure 1), the following operations are performed: preliminary machining of the bores and ends of the hub, ends of the rim, flanges and rolling surfaces in two installations on a turning-boring lathe, heat treatment (sorbitization), finishing of wheels along the rolling circle and flanges, flange edge machining, final boring of the hub bore.

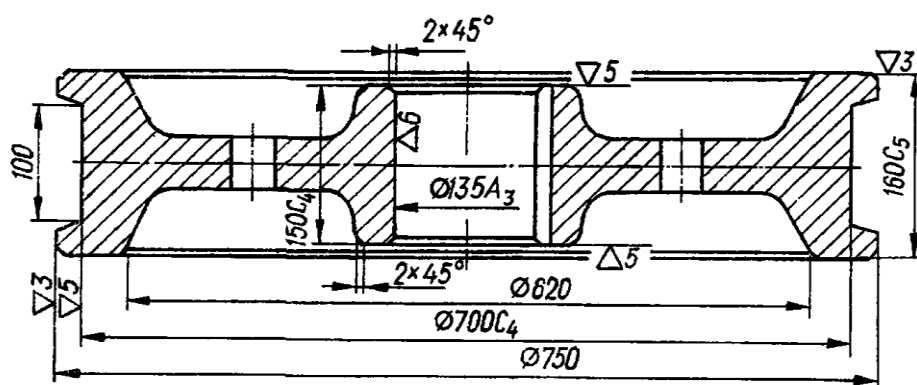


Fig. 1. Crane running wheel

Heat treatment technology. 65G steel is relatively cheap, which leads to its wide and effective use. The main components are: C (within 0.62...70 %), Mn (within 0.9...1.2 %), Cr and Ni (up to 0.25...0.30 %). All the other components: Cu, P, S, etc. refer to impurities and are allowed by their chemical composition in quantities limited by the state standard.

Normalization was used as the preliminary heat treatment, and quenching followed by tempering was used as the final heat treatment.

The heat treatment modes of steel were selected according to the operating conditions of the crane wheel and the initial steel structure.

Steel belongs to the hypo-eutectoid type therefore, its composition at temperatures above the lowest point of austenitic transformation, - 723 °C - at 30-50 °C contains austenite in the form of a solid mechanical mixture with a small amount of ferrite. Since austenite is a harder structural component than ferrite, the quenching temperature range for 65G steel is significantly lower than for structural steels with a lower percentage of carbon. Thus, the temperature range of hardening of this grade steel should be within no more than 800 - 830 °C.

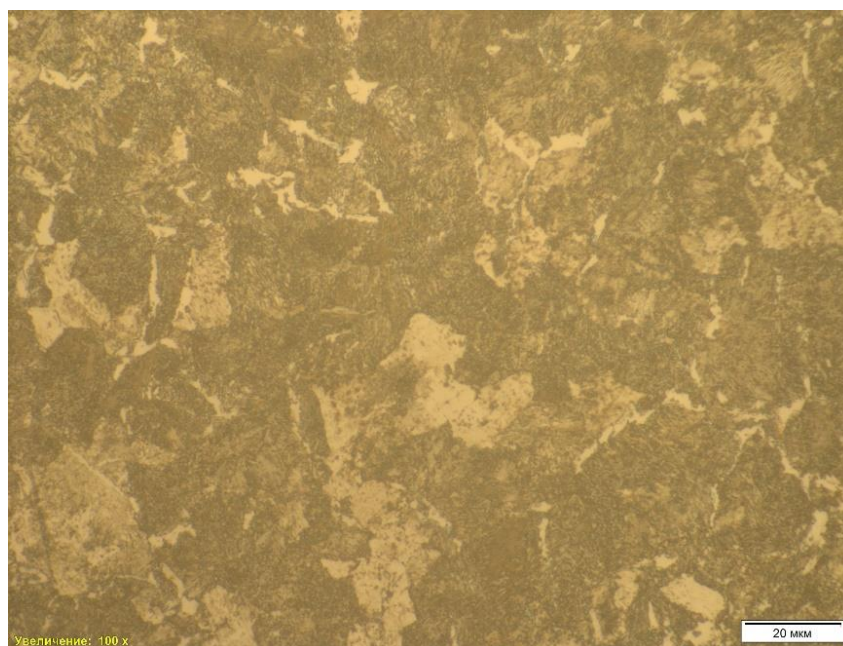
Pretreated wheels made of 65G steel were heated in the furnace to the temperature of 700 - 820 °C and kept within 2 hours. After rolling out the car from the furnace, two wheels were mounted with the help of tongs grips on a special device for intermittent hardening.

Table 1. Heat treatment modes (hardening in an electric furnace)

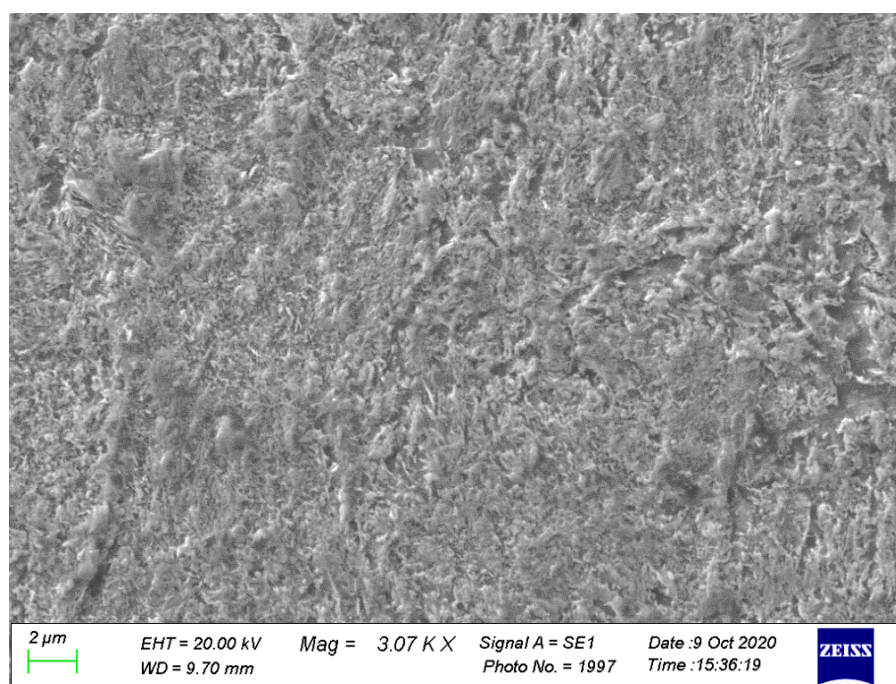
Sample size, mm	Heating time, min	Holding time, min
Before 100	50	120
Before 200	88	240

When the quenched wheel rotated, the rim sections were submerged periodically in water, and the intermittent quenching process proceeded. The structure of the metal and the depth of the hardened layer depend on the hardening mode, i.e., on the number of wheel revolutions, the total duration of hardening and the tempering mode. For wheels with the diameter of 500...700 mm, the best hardening results were obtained when the wheel was rotated with the speed of 23...25 rpm, the quenching duration of 2.5-5 minutes and tempering at the temperature of 490...500 °C.

The analysis using an electron microscope shows that on the rolling surface the structure is characterized by the predominance of uniformly distributed globular (round-shaped) carbides and a smaller number of plate-shaped carbides. Round-shaped carbides have higher hardness compared to plate-shaped carbides. As the distance from the rolling surface of the wheel increases, the content of plate-shaped carbides in the metal structure increases, which causes smooth decreasing the metal hardness.



Pic.2. Microstructure of the sample after heat treatment



Pic. 3. Surface topography

65G steel hardening modes. To achieve the maximum degree of heating uniformity, steel was first heated in the preliminary chambers of thermal furnaces to temperatures slightly lower than that of quenching furnaces: from 550 to 700 °C, and only then the part was sent directly to the quenching furnace.

Based on the hardening temperature, for 65G steel at 800...820 °C the limiting value of the decarburized layer should not exceed 50...60 microns.

The microhardness of the metal was determined using an ISOSCAN OD microhardness tester according to the Vickers method in accordance with ISO 6507. The load was 0.5 N

Table 2. Measurement of microhardness from the edge of the sample to the center

№	1 sample	2 sample
1	298,2	332,3
2	229,1	332,3
3	215,4	306,2
4	304,2	300,1
5	310,2	303,5

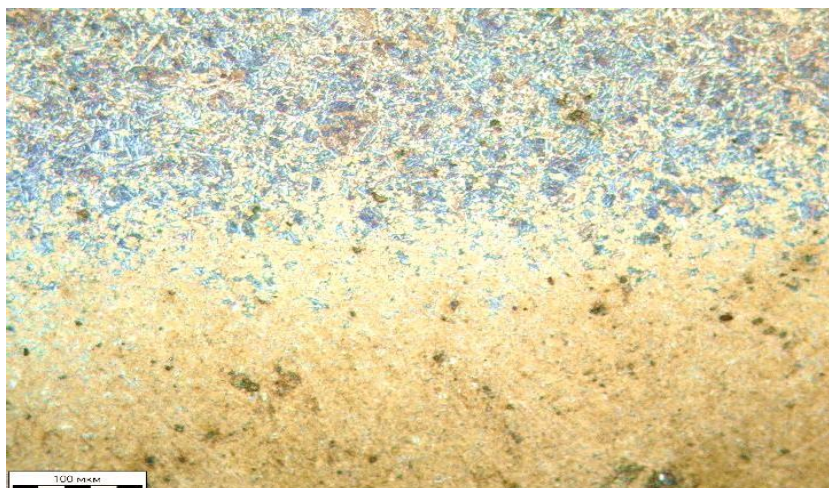
65G steel is not afraid of overheating, however, upon quenching at the upper value of the temperature range the impact toughness of the material begins to decrease, which is accompanied by the growth of grains in the microstructure.



Pic. 4. Sample microhardness

The exposure within the period of the product quenching in the given temperature range lasts until the complete transformation of pearlite occurs.

The following tempering technology. To obtain the structure of sorbitol, the products were subjected only to high-temperature tempering at the temperature of 550...600 °C, with cooling in the still air.



Pic. 5. Smooth transition of the structure from the center to the surface after sorbitization

Conclusions. The results of observing the wear of the wheels of the undercarriage in the operating conditions, comparing plaster prints taken from the working parts of the rims in different periods of the wheels operation, as well as the results of laboratory studying the worn wheels and their wear resistance allow concluding that the main cause of wear for the vast majority of the undercarriage wheels is abrasion accompanied by plastic deformations of the surface layers of the working parts of the wheel rims.

Based on the metallographic studies of the undercarriage wheels, which are operated within different periods of time and have different types and degrees of wear, it can be concluded that steel with the chemical composition close to the eutectoid one, with the equilibrium crystal lattice, should be used for manufacturing. The microstructure of the working surfaces of the wheels should be fine pearlite, ideally sorbitol (fine type of pearlite).

It is advisable to increase the working part hardness of the rim by heat treatment (hardening) up to 300...360 HB for the rolling surface of the running wheels and up to 350...400 HB for the flanges. Further increasing hardness is permissible only if the crane rail heads hardness is increased.

REFERENCES

- [1] Sk Md Hasana, Mainak Ghoshb, Debalay Chakrabartia, Shiv Brat Singha Deveopment of continuously cooled low-carbon, low-alloy, high strength carbide-free bainitic rail steels. - Materials Science and Engineering: A. - 2020
- [2] Rumana Hossain, Farshid Pahlevani, Veena Sahajwalla Surface modification of high carbon steel through microstructural engineering. - Materials Characterization. – 2019. - pp. 116-122
- [3] Rong Wang, Jie Yu, Deqiang Wei, Chenggong Meng Surface microstructures and improved mechanical property of 40CrMn steel induced by continuous scanning electron beam process. - Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. – 2019. - pp. 130-136
- [4] A. Toleuova, B.Balbekova, A.Nurumgaliev Some features of steel structure formation, deoxidized using complex alloys. - Scientific journal "Vestnik VKGTU after D. Serikbaev", Ust-Kamenogorsk. – 2018. - pp. 150 – 154
- [5] A.R. Toleuova, A.Nurumgaliev, Ph. Bekkulina Metallographic analysis of carbon steels using complex ferroalloys. - International scientific journal Nauka i mir. – 2014. - pp. 68-73
- [6] Shaohua Zhang, Yanchong Yu, Shebin Wang, Hao Li Effects of cerium addition on solidification structure and mechanical properties of 434 ferritic stainless steel. - Journal of Rare Earths. – 2017. - pp. 518-524
- [7] Lars-Erik Lindgren, Jessica Gyhsten Back Elastic properties of ferrite and austenite in low alloy steels versus temperature and alloying. – Materialia. - 2019
- [8] Heikki Jalkanen, Michael Gasik Theory of Ferroalloys Processing. - Handbook of Ferroalloys Theory and Technology. – 2013. - pp. 29-82
- [9] Potapov A.I., Malikov I.T., Urazov V.I., Semin A.E. Influence of the chemical composition and austenitization regime on the hardenability of 35GR steel. – Electrometallurgy. – 2009. - № 11
- [10] P.Bajaj, A.Hariharan, A.Kini, P.Kürnsteiner, D.Raabe, E.A.Jägle Steels in additive manufacturing: A review of their microstructure and properties. - Materials Science and Engineering: A. - 2020

¹А.Р.Толеуова, ¹А.М. Достоева, ²Н.А.Белов

¹Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан

²Ұлттық зерттеу технологиялық университеті «МИСИС», Мәскеу, Ресей

*e-mail: rymkul.ainagul@gmail.com

КРАН ДӨҢГЕЛЕКТЕРІНІҢ ЖҰМЫСЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Андатпа. Әр түрлі уақыт кезеңінде жұмыс істейтін және әр түрлі тозу дәрежесі бар жүгіру дөңгелектерінің металлографиялық зерттеулерінің негізінде химиялық құрамы эвтектоидке жақын және тепе - тең кристалды торы бар болат деп қорытынды жасауға болады. Дөңгелектердің жұмыс беттерінің микроқұрылымы жұқа дисперсті перлит, ең дұрысы сорбитол (жұқа перлит түрі) болуы керек. Осы талаптарға болат дайындамалар бірі конструкциялық легирленген болат 65Г қанағаттандырады. Бұл болат аспалы крандар доңғалақтарын дайындау үшін қолайлы материал

болып табылады. Бұл материалдар тұрақты механикалық сипаттамаларға және тозуға төзімділікке ие, термиялық өңдеу кезінде тұрақты және болжамды нәтиже алуға мүмкіндік береді. Басқаша айтқанда, жүргізілген сынақтар 65Г маркалы болаттан жасалған, штампталған немесе ыстықтай илектелген доңғалақтардың сипаттамалары, тозуға төзімділігі және беріктігі бойынша құйылған дайындамалардың дөңгелектерінен бірнеше есе асып түсетінін көрсетті. Сонымен қатар, жалған немесе штампталған дайындамалар доңғалақ құрылысының жоғары сенімділігін қамтамасыз етеді (өндіріс пен пайдалану кезінде крекингке және кенеттен бұзылуға аз сезімтал) және кран жолының (рельс) материалының тозуын екі есе азайтады.

Негізгі сөздер: болат, қасиеттері, микроқұрылымы, термиялық өңдеу, қаттылығы, температурасы.

¹А.Р.Толеуова*, ¹А.М. Достоева, ²Н.А.Белов

¹Карагандинский технический университет, Караганда, Казахстан

²Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва, Россия

*e-mail: rymkul.ainagul@gmail.com

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ КРАНОВЫХ КОЛЕС

Аннотация. На основании металлографических исследований колес ходовой части, эксплуатируемых в разные периоды времени и имеющих разный тип и степень износа, можно сделать вывод об использовании стали с химическим составом, близким к эвтектоидному и с равновесной кристаллической решеткой. Микроструктура рабочих поверхностей колес должна быть мелкодисперсным перлитом, в идеале сорбитом (мелкий вид перлита).

Этим требованиям удовлетворяют стальные заготовки из конструкционной легированной стали 65Г. Эта сталь является предпочтительным материалом для изготовления ходовых колес мостовых кранов. Эти материалы обладают стабильными механическими характеристиками и износостойкостью, позволяют получать стабильный и предсказуемый результат при термообработке. Иными словами, проведенные испытания показали, что колеса из стальных поковок, штамповочные или горячекатаные из стали марки 65Г по своим характеристикам, износостойкости и долговечности многократно превосходят колеса из литых заготовок. При этом кованные или штампованные заготовки обеспечивают более высокую надежность конструкции колеса (меньше подвержены растрескиванию и внезапному разрушению при производстве и эксплуатации) и более чем вдвое снижают износ материала подкранового пути (рельса).

Ключевые слова: сталь, свойства, микроструктура, термическая обработка, твердость, температура.

¹Е.К. Мухамбетгалиев*, ¹Т.Т. Жүнісқалиев, ¹А.Қ. Смағұлов, ²С.А. Смаилов

¹Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева, Караганда, Казахстан

²Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан

*e-mail: ye.kenzhegaliuly@gmail.com

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫПЛАВКИ СПЛАВА ИЗ ВЫСОКОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ AL-MN-CA-SI

Аннотация. В работе приводятся результаты термодинамического моделирования процесса выплавки комплексного сплава из высокоактивных элементов Al-Mn-Ca-Si. Термодинамическое моделирование выполнено с помощью универсальной программы расчёта многокомпонентных гетерогенных систем Terra, обладающей собственной базой термодинамических свойств индивидуальных веществ. Так как проведенный предварительный расчет на основе стандартной базы данных показал отличие состава продуктов от ожидаемого, отсутствующие термодинамические функции веществ нами были взяты из базы данных HSC Chemistry 5.1. Исходные условия для моделирования выплавки сплава: интервал температур 700 - 2800°C, давление 0,1 МПа.

Исходная шихтовая смесь состояла из угля месторождения Сарыадыр, марганцевой руды месторождения Есымжал и извести. По результатам термодинамического моделирования установлено, что оптимальный выход металла достигается в диапазоне температур 1400-2000°C, а для эффективности рафинирования стали от неметаллических включений наиболее приемлемым будет состав комплексного сплава, содержащего 20-50% кремния, 9,27% алюминия, 12-45% марганца, 3-20% кальция, 0,01-0,5% фосфора, 0,05-1,5 углерода и 5-20% железа.

Ключевые слова: высокочугунный уголь, марганцевая руда, термодинамическое моделирование, программа Terra, оптимальный состав, комплексный сплав.

Введение. Производство качественной стали невозможно без развития и совершенствования производства ферросплавов. В свою очередь проведение исследований и разработка технологии производства качественной стали путем её обработки и рафинирования сплавом из высокоактивных элементов Al-Mn-Ca-Si позволяет значительно расширить сортамент сталей для машиностроения и резко сократить отбраковку стальных изделий по основным дефектам – нераскисленность, излом по скоплению неметаллических включений, красноломкость и хладноломкость. Производство качественной стали позволит поднять производство комплектующих и запасных частей для машин горнодобывающей отрасли Казахстана, импортируемые на сегодняшний день извне.

Новые сплавы, содержащие высокоактивные элементы – это, прежде всего многокомпонентные ферросплавы, содержащие наряду с широко применяемыми элементами новые компоненты в наиболее благоприятных сочетаниях. Их физико-химические свойства должны способствовать необходимому воздействию на расплав при меньшем расходе по сравнению со стандартными сплавами или давать больший эффект при одинаковом расходе [1, 2]. При этом должна быть обеспечена возможность: увеличения выпуска ферросплавов без введения дополнительных мощностей агрегатов; уменьшения расхода сплавов потребителями; повышения качества обрабатываемой стали. Поэтому, решение данной задачи имеет большое значение не только с позиции практики, но и с общенаучной точки зрения с выявлением механизма восстановления ведущих элементов в многокомпонентной системе, установлением оптимальных вещественных составов и количественном соотношении компонентов в сплаве, а также при наличии рациональной и экономичной технологии получения комплексных ферросплавов

При производстве комплексных ферросплавов методами металлургической плавки в условиях руднотермических печей происходит восстановление всех компонентов шихты. Однако производство и применение таких комплексных сплавов представляют собой

сложную технологическую схему. Во-первых, она связана с разработкой технологии их производства; во-вторых, с получением рациональных составов сплавов, обеспечивающих достаточное высокое сквозное извлечение активных элементов из сырья. В этой связи перспективным направлением развития ферросплавной промышленности Казахстана является разработка научных основ и технологии производства комплексных сплавов углеродотермическим способом с вовлечением в металлургический передел некондиционного сырья, таких как высокочольные угли, не использующиеся в энергетических целях и железомарганцевые руды [3, 4].

Термодинамическое моделирование – численное определение равновесного состава и свойств исследуемой реальной системы в квазиравновесных или неравновесных процессах, или состояниях. Основные причины, которые привели к созданию термодинамического моделирования [5]. Модель термодинамического равновесия широко используется в научной и производственной практике при изучении поведения сложных по химическому составу систем при повышенных температурах, когда существенную роль играют химические и (или) фазовые превращения. В химико-технологических процессах основной задачей моделирования является определение состава компонентов и фаз. Для реальных процессов, несомненно, допущение о фазовом и химическом равновесии является предельной оценкой состояний, но даже такая информация играет неоценимую роль при анализе малоизученных систем [6, 7].

Достоинством термодинамического метода является его универсальный характер, позволяющий исследовать произвольные по химическому составу системы на основании одной только справочной информации о термохимических и термодинамических свойствах индивидуальных веществ – компонентов равновесия. Эти свойства известны для широкого спектра химических соединений, находящихся в газообразном, конденсированном и ионизированном состоянии, в температурном диапазоне, характерном для большинства инженерных приложений. Однако физическая прозрачность модели сочетается с вычислительными сложностями обобщенного алгоритма, трудностями подготовки исходных данных и представления множества результатов. Эти обстоятельства затрудняют практическую реализацию метода в частных случаях, а обращение к коммерческим системам моделирования уменьшает оперативность получения результатов в широком диапазоне изменения параметров [8-10].

Методы. Для термодинамического анализа процесса использована универсальная программа расчета многокомпонентных гетерогенных систем TERRA, созданная на основе программы АСТРА-4, предложенная профессором Трусовым Б.Г. из Бауманского ГТУ [11-13]. Программа Terra работает на операционных системах Windows XP и выше. В основе многоцелевого программного комплекса Terra лежит универсальный термодинамический метод определения характеристик равновесия и произвольных гетерогенных систем, основанные на фундаментальном принципе максимума энтропии [14]. Термодинамическое моделирование с программной системой Terra предоставляет собой единственную возможность обобщенного описания любого высокотемпературного состояния с помощью одних только законов термодинамики, независимо от условий существования или области применения, требуя минимум информации о самой системе и ее окружении. Программа Terra обладает собственной базой термодинамических свойств индивидуальных веществ. В базе данных (БД) термодинамических данных записаны свойства более 3000 индивидуальных веществ, образованных, 65 элементами в интервале температур 300-6000°K. Основу базы данных составляют термохимические свойства веществ, систематизированные в основном Институтом высоких температур РАН и Национальным бюро стандартов США. Но результаты расчетов, проведенных с помощью стандартной БД, показали существенное отличие состава продуктов от ожидаемого. Так, в металле, шлаке и газе отсутствовали многие соединения марганца, кремния, алюминия и кальция. Отсутствующие термодинамические функции веществ нами взяты из базы данных HSC Chemistry 5.1 [15-17].

Так, возможными компонентами конденсированных фаз считались: Fe(c); FeO(c); Fe₂O₃(c); Fe₃O₄(c); FeS(c); FeS₂(c); Fe₃C(c); Fe₂SiO₄(c); FeSiO₃(c); FeAl₂O₄(c); FeSi(c); FeSi₂(c); Fe₅Si₃(c); Fe₃Si(c); FeAl(c); FeAl₂(c); FeAl₃(c); Mn(c); MnO(c); MnO₂(c); Mn₂O₃(c); Mn₂O₇(c); Mn₃O₄(c); MnS(c); MnS₂(c); Mn₃C(c); Mn₇C₃(c); MnSi₂(c); Mn₅Si₃(c); Si(c); SiO₂(c); SiS(c); SiS₂(c); SiC(c); Al(c); Al₂O₃(c); Al₂OC(c); Al₂S₃(c); Al₄C₃(c); Al₄O₄C(c); AlP(c); Al₆Si₂O₁₃(c); Ca₃Al₂O₆(c); Ca(c); CaO(c); CaS(c); CaSO₄(c); CaP₂O₆(c); Ca₂P₂O₇(c); Ca₃P₂O₈(c); CaC₂(c); CaCO₃(c); CaSiO₃(c); Ca₂SiO₄(c); Ca₃Si₂O₇(c); CaTiO₃(c); Ca₃Ti₂O₇(c); CaSi(c); CaSi₂(c); CaAl₂O₄(c); CaAl₄O₇(c); Ca₂Fe₂O₅(c); CaFe₂O₄(c); CaAl₄(c); CaAl₂(c); Ca₂MgSi₂O₇(c); CaMgSi₂O₆(c); Ca₂Al₂SiO₇(c); CaAl₂Si₂O₈(c); Mg(c); MgO(c); MgS(c); MgSO₄(c); MgC₂(c); Mg₂C₃(c); MgCO₃(c); Mg₂Si(c); MgSiO₃(c); Mg₂SiO₄(c); MgAl₂O₄(c); MgTiO₃(c); MgTi₂O₅(c); Mg₂TiO₄(c); MgP₂O₆(c); Mg₂P₂O₇(c); Mg₃P₂O₈(c); Ti(c); TiO(c); TiO₂(c); Ti₂O₃(c); Ti₃O₅(c); Ti₄O₇(c); TiS(c); TiS₂(c); TiC(c); TiSi(c); TiSi₂(c); Ti₅Si₃(c); P(c); P₄O₁₀(c); S(c); C(c); для газовой фазы предполагалось присутствие - Fe; FeO; FeO₂; FeS; Mn; MnO; MnO₂; MnS; Si; Si₂; Si₃; SiO₂; SiS; SiS₂; SiC; SiC₂; Si₂C; Si₂C₂; Si₃C; SiO; Al; Al₂; AlO₂; Al₂O; Al₂O₂; Al₂O₃; AlS; AlS₂; Al₂S; Al₂S₂; AlC; AlC₂; Al₂SiO₅; Al₂C₂; AlO; Al₆Si₁₂O₁₃; Ca; Ca₂; CaO; CaS; Mg; Mg₂; MgO; MgS; Ti; TiO; TiO₂; TiS; TiS₂; P; P₂; P₃; P₄; PO; PO₂; P₂O₃; P₂O₄; P₂O₅; P₃O₆; P₄O₆; P₄O₇; P₄O₈; P₄O₉; P₄O₁₀; PS; S; S₃; S₄; S₅; S₆; S₇; S₈; SO; SO₂; SO₃; S₂O; C; C₂; C₃; C₄; C₅; CO; CO₂; C₂O; C₃O₂; CS; CS₂; COS; CP; O; O₂; Ar. В качестве исходных данных для моделирования выплавки комплексного сплава из высокоактивных элементов Al-Mn-Ca-Si выбрали следующие условия: интервал температур - 700 - 2800°C; давление - 0,1 Мпа.

Производственная шихта является многокомпонентной, где могут протекать десятки и сотни реакций. По этой причине выполнили полный термодинамический анализ с использованием программного комплекса Terra. Предварительной для этого является расчетная стадия подготовки шихты, которую использовали для проведения крупно-лабораторных испытаний с использованием марганцевой руды месторождения Есымжал, высокозольных углей месторождений Сарыадыр и Борлы, а также извести. Расчет произвели для смеси содержащей уголь месторождения Сарыадыр (20 кг), марганцевую руду месторождения Есымжал (9 кг) и известь в количестве 3 кг. Химический состав и технический анализ исходной шихты представлен в таблице 1.

Таблица 1. Технический состав и химический анализ исходной шихты.

Материал	Содержание, масс. %										
	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO ₂	CaO	MgO	TiO ₂	P ₂ O ₅	S _{общ}	W	ППП
Мн руда Есымжал	3,28	9,27	0,82	56,94	17,20	0,71	-	0,017	0,014	0,30	11,74
Известь	1,71	0,43	0,32	-	66,59	1,50	-	0,020	0,003	0,30	29,12
Уголь Сарыадыр	6,58	60,44	28,70	-	1,42	1,08	1,01	0,050	0,710	1,88	-

Результаты и их обсуждение. Зольность угля месторождения Сарыадыр составляла 44,20%, летучие вещества 20,74%, а содержание твердого углерода 35,06%. При проведении расчета в программе TERRA, в сплаве были следующие металлические фазы: Mn₅Si₃; MnS; Mn₇C₃; Fe₃C; FeSi; CaAl₄; CaAl₂; CaC₂; CaSi₂; CaS; TiC; C, а в шлаке получили следующие конденсированные фазы: Ca₂MgSi₂O₇; CaMgSi₂O₆; Ca₂Al₂SiO₇; FeSiO₃; FeAl₂O₄; SiO₂; Ca₃P₂O₈; CaCO₃; CaSiO₃; Ca₃Si₂O₇; CaTiO₃; MnO; TiO₂; Ti₂O₃; Ti₄O₇.

Согласно результатам термодинамического моделирования оптимальной выход металла достигается в диапазоне температур 1400-2000°C (рисунок 1).

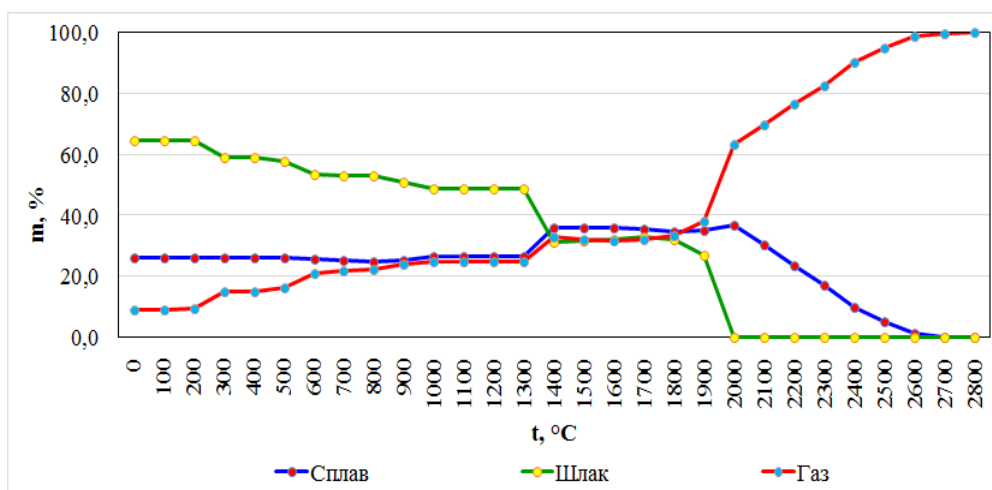


Рис. 1. Выход продуктов при термодинамическом моделировании в программе Terra

На рисунке 2 приведен состав металла при переводе металлических фаз на элементы в процентном соотношении основных составляющих комплексного сплава. На основании термодинамического моделирования установлено, что основные элементы начинают переходить в состав сплава при 1400°C.

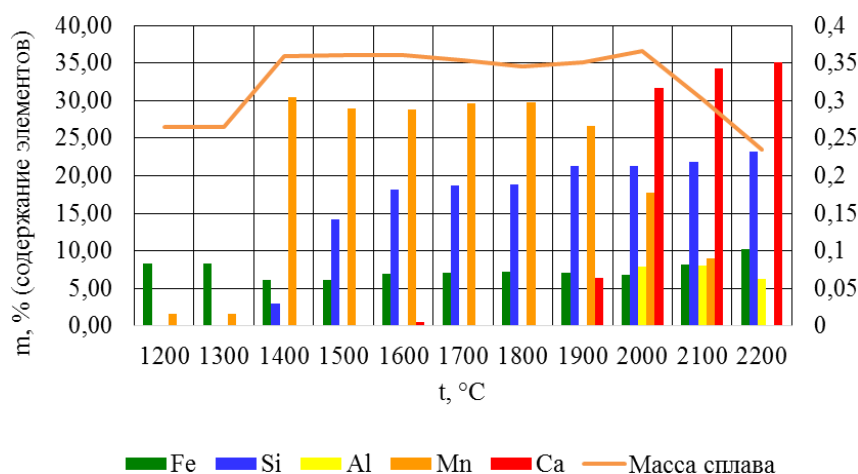


Рис. 2. Состав сплава после термодинамического моделирования

Восстановление кремния начинается при 1400°C и с повышением температуры его содержание в составе сплава увеличивается.

Для марганца наблюдается аналогичная картина при 1800°C его содержание в составе сплава достигает 30%, в основном содержится в виде бинарного соединения Mn_5Si_3 .

Переход кальция и алюминия в состав сплава начинается при 1900°C. При этом содержание железа в сплаве колеблется в пределах 6-8%.

Выводы. Анализируя результаты термодинамического моделирования для достижения эффективности рафинирования стали от неметаллических включений и вредных примесей как S и P, технологичности получения наиболее приемлемым будет состав комплексного сплава содержащего 20-50% кремния, 9,27% алюминия, 12-45% марганца, 3-20% кальция, 0,01-0,5% фосфора, 0,05-1,5 углерода и 5-20% железа.

Источник финансирования. Статья публикуется в рамках выполнения проекта ИРН AP08052301 «Разработка технологии производства качественного стального литья путем её

обработки и рафинирования от неметаллических включений сплавом из высокоактивных элементов Al-Mn-Ca-Si» грантового финансирования научных исследований КН МОН РК.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бородаенко Л.Н., Такенов Т.Д., Габдуллин Т.Г. Электротермия комплексных сплавов с активными элементами. - Алма-Ата: Гылым, 1990. - 120 с.
- [2] Жучков В.И., Заякин О.В. Разработка состава и процесса получения многокомпонентных ферросплавов // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия, 2020. – № 10. – С. 791-795.
- [3] Mukhambetgaliev E. K., Esenzhulov A. B., Roshchin V. E. Alloy production from high-silica manganese ore and high-ash Kazakhstan coal, Steel in Translation, 2018, Vol. 48, No. 9, pp. 547-552.
- [4] Mukhambetgaliev E.K., Roshchin, V.E., Baisanov, S.O. Analytical expressions for Fe – Si – Al – Mn metal system and phase composition of aluminosilicomanganese, (2018) Izvestiya Ferrous Metallurgy, 61 (7), pp. 564-571.
- [5] Нохрина О.И., Рожихина И.Д., Рыбенко И.А., Ходосов И.Е. Разработка основ энергоэффективных процессов металлизации с использованием термодинамического моделирования // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия, 2016. – № 4. – С. 237-244.
- [6] Белов Г.В., Трусов Б.Г. Термодинамическое моделирование химически реагирующих систем. - М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2013. - 96 с.
- [7] Акимов Е.Н., Сенин А.В., Рощин В.Е. Термодинамический анализ получения низкоуглеродистого феррохрома с применением модели ассоциированных растворов // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Металлургия», 2013. – № 1. – С. 182-185.
- [8] Трофимова Е.А., Габова А.Ю. Термодинамический анализ условий образования карбида кремния в сложных металлических расплавах // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Металлургия», 2015. – № 1. – С. 5-10.
- [9] Колесников А.С., Сергеева И.В., Ботабаев Н.Е., Альжанова А.Ж., Аширбаев Х.А. Термодинамическое моделирование химических и фазовых превращений в системе окисленная марганцевая руда – углерод // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия, 2017. – № 9. – С. 759-765.
- [10] A. Akberdin, A. Kim, R. Sultangaziyev, M. Karbayev. Thermodynamic modeling of the borbarium ferroalloy smelting technological process // Metalurgija 59 (2020) 3. – pp. 333-336.
- [11] Trusov B.G. TERRA software system for modeling phase and chemical equilibria in plasma-chemical systems. 3rd International Symposium on Theoretical and Applied Plasma Chemistry. Collection of materials. – V.I. – Ivanovo (2002), pp. 217-220.
- [12] Pupyshev A.A. Thermodynamic modeling of thermochemical processes in spectral sources, Yekaterinburg: GOU VPO UGTU–UPI (2007), 85.
- [13] Belov G.V., Trusov B.G. Thermodynamic modeling of chemically reacting systems, MGTU named after Bauman (2013), 96 с.
- [14] Михайлов Г.Г., Вяткин Г.П., Макровец Л.А., Самойлова О.В., Бакин И.В. Термодинамический анализ процессов взаимодействия компонентов в системе Fe–Sr–Ca–O–C в условиях существования металлического расплава // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Металлургия», 2020. – № 4. – С. 5-13.
- [15] NIST Chemistry Webbook / National Institute of Standards and Technology U.S. Department of Commerce, – URL: <https://webbook.nist.gov/> (дата обращения 2018-12-15).
- [16] Гурвич Л.В., Вейц И.В., Медведев В.А. и др. Термодинамические свойства индивидуальных веществ: Справочное издание в 4-х томах. Под редакцией В.П. Глушко. - М.: Наука, 1982. – 210 с.
- [17] Бердников В.И., Гудим Ю.А. Анализ термодинамических свойств расплава кальций-кремний-железо // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия, 2019. – № 12. – С. 957-963.

REFERENCES

- [1] Borodaenko L.N., Takenov T.D., Gabdullin T.G. Jelektrotermija kompleksnyh splavov s aktivnymi jelementami. - Alma-Ata: Gylym, 1990. - 120 p.
- [2] Zhuchkov V.I., Zajakin O.V. Razrabotka sostava i processa poluchenija mnogokomponentnyh ferrosplavov // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Chernaja metallurgija, 2020. – № 10. – pp. 791-795.
- [3] Mukhambetgaliev E. K., Esenzhulov A. B., Roshchin V. E. Alloy production from high-silica

manganese ore and high-ash Kazakhstan coal, Steel in Translation, 2018, Vol. 48, No. 9, pp. 547-552.

[4] Mukhambetgaliev, E.K., Roshchin, V.E., Baisanov, S.O. Analytical expressions for Fe – Si – Al – Mn metal system and phase composition of aluminosilicomanganese, (2018) Izvestiya Ferrous Metallurgy, 61 (7), pp. 564-571.

[5] Nohrina O.I., Rozhihina I.D., Rybenko I.A., Hodosov I.E. Razrabotka osnov jenergojeffektivnyh processov metallizacii s ispol'zovaniem termodinamicheskogo modelirovaniya // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Chernaja metallurgija, 2016. – № 4. – pp. 237-244.

[6] Belov G.V., Trusov B.G. Termodinamicheskoe modelirovanie himicheski reagirujushhih sistem. - M.: MGTU imeni N.Je. Baumana, 2013. - 96 p.

[7] Akimov E.N., Senin A.V., Roshhin V.E. Termodinamicheskij analiz poluchenija nizkouglerodistogo ferrohroma s primeneniem modeli associirovannyh rastvorov // Vestnik JuUrGU. Ser. «Metallurgija», 2013. – № 1. – pp. 182-185.

[8] Trofimova E.A., Gabova A.Ju. Termodinamicheskij analiz uslovij obrazovaniya karbida kremniya v slozhnyh metallicheskikh rasplavah // Vestnik JuUrGU. Ser. «Metallurgija», 2015. – № 1. – pp. 5-10.

[9]. Kolesnikov A.S., Sergeeva I.V., Botabaev N.E., Al'zhanova A.Zh., Ashirbaev H.A. Termodinamicheskoe modelirovanie himicheskij i fazovyh prevrashhenij v sisteme okislennaja margancevaja ruda – uglerod // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Chernaja metallurgija, 2017. – № 9. – pp. 759-765.

[10] A. Akberdin, A. Kim, R. Sultangaziyev, M. Karbayev. Thermodynamic modeling of the borbarium ferroalloy smelting technological process // Metallurgija 59 (2020) 3. – pp. 333-336.

[11] Trusov B.G. TERRA software system for modeling phase and chemical equilibria in plasma-chemical systems. 3rd International Symposium on Theoretical and Applied Plasma Chemistry. Collection of materials. – V.I. – Ivanovo (2002). – pp. 217-220.

[12] Pupyshev A.A. Thermodynamic modeling of thermochemical processes in spectral sources, Yekaterinburg: GOU VPO UGTU–UPI (2007), 85 p.

[13] Belov G.V., Trusov B.G. Thermodynamic modeling of chemically reacting systems, MGTU named after Bauman (2013), 96 p.

[14] Mihajlov G.G., Vjatkin G.P., Makrovec L.A., Samojlova O.V., Bakin I.V. Termodinamicheskij analiz processov vzaimodejstviya komponentov v sisteme Fe–Sr–Ca–O–C v uslovijah sushhestvovaniya metallicheskogo rasplava // Vestnik JuUrGU. Ser. «Metallurgija», 2020. – № 4. – pp. 5-13.

[15] NIST Chemistry Webbook / National Institute of Standards and Technology U.S. Department of Commerce, - URL: <https://webbook.nist.gov/> (data obrashheniya 2018-12-15).

[16] Gurvich L.V., Vejs I.V., Medvedev V.A. i dr. Termodinamicheskie svoystva individual'nyh veshhestv: Spravochnoe izdanie v 4-h tomah. Pod redakciej V.P. Glushko. - M.: Nauka, 1982. - 210 p.

[17] Berdnikov V.I., Gudim Ju.A. Analiz termodinamicheskikh svoystv rasplava kal'cij-kremnij-zhelezo // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Chernaja metallurgija, 2019. – № 12. – pp. 957-963.

¹Е.К. Мухамбетғалиев*, ¹Т.Т. Жүнісқалиев, ¹А.Қ. Смағұлов, ²С.А. Смаилов

¹Ж. Әбішев атындағы химия-металлургия институты, Қарағанды, Қазақстан

²Қарағанды индустриалдық университеті, Теміртау, Қазақстан

*e-mail: ye.kenzhegaliuly@gmail.com

AL-MN-CA-SI ЖОҒАРЫ БЕЛСЕНДІ ЭЛЕМЕНТТЕРІНЕН КҮРДЕЛІ ҚОРЫТПАНЫ БАЛҚЫТУ ПРОЦЕСІН ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

Андатпа. Жұмыста Al-Mn-Ca-Si жоғары белсенді элементтерінен кешенді қорытпаны балқыту процесін термодинамикалық модельдеу нәтижелері келтірілген. Термодинамикалық модельдеу жеке заттардың термодинамикалық қасиеттерінің өзіндік негізіне ие көп компонентті гетерогенді жүйелерін есептеудің Терра әмбебап бағдарламасының көмегімен жүзеге асырылды. Стандартты мәліметтер базасына негізделген алдын-ала есептеу өнімнің құрамы мен күтілетін арасындағы айырмашылықты көрсеткендіктен, біз заттардың жетіспейтін термодинамикалық функцияларын HSC Chemistry 5.1 мәліметтер базасынан алдық. Қорытпаны балқытуды модельдеудің бастапқы шарттары: температура аралығы 700-2800°C, қысым 0,1 Мпа.

Бастапқы шихта қоспасы Сарыадыр кен орнының көмірінен, Есімжал кен орнының марганец кені мен әктен тұрды. Термодинамикалық модельдеу нәтижелері бойынша металдың оңтайлы шығымдылығына 1400-2000°C температура диапазонында қол жеткізілетіні, ал болатты металл емес ҚазҰТЗУ хабаршысы №6 2021

қоспалардан тазарту тиімділігі үшін құрамында 20-50% кремний, 9,27% алюминий, 12-45% марганец, 3-20% кальций, 0,01-0,5% фосфор, 0,05-1,5 көміртек және 5-20% темір бар кешенді қорытпаның құрамы қолайлы болатыны анықталды.

Негізгі сөздер: жоғары күлді көмір, марганец кені, термодинамикалық модельдеу, Terra бағдарламасы, оңтайлы құрам, кешенді қорытпа.

¹Ye. K. Mukhambetgaliyev*, ¹T.T. Zhuniskaliyev, ¹A.K. Smagulov, ²S.A. Smailov

¹Chemical and metallurgy institute named after Zh. Abishev, Karaganda, Kazakhstan

²Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan

*e-mail: ye.kenzhegaliuly@gmail.com

THERMODYNAMIC MODELING OF THE COMPLEX ALLOY MELTING FROM HIGH-ACTIVE AL-MN-CA-SI ELEMENTS

Abstract. The paper presents the results of thermodynamic modeling of the process of smelting a complex alloy from highly active elements Al-Mn-Ca-Si. Thermodynamic modeling was carried out using the universal program for calculating multicomponent heterogeneous systems Terra, which has its own base of thermodynamic properties of individual substances. Since the preliminary calculation based on the standard database showed that the composition of the products differed from the expected one, we took the missing thermodynamic functions of substances from the HSC Chemistry 5.1 database. Initial conditions for modeling alloy melting: temperature range 700 - 2800°C, pressure 0.1 MPa.

The initial charge mixture consisted of coal from the Saryadyr deposit, manganese ore from the Yesymzhal deposit, and lime. According to the results of thermodynamic modeling, it was found that the optimal metal yield is achieved in the temperature range of 1400-2000 °C, and for the efficiency of refining steel from non-metallic inclusions, the most acceptable composition of a complex alloy containing 20-50% silicon, 9.27% aluminum, 12-45 % manganese, 3-20% calcium, 0.01-0.5% phosphorus, 0.05-1.5% carbon and 5-20% iron.

Key words: high-ash coal, manganese ore, thermodynamic modeling, Terra program, optimal composition, complex alloy.

¹Б.С. Келаманов*, ¹Д.А. Есенгалиев, ²Е.Б. Тажиев, 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: kelamanov-b@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ Ti-Zr-Al-Si МЕТОДОМ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИ- ДИАГРАММНОГО АНАЛИЗА И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ СПЛАВА ФЕРРОСИЛИКОЦИРКОНИЯ

Аннотация. На основе справочных термодинамических данных построена четырехкомпонентная система титан - цирконий - алюминий - кремний (Ti-Zr-Al-Si) и создана ее математическая модель фазовой структуры. В результате определили, что она состоит из 12 элементарных тетраэдров. Для каждого из тетраэдров определены аналитические уравнения, с помощью которых можно установить месторасположение в факторном пространстве общей системы составы различных металлических расплавов с вычислением их нормативных фазовых составов.

Правильность разбивки на элементарные тетраэдры, можно увидеть за счет объемов этих же тетраэдров, где сумма этих объемов равна единице (1,00000).

Установлены квазиобъемы в системе Ti-Zr-Al-Si, моделирующие составы образующихся металлических продуктов при выплавке различных ферросиликоциркониевых сплавов в процессе восстановления. В результате выяснилось, что сплав марки ЦК-20 моделируется тетраэдром $TiAl_3$ -Al- Zr_5Si_3 - $ZrAl_3$, а составы сплава ФСЦр-45 распложены в тетраэдре $TiAl_3$ - Zr_3Al_2 -TiAl- Zr_5Si_3 соответственно.

Ключевые слова: сплав, ферросиликоцирконий, четырехкомпонентная система, термодинамический-диаграммный анализ, квазиобъем, тетраэдрация.

Введение. В металлургии высокое значение имеет изучение состояния материалов, которые в зависимости от температуры и давления вовлекаются в металлургический передел. Однако классическое термодинамическое исследование процессов, в сложных системах требует применения сложных математических расчетов и связано с необходимостью определения термодинамических параметров большого количества независимых реакций. Часто ограничены данные по ряду свойств веществ, необходимые для определения трансформации свободной энергии Гиббса реакций, что в некоторых случаях вообще исключает возможность термодинамического анализа многокомпонентных систем.

Термодинамически-диаграммный анализ (ТДА) сложных систем, за рекомендовал себя, как наиболее простой и при этом точный метод изучения фазовых закономерностей в сравнении с классическими термодинамическими исследованиями процессов металлургии. Эффективностью метода, как приложения к металлургической технологии, является возможность выявить особенности фазового строения образующихся расплавов в процессе металлургического передела различных сырьевых материалов. На основе результатов таких исследований строят диаграммы фазового состава, позволяющие проследивать фазовый метаморфизм и прогнозировать конечное состояние отдельно взятой системы, моделирующей состав исследуемого расплава. Диаграммы состояния двойных и тройных металлических систем являются базой для изучения фазового состава, структурных составляющих, механических, технологических свойств промышленных сплавов.

Методы. Разбивка металлической системы Ti-Zr-Si-Al с помощью ТДА осуществлена
ҚазҰТЗУ хабаршысы №6 2021

разбивкой граничных подсистем на элементарные тетраэдры. Граничные подсистемы рассматриваемой системы представляют металлические соединения различной сложности [1-5]. Для дальнейших исследований полей кристаллизации системы Ti-Zr-Si-Al, в таблице 1 приведены конгруэнтные соединения исследуемой системы и их координаты на четверном концентрационном симплексе, где состоит из 13 соединений.

Таблица 1. Конгруэнтные соединения в системе Ti-Zr-Si-Al и их координаты на четверном концентрационном симплексе (тетраэдре)

№ п.п.	Соединения	Координаты на основе массового состава			
		Ti	Zr	Si	Al
1.	Ti	1000	0	0	0
2.	Zr	0	1000	0	0
3.	Si	0	0	1000	0
4.	Al	0	0	0	1000
5.	TiAl	640	0	0	360
6.	TiAl ₃	372	628	0	0
7.	Ti ₅ Si ₃	740	0	260	0
8.	TiSi ₂	460	0	540	0
9.	Zr ₃ Al ₂	0	836	0	164
10.	ZrAl ₂	0	628	0	371
11.	ZrAl ₃	0	530	0	470
12.	Zr ₅ Si ₃	0	844	156	0
13.	Zr ₆ Si ₅	0	796	204	0

Разбивка общей системы осуществлена с учетом конгруэнтных соединений. Сумма объемов простых тетраэдров равна единице (1,000000), что подтверждает правильность разбивки на элементарные тетраэдры.

Для построения диаграмм состав-свойства, в таблице 2 приведены вычисленные в реальных пропорциях по теории p -мерного пространства квадрат расстояния квазибинарных линий сосуществующих вершин с косоугольными координатами $A_1 (x_1; y_1; z_1; u_1 \dots)$, $A_2 (x_2; y_2; z_2; u_2 \dots)$ по нижеуказанной формуле [6]:

$$L^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 + (u_2 - u_1)^2 + \dots + (x_2 - x_1) \cdot (y_2 - y_1) + (x_2 - x_1) \cdot (z_2 - z_1) + (x_2 - x_1) \cdot (u_2 - u_1) + \dots + (y_2 - y_1) \cdot (z_2 - z_1) + (y_2 - y_1) \cdot (u_2 - u_1) + \dots + (z_2 - z_1) \cdot (u_2 - u_1) + \dots \quad (1)$$

Исходя из результатов тетраэдрации, выше частных тройных систем элементарные тетраэдры общей системы Ti-Zr-Si-Al проще установить путем выписывания родственных треугольников подсистем. Далее за счет суммирования этих треугольников определяется необходимый тетраэдр, исследуемой четверной системы. [7-9]. На рисунке 1 приведены результаты тетраэдрации конгруэнтно плавящихся соединений в системе Ti-Zr-Si-Al.

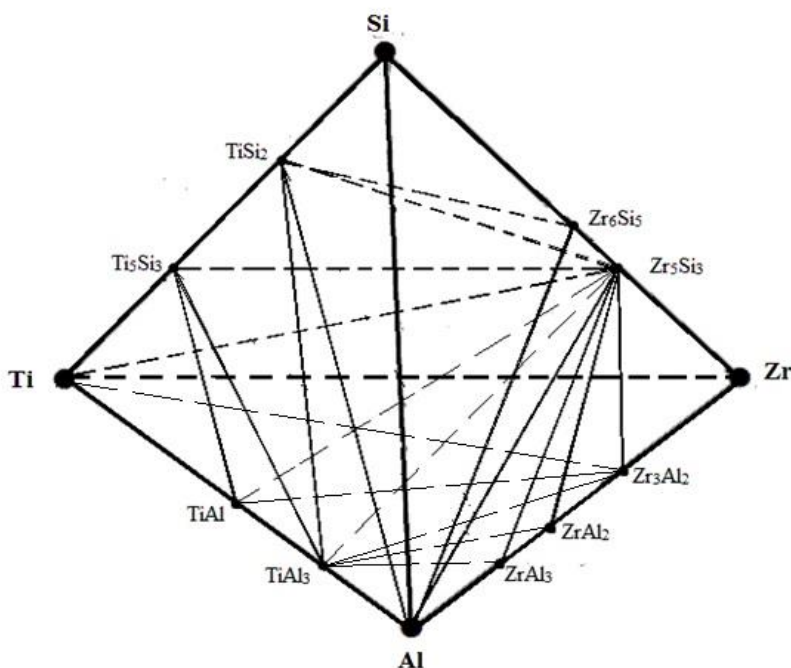


Рис. 1. Тетраэдрация металлической системы Ti-Zr-Si-Al

Результаты. При суммировании четырехкомпонентной системы указанные треугольники не учитываются вследствие того, что в суммарной четверной системе один из четырех компонентов будет равен нулю, т.е. они образуют тетраэдр в тройной системе. Результирование осуществляется согласно примеру, показанному в таблице 2.

Таблица 2. Вывод результирующих тетраэдров системы Ti-Zr-Si-Al по данным триангуляции ее граничных систем

Система	Исходные треугольники		
Граничные	12	11	5
Ti-Zr-Si	Ti-Zr ₅ Si ₃ -Zr	-	Si-Zr ₆ Si ₅ - TiSi ₂
Ti-Zr-Al	Ti-Zr-Zr ₃ Al ₂	TiAl ₃ -Zr ₃ Al ₂ -TiAl	-
Ti-Si-Al	-	-	-
Zr-Si-Al	Zr ₅ Si ₃ -Zr-Zr ₃ Al ₂	-	Si-Al- Zr ₆ Si ₅
Общая	Результирующие тетраэдры		
Ti-Zr-Si-Al	Ti-Zr ₅ Si ₃ -Zr-Zr ₃ Al ₂	TiAl ₃ -Zr ₃ Al ₂ -TiAl-Zr ₅ Si ₃	Si-Al-Zr ₆ Si ₅ -TiSi ₂

Изученные фазовые равновесия металлической системы Ti-Zr-Si-Al, моделирующей составы комплексного сплава ферросиликоциркония с различными составами, привели к тому, что она состоит из 12 элементарных соединений. В таблице 3 представлены результаты элементарной четверной и их объемы.

Как показывают результаты ТДА, данный метод пренебрегает сложный математический аппарат, где позволяет с помощью диаграмм фазового строения многокомпонентных систем установить оптимальные области составов сплавов. Далее, с учетом данных о температурах плавления вторичных компонентов элементарного объема можно определять относительные температуры плавления сплавов.

Критерием месторасположения заданного состава расплавов в одну из квазисистем, является положительные величины n-го количества вторичных компонентов, определенного политопа, рассчитанных по уравнению Хиза. С учетом вышеуказанного, в таблицу 4 сведены

коэффициенты, вычисленные нами для каждого вторичного компонента из 12 квазисистем базового тетраэдра.

Таблица 3. Перечень элементарных тетраэдров системы Ti -Zr-Si-Al

№ п/п	Тетраэдры	Элементарные объемы
1.	Ti-TiAl-Ti ₅ Si ₃ -Zr ₅ Si ₃	0,117188
2.	TiAl-TiAl ₃ -Ti ₅ Si ₃ -Zr ₅ Si ₃	0,058594
3.	Ti ₅ Si ₃ -TiSi ₂ -TiAl ₃ -Zr ₅ Si ₃	0,136875
4.	TiAl ₃ -Al-TiSi ₂ -Zr ₅ Si ₃	0,104219
5.	TiSi ₂ -Si-Zr ₆ Si ₅ -Al	0,181485
6.	TiSi ₂ -Zr ₆ Si ₅ -Zr ₅ Si ₃ -Al	0,026640
7.	ZrAl ₂ -TiAl ₃ -Zr ₅ Si ₃ -ZrAl ₃	0,007781
8.	TiAl ₃ -Al-Zr ₅ Si ₃ -ZrAl ₃	0,023438
9.	TiAl ₃ -ZrAl ₂ -Zr ₃ Al ₂ -Zr ₅ Si ₃	0,025031
10.	Zr ₃ Al ₂ -TiAl-Ti-Zr ₅ Si ₃	0,112500
11.	TiAl ₃ -Zr ₃ Al ₂ -TiAl-Zr ₅ Si ₃	0,056250
12.	Zr ₃ Al ₂ -Zr ₅ Si ₃ -Ti-Zr	0,150000
Сумма		1,000000

Определение тетраэдров, характеризующих составы различных марок сплавов.

Для определения фазового состава разных марок комплексного сплава ферросиликоциркония пересчитали средневзвешенный вещественные составы на четыре основных элементов Ti-Zr-Si-Al, которые приведены в таблице 5.

Таблица 5. Средневзвешенный химический ферросиликоциркония, получаемого по различным технологиям, %

Сплав	Ti	Zr	Si	Al
ЦК-20	1,3	57,7	34,6	6,4
ФСЦр-45	3,6	53,6	32,1	10,7

Обсуждение. При обработке составов ферросиликоциркониевых сплавов марок ЦК-20 и ФСЦр-45 по средствам термодинамически-диаграммного анализа было установлено:

1. Состав сплава ЦК-20 моделируется тетраэдром TiAl₃-Al-Zr₅Si₃-ZrAl₃. Уравнения трансформации для расчета равновесных соотношений вторичных компонентов через первичный компонент ниже, где Ti, Zr, Si, Al – содержание первичных металлов в сплаве.

Результаты расчета:

Объем политопа ZrAl₃-Zr₅Si₃-TiAl₃-Al $V = 0.023438$

$ZrAl_3 = -6.66667 \cdot Si + 4.00000 \cdot Zr$

$Zr_5Si_3 = 2.66667 \cdot Si$

$TiAl_3 = 4.00000 \cdot Ti$

$Al = -3.00000 \cdot Ti + 5.00000 \cdot Si + 1.00000 \cdot Al - 3.00000 \cdot Zr$

2. Состав сплава ФСЦр-45 моделируется тетраэдром TiAl₃-Zr₃Al₂-TiAl-Zr₅Si₃. Уравнения трансформации для расчета равновесных соотношений вторичных компонентов через первичный компонент ниже, где Ti, Zr, Si, Al – содержание первичных металлов в сплаве.

Таблица 4. Перечень элементарных тетраэдров, их объемы и коэффициенты уравнений для расчета равновесных соотношений вторичных компонентов системы Ti-Zr-Si-Al [10,11]

Исходные компоненты		Пентагоны, их объемы и коэффициенты трансформации											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кoeffициенты	Ti		TiAl ₃ -	TiAl ₃ -	TiAl ₃ -	Si	Zr ₅ Si ₃ -	ZrAl ₃ -	ZrAl ₃ -	Zr ₃ Al ₂ -	Zr ₃ Al ₂ -	Zr ₃ Al ₂ -	Zr ₃ Al ₂
	TiAl		TiAl ₃ -	TiSi ₂ -	TiSi ₂ -	TiSi ₂ -	TiSi ₂ -	TiAl ₃ -	Zr ₅ Si ₃ -	TiAl ₃ -	Ti	TiAl ₃ -	Zr ₅ Si ₃ -
	Ti ₅ Si ₃		Ti ₅ Si ₃ -	Ti ₅ Si ₃ -	Al	Al	Al	ZrAl ₃ -	TiAl ₃ -	ZrAl ₃ -	TiAl	TiAl	Zr
	Ti ₅ Si ₃		Zr ₅ Si ₃ -	Zr ₅ Si ₃ -	Zr ₅ Si ₃ -	Zr ₅ Si ₃ -	Zr ₅ Si ₃ -	Zr ₅ Si ₃ -	Al	Zr ₅ Si ₃ -	Zr ₅ Si ₃ -	Zr ₅ Si ₃ -	Ti
	Zr ₅ Si ₃	0,11719	0,05859	0,13688	0,10422	0,18149	0,02664	0,007781	0,023438	0,025031	0,1125	0,05625	0,15
Объемы	a ₁	1	-2	0	4	-2,003	13,6455	-12,0361	0	3,74157	0	0	0
	a ₂	0	3	-1,2843	0	3,003	3,003	4	0	4	1	-2	0
	a ₃	0	0	2,28425	-3	0	0	9,03614	4	-6,74157	0	3	0
	a ₄	0	0	0	0	0	-15,648	0	-3	0	0	0	1
Zr	b ₁	1	-2	0	1,1982	-0,8349	5,6875	-8,03614	4	2,49813	1,66667	1,66667	0
	b ₂	0	3	-1,2843	-0,8996	0	0	0	0	0	0,66667	-1,3333	0
	b ₃	-1,6	-1,6	0,68425	-0,8987	0	0	9,03614	0	-1,49813	-1,3333	0,66667	1
	b ₄	1,6	1,6	1,6	1,6	1,83486	-4,6875	0	-3	0	0	0	0
Si	c ₁	-1,6667	3,33333	0	-1,997	1	-6,8125	13,39357	-6,66667	-4,16355	-2,7778	-2,7778	0
	c ₂	0	-5	2,14041	1,49925	0	0	0	2,66667	0	-1,1111	2,22222	2,66667
	c ₃	2,66667	2,66667	-1,1404	1,49775	0	0	-15,0602	0	2,49688	2,22222	-1,1111	-1,6667
	c ₄	0	0	0	0	0	7,8125	2,66667	5	2,66667	2,66667	2,66667	0
Al	d ₁	-1	2	1,33333	0	0	0	4,01205	0	-1,24719	2	0	2,5
	d ₂	2	-1	0,42808	0	0	0	0	0	0	-1	2	0
	d ₃	0	0	-0,7614	1	1	1	-3,01205	0	2,24719	0	-1	-1,5
	d ₄	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

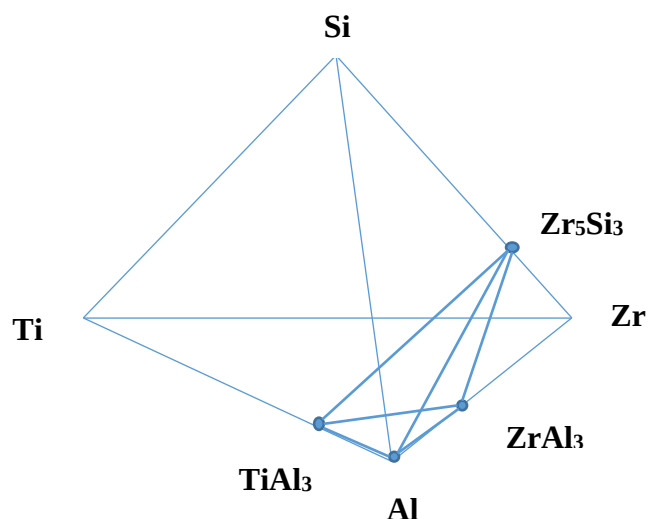


Рис. 2. Область тетраэдра, характеризующий сплав марки ЦК-20

Результаты расчета:

Объём политопа Zr_3Al_2 - $TiAl_3$ - $TiAl$ - Zr_5Si_3 $V = 0.056250$

$Zr_3Al_2 = 1.66667 * Zr - 2.77778 * Si$

$TiAl_3 = -2.00000 * Ti - 1.33333 * Zr + 2.22222 * Si + 2.00000 * Al$

$TiAl = 3.00000 * Ti + 0.66667 * Zr - 1.11111 * Si - 1.00000 * Al$

$Zr_5Si_3 = 2.66667 * Si$

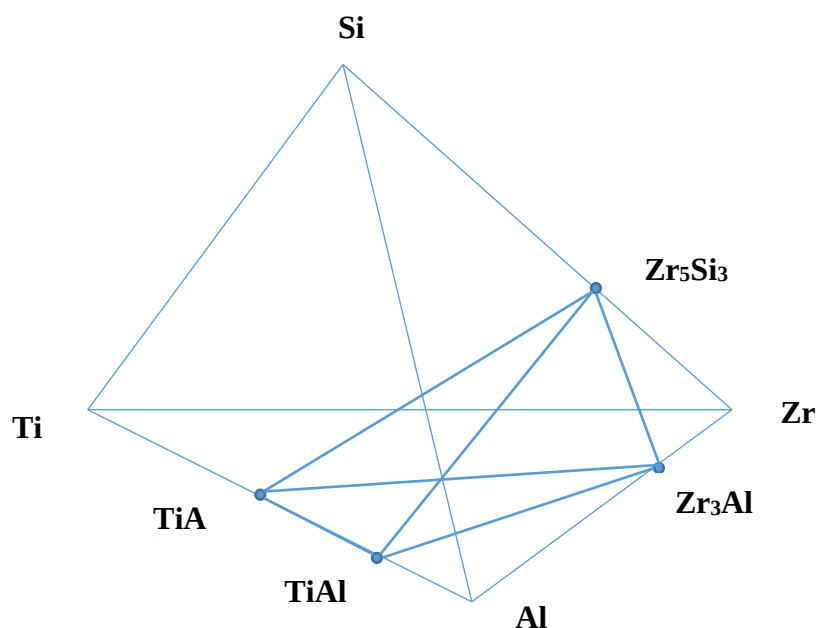


Рис. 3. Область тетраэдра, характеризующий сплав марки ФЦЦр-45

В результате установлены квазиобъемы в системе Ti-Zr-Al-Si, моделирующие составы образующихся металлических продуктов при выплавке различных ферросиликоциркониевых сплавов в процессе восстановления. В результате выяснилось, что сплав марки ЦК-20 моделируется тетраэдром $TiAl_3$ - Al - Zr_5Si_3 - $ZrAl_3$, а составы сплава ФЦЦр-45 распложены в тетраэдре $TiAl_3$ - Zr_3Al_2 - $TiAl$ - Zr_5Si_3 соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Акбердин А.А. Балансовый метод расчета равновесного фазового состава многокомпонентных систем //КИМС. - 1995. - №3. - С. 92-93
- [2] Б.К. Касенов, М.К. Алдаберген, А.С. Пашинкин, Ш.Б. Касенова, Г.Т. Балакеева, С.М. Адекенов. Методы прикладной термодинамики в химии и металлургии // Караганда: «Гласир», 2008. - 332 с.
- [3] Нурумгалиев А.Х. Моделирование и анализ в системе Al-O-C // Республ. науч. журнал «Технология производства металлов и вторичных материалов».- Темиртау: КарМетИ.- 2007. - №2 (12). - С. 67-72.
- [4] Makhambetov Y.N., Timirbayeva N.R., Baisanov S.O., Baisanov A.S. Research of physical and chemical characteristics of the new complex calcium-containing ferroalloy // CIS Iron and Steel Review, 2020. - №19, pp. 18-22.
- [5] Baisanov A., Kopabaev A., Baisanov S., Tolymbekov M., Dzhundibaev M. Theoretical and practical aspects of smelting new complex alloy - Aluminosilicomanganese with calcium // Proceedings of INFACON XIII - 13th International Ferroalloys Congress: Efficient Technologies in Ferroalloy Industry, 2020, pp. 775-780.
- [6] Бережной А.С. Многокомпонентные системы окислов. – Киев: Наукова думка, 1970. – 544 с.
- [7] Akberdin, A.A., Kim, A.S., Sultangaziev, R.B. Experiment Planning in the Simulation of Industrial Processes Steel in Translation, 2018, 48(9), pp. 573-577.
- [8] Akberdin A., Kim A., Sultangaziev R., Karbayev M. Thermodynamic modeling of the borbarium ferroalloy smelting technological process // Metalurgija, 2020, 59(3), pp. 333-336.
- [9] Baisanov S. Phase equilibrium thermodynamics in binary systems // Proceedings of INFACON XIII - 13th International Ferroalloys Congress: Efficient Technologies in Ferroalloy Industry, 2020, pp. 605-620.
- [10] Zhumagaliev, Ye., Baisanov, S., Chekimbaev, A., Nurgali, N. Phase diagram of Ti-Fe-Al system // Proceedings of the 12th International Ferroalloys Congress: Sustainable Future, 2010, P. 653-656.
- [11] Kelamanov B., Samuratov Y., Zhumagaliyev Y., Akuov A., Sariev O. Titanium and chrome oxides system thermodynamic diagram analysis // Metalurgija, 2020, 59 (1), pp. 101-104.

REFERENCES

- [1] Akberdin A.A. Balansovyy metod rascheta ravnovesnogo fazovogo sostava mnogokomponentnykh sistem //KIMS. - 1995. - №3. - S. 92-93
- [2] B.K. Kasenov, M.K. Aldabergenov, A. S. Pashinkin, Sh.B. Kasenova, G.T. Balakeeva, S.M. Adekenov. Methods of applied thermodynamics in chemistry and metallurgy / / Karaganda: "Glasir", 2008. - 332 p.
- [3] Nurumgaliev A.Kh. Modelirovanie i analiz v sisteme Al-O-C [Modeling and analysis in the Al-O-C system].- Temirtau: KarMetI.- 2007. - №2 (12). - Pp. 67-72.
- [4] Makhambetov Y.N., Timirbayeva N.R., Baisanov S.O., Baisanov A.S. Research of physical and chemical characteristics of the new complex calcium-containing ferroalloy // CIS Iron and Steel Review, 2020. - №19, pp. 18-22
- [5] Baisanov A., Kopabaev A., Baisanov S., Tolymbekov M., Dzhundibaev M. Theoretical and practical aspects of smelting new complex alloy - Aluminosilicomanganese with calcium // Proceedings of INFACON XIII - 13th International Ferroalloys Congress: Efficient Technologies in Ferroalloy Industry, 2020, pp. 775-780.
- [6] Bereshnoy A.S. Multicomponent oxide systems. – Kiev: Naukova Dumka, 1970. – 544 p.
- [7] Akberdin, A.A., Kim, A.S., Sultangaziev, R.B. Experiment Planning in the Simulation of Industrial Processes Steel in Translation, 2018, 48(9), pp. 573-577.
- [8] Akberdin A., Kim A., Sultangaziev R., Karbayev M. Thermodynamic modeling of the borbarium ferroalloy smelting technological process // Metalurgija, 2020, 59(3), pp. 333-336.
- [9] Baisanov S. Phase equilibrium thermodynamics in binary systems // Proceedings of INFACON XIII - 13th International Ferroalloys Congress: Efficient Technologies in Ferroalloy Industry, 2020, pp. 605-620
- [10] Zhumagaliev, Ye., Baisanov, S., Chekimbaev, A., Nurgali, N. Phase diagram of Ti-Fe-Al system // Proceedings of the 12th International Ferroalloys Congress: Sustainable Future, 2010, P. 653-656.
- [11] Kelamanov B., Samuratov Y., Zhumagaliyev Y., Akuov A., Sariev O. Titanium and chrome oxides system thermodynamic diagram analysis // Metalurgija, 2020, 59 (1), pp. 101-104.

¹Б.С. Келаманов*, ¹Д.А. Есенгалиев, ²Е.Б. Тажиев, ³О.В. Заякин

¹Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан

²Сәтбаев Университеті, Алматы, Қазақстан

³Металлургия институты, Ресей ғылым академиясының Орал филиалы,
Екатеринбург, Ресей

*e-mail.ru: kelamanov-b@mail.ru

Ti-Zr-Al-Si ЖҮЙЕСІН ТЕРМОДИНАМИКАЛЫ-ДИАГРАММДЫ ТАЛДАУ ӘДІСІМЕН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ФЕРРОСИЛИКОЦИРКОНИЙ ҚОРЫТПАНЫҢ ФАЗАЛЫҚ ҚҰРАМЫ

Аңдатпа. Анықтамалық термодинамикалық термодинамикалық мәліметтер негізінде титан - цирконий - алюминий - кремний (Ti-Zr-Al-Si) төрт компонентті жүйесі құрылды және оның фазалық құрылымының математикалық моделі жасалды. Нәтижесінде оның 12 қарапайым тетраэдрден тұратындығы анықталды. Тетраэдрлердің әрқайсысы үшін аналитикалық теңдеулер анықталған, олардың көмегімен Жалпы жүйенің факторлық кеңістігінде олардың нормативтік фазалық құрамын есептей отырып, әртүрлі металл балқымаларының құрамын анықтауға болады.

Қарапайым тетраэдрлердің салыстырмалы көлемдерінің қосындысы бірлікке тең (1,00000), бұл жүргізілген тетраэдрацияның дұрыстығын растайды.

Ti-Zr-Al-Si жүйесінде әртүрлі ферросиликоцирконий қорытпаларын балқыту кезінде түзілетін металл өнімдерінің құрамын модельдейтін квази-көтергіштер орнатылған. Нәтижесінде ЦК-20 маркалы қорытпаны $TiAl_3$ -Al-Zr₅Si₃-ZrAl₃ тетраэдрі модельдейтіні, ал ФСЦр-45 қорытпасының құрамы сәйкесінше $TiAl_3$ -Zr₃Al₂-TiAl - Zr₅Si₃ тетраэдрінде орналасқаны белгілі болды.

Негізгі сөздер: қорытпа, ферросиликоцирконий, төрт компонентті жүйе, термодинамикалық-диаграммалық талдау, квазиъем, тетраэдрация.

¹B.S. Kelamanov, ¹D. A. Yessengaliyev, ²Ye.B. Tazhiyev, 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: kelamanov-b@mail.ru

STUDY OF THE Ti-Zr-Al-Si SYSTEM BY THERMODYNAMIC-DIAGRAM ANALYSIS AND PHASE COMPOSITION OF FERRUM-SILICON-CYRCONIUM ALLOY

Abstract. Based on reference thermodynamic data, a four - component titanium - zirconium - aluminum-silicon (Ti-Zr-Al-Si) system is constructed and its mathematical model of the phase structure is created. As a result, it was determined that it consists of 12 elementary tetrahedra. For each of the tetrahedra, analytical equations are defined, with the help of which it is possible to determine the location in the factor space of the general system of compositions of various metal melts with the calculation of their standard phase compositions.

The sum of the relative volumes of elementary tetrahedra is equal to one (1.00000), which confirms the correctness of the tetrahedron.

Quasi-volumes in the Ti-Zr-Al-Si system are established, which simulate the compositions of the metal products formed during the smelting of various ferrosilicocyrconium alloys during the reduction process. As a result, it turned out that the TsK-20 alloy is modeled by the $TiAl_3$ -Al-Zr₅Si₃-ZrAl₃ tetrahedron, and the compositions of the FSTsr-45 alloy are decomposed in the $TiAl_3$ -Zr₃Al₂-TiAl - Zr₅Si₃ tetrahedron, respectively.

Key words: alloy, ferrosilicocyrconium, four-component system, thermodynamic-diagram analysis, quasi-volume, tetrahedral structure.

¹M.Yelubay, ¹S.Massakbayeva, ²G.Aitkaliyeva*, ³I.Radelyuk

¹Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan

²Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

³Lund University, Lund, Sweden

*e-mail: g.aitkaliyeva@satbayev.university

PROCESSING OF ASH AND SLAG WASTE

Abstract. This article is dedicated to the identification of perspective areas for the disposal of ash and slag waste from thermal power plants, namely waste generated at the TPP-1 in Pavlodar. The composition of ash and slag waste was considered by methods of X-ray fluorescence and X-ray phase analysis in order to identify the most suitable area for their further use. Based on the data obtained, it was proposed to use waste for the extraction of precious metals, such as aluminum and iron, by alkaline leaching. The paper presents the results of selection of the most optimal conditions (temperature, alkali concentration, duration of the process) leaching of metals. It was found that the best conditions for the extraction of iron is the treatment of ash and slag waste in an alkaline environment of caustic soda with a concentration of 200 g / l at a temperature of 80 °C for 3-4 hours. To increase the degree of aluminum extraction, it is necessary to apply repeated treatment with an alkali solution, consisting in sequential treatment of ash and slag waste with fresh alkali solutions in 3 stages for one hour.

Key words: industrial waste, ash and slag waste, metals, leaching, disposal.

Introduction. Coal, as the main energy in the world, will produce large quantities of waste slag after incineration and gasification, which is considered a type of solid waste [1] and can be recycled as a secondary resource by acidification [2]. However, this material, due to its enrichment with volatile pollutants and heavy metals [3], is quite hazardous. The increased content of heavy metals in ash and slag waste can create problems when handling such residues due to their potential risk to the ecosystem [4, 5]. Moreover, in comparison with their total concentrations, the toxic effect of hazardous metals is largely determined by their speciation [6, 7].

Huge amounts of industrial by-products such as copper and blast furnace slag, fly ash, coke ash, etc. are generated all over the world and cause serious problems with their environmentally sound disposal.

Currently, there are many methods allowing the disposal of ash and slag waste, but in practice, there are no complex technologies for processing these waste, which would ensure environmental safety and economic benefit during their large-scale processing.

Following current trends and predetermining the prospects, in our opinion, the separation of valuable compounds from ash and slag, including rare metals, trace elements, aluminosilicate microspheres and other components, is of particular interest. However, an assessment of the directions of the integrated use of ash and slag waste is possible only after studying the composition of their mineral part, which is the task of this study.

Methods. As objects of research were used ash and slag waste (ASW) of thermal power plant (TPP-1) in Pavlodar, which are products of high-temperature (1200–1700 °C) processing of the mineral, non-combustible part of the coal. The ash particle size is less than 1 mm.

X-ray fluorescence analysis was performed on an X-Ray Innov-X Systems instrument. The chemical composition of the ash was investigated by X-ray phase analysis on an automated DRON-3 diffractometer with $\text{CuK}\alpha$ - radiation.

Ash processing in an alkaline medium is carried out (alkali concentration 100, 200, 300 and 400 g / l) in a heat-resistant glass with a capacity of 250 ml. The caustic soda solution is preliminarily thermostated to the required temperature, after which ash is introduced with constant stirring. The exposure time was from 1 to 4 hours. The leaching temperature was 55, 70, 80 and 90 °C.

The method of photometric determination of aluminum with aluminone [8], based on the ability of the Al^{3+} ion to form a red sparingly soluble complex compound with aluminum. The reaction is carried out at pH=4.9 in the presence of ammonium sulfate. Optical density is measured at 540 nm. The sensitivity of the method is 0.05 mg / l aluminum. Iron oxide (Fe^{3+}) can interfere with the analysis. The influence of iron with a mass concentration of 0.3 mg / l and more is eliminated by its reduction with ascorbic acid to ferrous iron (Fe^{2+}).

Photometric determination of iron with sulfosalicylic acid [9]: 10 ml of the analyzed water is poured into a 50 ml conical flask. This volume should contain from 1 to 10 μ g of iron, which corresponds to concentrations from 0.1 to 1 mg / l. Wastewater more concentrated in terms of iron content is pre-diluted in a volumetric flask so that the iron content in 10 ml of the resulting solution is within the specified limits. Then 5 ml of sulfosalicylic acid solution and 5 ml of ammonia solution are poured into the test tube.

Results and its discussion. The results of studies of X-ray fluorescence and X-ray gas analyzes are shown in tables 1 and 2.

Table 1. **Content of metals in ASW**

Element	Content, %
Si	40.06
Fe	5.90
Al	14.31
Ni	1.36
Cu	0.48
Zn	1.44
Ca	3.96
Pb	1.34
Na	0.26
Mg	0.74
Cd	1.38
K	1.11
Sn	1.28
Ti	1.91
Other	24.47

Analysis of table 1 indicates a high content of metals in the composition of ash and slag waste. The main component of ash and slag waste at TPP-1 is silicon. It is also worth noting that the class of mineral impurities in the studied ash and slag waste can be attributed to sorption with an increased content of metals Ca, Al, Mg, Fe (total content about 25%). The total alkali metal content is 1.37%.

Table 2. **Content of components in ASW**

Component	Content, %
SiO_2	54,5
TiO_2	0,75
Al_2O_3	19,4
Fe_2O_3	6,6
MnO	0,14
MgO	1,64
CaO	4,3
Na_2O	0,34
K_2O	1,56
SO_3	0,14
P_2O_5	0,24
Other	10,39

In terms of chemical composition, the basis of these ash and slag waste (about 80%) are oxides of silicon, aluminum and iron (Table 2). The increased content of SiO_2 and Al_2O_3 in the ash indicates the presence of aluminosilicate microspheres, the main trace elements of which are sillimanite $\text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{SiO}_2$ or mullite $3\text{Al}_2\text{O}_3 \times 2\text{SiO}_2$ [10].

Considering the fact that ash and slag waste is a promising mineral resource base of valuable metals, and the removal of harmful metals such as Al, Fe, Ti, Cd, Pb, is of great importance for the destruction of waste in the environment.

To extract metals of basic and amphoteric character from ash and slag waste, the method of leaching with solutions of mineral acids (H_2SO_4 , HCl, HNO_3) is used. The authors of [11] note that toxic metals can be strongly leached under acidic conditions, since acid treatment affects the chemical characteristics of the slag and, thus, affects the structure of heavy metals.

Various alkaline solutions (NaOH, Na_2CO_3 , NaHCO_3 , NH_4OH) are used to extract trace elements of an acidic and amphoteric nature. In view of the increased content of silicon oxides in the ash sample, the alkaline leaching method was chosen. In this work, studies were carried out to determine the optimal conditions (temperature, alkali concentration and duration of the process) for leaching a sample of the ash and slag waste under study.

The results of studying the effect of temperature on the degree of extraction of aluminum and iron were carried out according to the procedures [8, 9]. The data obtained are shown in Table 3.

Table 3. Impact of temperature on the degree of extraction of aluminum and iron

Temperature, °C	Fe		Al	
	m, g	a, %	m, g	a, %
55	0,66±0,02	36,8	0,78±0,05	17,7
70	0,85±0,03	57,2	0,89±0,06	20,2
80	1,28±0,04	71,1	1,03±0,05	23,3
90	1,29±0,04	71,5	1,04±0,05	23,5

From the results of Table 3, it was revealed that the temperature has a significant effect on the extraction of iron: with an increase in temperature from 70 to 80 ° C, an increase in yield of 13.9% is noted, however, a further increase in temperature to 90 ° C does not lead to noticeable changes.

For the extraction of aluminum, a similar situation is observed, but with lower rates. Therefore, at a temperature of 80 ° C, the Al yield was only 23.3%, at 90 ° C - 23.5%. As a result of the tests carried out, it was found that the optimum temperature for leaching is 80 ° C.

The results of determining the influence of alkali concentration on the degree of extraction of aluminum and iron are presented in the form of a dependence diagram (Figure 1).

Figure 1 shows that with an increase in the concentration of alkali from 100 to 200 g / l, there is a significant increase in the degree of extraction of both aluminum (by 6.6%) and iron (by 34.9%). A further increase in the alkali concentration to 300 g / l leads to a decrease in the degree of metal recovery.

Data on the study of the effect of leaching time on the degree of extraction of aluminum and iron are shown in Table 4.

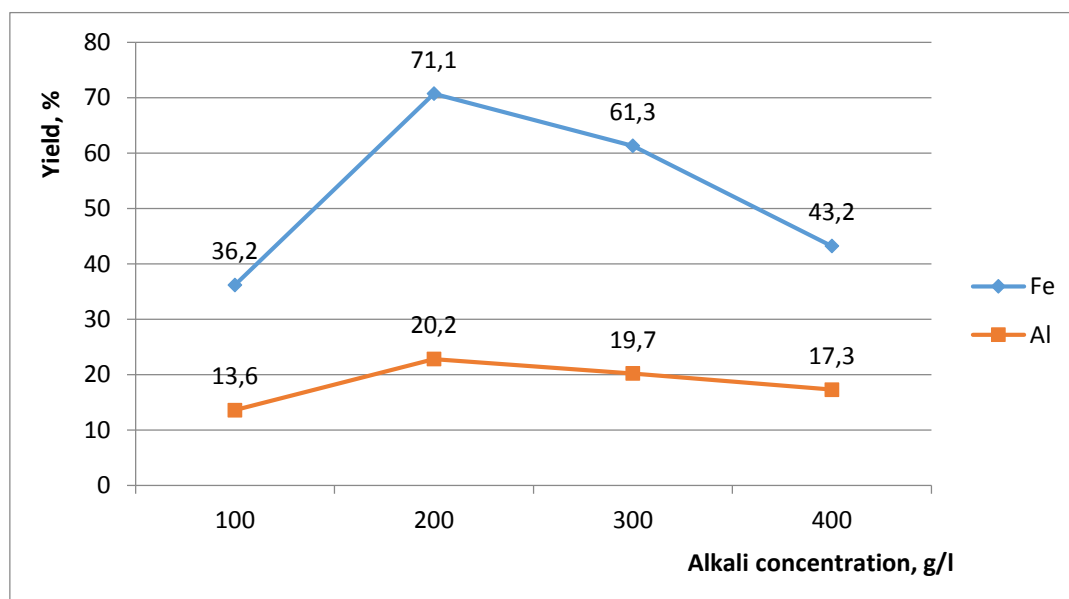


Fig. 1. Dependence of the degree of extraction of aluminum and iron on the concentration of alkali

Table 4. Dependence of the degree of extraction of aluminum and iron on time

Leaching time, h	Iron recovery, %	Aluminum recovery, %
1	49,8	19,6
2	71,1	23,3
3	74,1	32,2
4	79,3	46,9

As can be seen from Table 4, the dependence is linear with increasing reaction time, the yield of metals increases. It is important to note that for the extraction of aluminum, there is a positive trend with an increase in the contact time up to 4 hours.

Based on the value of the aluminum metal, it was decided to conduct research until it is completely extracted from ash waste by repeated treatment with an alkali solution. In order to accelerate the process of aluminum leaching, desilicated ash was successively treated with fresh alkali solutions in 3 stages for one hour. The data of the studies carried out are shown in Table 5.

Table 5. Completeness of extraction of aluminum with repeated treatment with alkali solutions

Stage	Time of processing, h	a _{Al} , %
I (desiliconization)	3	32,2
II	1	46,7
III	1	64,1
IV	1	78,2

The results of table 5 indicate that multiple processing of desilicated ash leads to the maximum extraction of aluminum (up to 78%).

Therefore, it can be concluded that the leaching time and alkali concentration have the greatest influence on the degree of extraction of aluminum, the temperature is less, and the degree of extraction of iron is greatly influenced by the concentration, and the lowest temperature and time.

Another promising direction in the processing of ash and slag waste is their use as fillers in

the construction industry. The need for partial replacement is currently explained by the increasing demand for fillers and aggregates in the construction of road surfaces. Research in this direction continues.

Acknowledgements. This research has been/was/is funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP09259187 «Development of an innovative way of using hard-to-use household waste in the production of environmentally friendly building materials»).

REFERENCES

- 1 Li, J., Xue, Q., Wang, P., Wang, H., Zhang T. (2016) 'Evaluation of leaching characteristics of heavy metals from municipal solid waste incineration fly ash by up-flow percolation column tests', *Environmental Earth Sciences*, 75 (8), 10 p. DOI 10.1007/s12665-016-5547-z.
- 2 Ahmaruzzaman, M. (2010) 'A review on the utilization of fly ash', *Progress in Energy and Combustion Science*, 36, p. 327–363.
- 3 Verbinnen, B., Van Caneghem, J., Billen, P., Vandecasteele, C. (2017) 'Long term leaching behavior of antimony from mswi bottom ash: Influence of mineral additives of organic acids', *Waste Biomass Valorization*, 8 (7), p. 2545–2552. doi:10.1007/s12649-016-9796-6.
- 4 Li, W., Sun, Y., Huang, Y., Shimaoka, T., Wang, H., Wang, Y.-N., Ma, L., Zhang, D. (2019) 'Evaluation of chemical speciation and environmental risk levels of heavy metals during varied acid corrosion conditions for raw and solidified/stabilized MSWI fly ash', *Waste Manage*, 87, p. 407–416.
- 5 Wang, C., Liu, H., Zhang, Y., Zou, C., Anthony, E.J. (2018) 'Review of arsenic behavior during coal combustion: volatilization, transformation, emission and removal technologies', *Progress in Energy and Combustion Science*, 68, p. 1–28.
- 6 Hu, R., Xie, J., Wu, S., Yang, C., Yang D. (2020) 'Study of Toxicity Assessment of Heavy Metals from Steel Slag and Its Asphalt Mixture', *Materials*, 13 (12), 2768; doi:10.3390/ma13122768.
- 7 Du, M., Liu, H., Hu, D., Huang, J., Liu, Z., Fang, Y. (2020) 'The leaching mechanism of heavy metals (Ni, Cd, As) in a gasification slag during acidification', *Waste Management*, 114, p. 17–24. doi:10.1016/j.wasman.2020.06.029.
- 8 GOST 18165-2014. "Water. Methods for determination of aluminum content". - M.: Standartinform, 2019.
- 9 GOST 18165-81. "Drinking water. Method for determining the mass concentration of aluminum" – M., 1981.
- 10 Adeyeva, L.N., Borbat, V.F. (2009) 'The ash of TPP is a promising raw material for industry', *Messenger of Om.university*, 2, p. 141–151.
- 11 Kanhar, A., Chen, S., Wang, F. (2020) 'Incineration Fly Ash and Its Treatment to Possible Utilization: A Review', *Energies*, 13, 6681. doi:10.3390/en13246681.

¹М.Елубай, ¹С.Масакбаева, ²Г.Айткалиева*, ³И.Раделюк

¹Торайғыров университеті, Павлодар, Қазақстан

²Satbayev University, Алматы, Қазақстан

³Лунд университеті, Лунд, Швеция

*e-mail: g.aitkaliyeva@satbayev.university

КҮЛ-ҚОЖ ҚАЛДЫҚТАРЫН ҚАЙТА ӨНДЕУ

Андатпа. Бұл мақала Павлодар қаласындағы 1-ЖЭО-да пайда болатын жылу электр станцияларының күл-қожды қалдықтарын кәдеге жаратудың перспективалық бағыттарын анықтауға арналған. Күл-қож қалдықтарының құрамы оларды одан әрі пайдаланудың ең қолайлы аймағын анықтау мақсатында рентгенофлуоресценттік және рентгенофазалық талдау әдістерімен қаралды. Алынған мәліметтерге сүйене отырып, қалдықтарды алюминий және темір сияқты қымбат металдарды сілтілі шаймалау арқылы алу үшін пайдалану ұсынылды. Жұмыста металды шаймалаудың ең оңтайлы жағдайларын (температура, сілтінің концентрациясы, процестің ұзақтығы) таңдау нәтижелері көрсетілген. Темірді алу үшін оңтайлы жағдайлар 80 °C температурада 3-4 сағат бойы концентрациясы 200 г/л каустикалық натриймен сілтілі ортада күл-қож қалдықтарын өңдеу

болып табылады. Алюминийді алу дәрежесін арттыру үшін күл-қож қалдықтарын сілтінің жаңа ерітінділерімен бір сағат ішінде 3 кезеңде дәйекті өндеуден тұратын сілті ерітіндісімен қайта өндеуді қолдану қажет..

Негізгі сөздер: өнеркәсіптік қалдықтар, күл-қож қалдықтары, металдар, шаймалау, кәдеге жарату.

¹М.Елубай, ¹С.Масакбаева, ²Г.Айткалиева*, ³И.Раделюк

¹Торайгыров университет, Павлодар, Казахстан

²Satbayev University, Алматы, Казахстан

³Лунд университет, Лунд, Швеция

*e-mail: g.aitkaliyeva@satbayev.university

ПЕРЕРАБОТКА ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ

Аннотация. Данная статья посвящена выявлению перспективных направлений утилизации золошлаковых отходов тепловых электростанций, а именно отходов, образующихся на ТЭЦ-1 в г. Павлодаре. Рассмотрен состав золошлаковых отходов методами рентгенофлуоресцентного и рентгенофазового анализа с целью выявления наиболее подходящей области их дальнейшего использования. На основании полученных данных было предложено использовать отходы для извлечения драгоценных металлов, таких как алюминий и железо, путем щелочного выщелачивания. В работе представлены результаты подбора наиболее оптимальных условий (температура, концентрация щелочи, продолжительность процесса) выщелачивания металлов. Установлено, что оптимальными условиями для извлечения железа является обработка золошлаковых отходов в щелочной среде едким натром концентрацией 200 г/л при температуре 80 °С в течение 3-4 часов. Для повышения степени извлечения алюминия необходимо применять повторную обработку раствором щелочи, заключающуюся в последовательной обработке золошлаковых отходов свежими растворами щелочи в 3 этапа в течение одного часа.

Ключевые слова: промышленные отходы, золошлаковые отходы, металлы, выщелачивание, утилизация.

¹Е.Н. Панова, ¹Е.А. Аубакиров*, ²Л.С. Ибраева

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

²Государственный университет им. Шакарима, Семей, Казахстан

*e-mail: miral.64@mail.ru

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БУРОВОГО ШЛАМА ОДНОГО ИЗ ПРЕДПРИЯТИЙ АО «НАК «КАЗАТОМПРОМ»

Аннотация. Республика Казахстан занимает первое место в мире по добыче природного урана методом подземного скважинного выщелачивания. При бурении и сооружении технологических скважин происходит образование бурового шлама, который является основным отходом производства уранодобывающих предприятий. Вопросы утилизации бурового шлама, его вторичной переработки и возможного использования в различных отраслях народного хозяйства являются актуальными для горнодобывающей и нефтедобывающей отраслей. Проведено комплексное исследование проб почвы и буровых шламов нескольких уранодобывающих предприятий АО «НАК «Казатомпром». Результаты радиологического исследования проб бурового шлама позволяют отнести их к материалам, которые можно использовать при дорожном строительстве. Почва и буровые шламы имеют близкий компонентный состав, содержание токсичных металлов в них весьма незначительно. Определение класса опасности бурового шлама расчетным методом проведено с использованием данных химического и минералогического анализа в связи с тем, что основные компоненты бурового шлама представлены в его составе в связанном виде, в виде природных минералов. Рассчитанный суммарный показатель опасности позволяет отнести исследованные образцы бурового шлама к 4 и 5 классу опасности согласно ГОСТ 30774-2001. Результаты токсикологического эксперимента на теплокровных животных подтверждают данные расчетного метода. Параметр DL50 оказался выше 5000 мг/кг, что относит все пробы почвы и бурового шлама к 4 классу опасности согласно ГОСТ 12.1.007-76. Перспективным методом утилизации буровых шламов является использование их в качестве вторичного сырья для изготовления строительных материалов, грунтовых смесей, материалов для отсыпки дорог, что позволит снизить объемы природных ресурсов, применяемых в строительстве. Считаем целесообразным проведение дальнейших исследований буровых шламов, направленных на изыскание путей их утилизации.

Ключевые слова: буровой шлам, почва, радионуклиды, химический состав, минералогический состав, токсичность, класс опасности, уровень опасности.

Введение. Республика Казахстан занимает первое место в мире по добыче природного урана методом подземного скважинного выщелачивания. Добыча урана осуществляется через систему закачных и откачных скважин глубиной от 300 до 700 м, через которые подается выщелачивающий раствор и извлекается продуктивный раствор, содержащий уран. При бурении и сооружении технологических скважин происходит образование бурового шлама, который является основным отходом производства уранодобывающих предприятий. Вопросы утилизации бурового шлама, его вторичной переработки и возможного использования в различных отраслях народного хозяйства являются актуальными для горнодобывающей и нефтедобывающей отраслей [1-3].

В своем составе буровой шлам может содержать различные загрязнители минеральной и органической природы, представленные материалами и химическими реагентами, которые используют для приготовления буровых растворов, а также тяжелыми металлами [4-6].

Цель исследования – определение уровня опасности бурового шлама, образующегося при сооружении технологических скважин на урановых месторождениях, и формирование подходов к вариантам его возможного дальнейшего использования.

В качестве объекта исследования рассматривался буровой шлам, пробы которого были

отобраны по методу «конверта» из шламонакопителей на пяти уранодобывающих предприятиях АО «НАК «Казатомпром». Для сравнения были отобраны образцы чистой почвы с территории, не затронутой хозяйственной деятельностью, в районе расположения предприятий.

Экспериментальная часть. Радиологические исследования были проведены в Центре комплексных экологических исследований РГП на ПХВ «Институт ядерной физики». Анализ проб бурового шлама на определение суммарной удельной альфа-активности проведен с помощью радиометра для измерения малых активностей УМФ-2000. Измерения выполнены в соответствии с Методикой измерений суммарной альфа- и бета-активности водных проб (зарегистрирована в реестре ГСИ РК № KZ.07.00.01995-2014).

Гамма-спектрометрический анализ проведен на полупроводниковом спектрометре гамма-излучения с германиевым детектором BE-3830 и цифровым анализатором DSA-1000, производства «Canberra Industries. Измерения радионуклидов выполнены в соответствии с Методикой «Активность радионуклидов в счетных образцах» (зарегистрирована в реестре ГСИ РК № KZ.07.00.03126-2015).

Элементный состав был определен методом РФА на лабораторном энергодисперсионном приборе РЛП-21, предназначенном для проведения анализа порошковых проб минерального сырья. Содержание подвижных форм определено с использованием таких методов как атомно-эмиссионный спектральный анализ, комплексонометрия, весовой и спектрофотометрический анализ.

Исследования минералогического состава проведены методом рентгеновской дифрактометрии на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3. Условия съемки дифрактограмм: $U=35$ кВ; $I=20$ мА; съемка θ - 2θ ; детектор 2 град/мин. Интерпретация дифрактограмм проводилась с использованием данных картотеки ICDD: база порошковых дифрактометрических данных PDF2 (Powder Diffraction File) и дифрактограмм чистых от примесей минералов. Для основных фаз проводился расчет их ориентировочного содержания.

Токсикологический эксперимент по определению острой токсичности буровых шламов на теплокровных животных был проведен в аккредитованной лаборатории токсикологии полимеров и других химических веществ РГП на ПХВ «Научно-практический центр санитарно-эпидемиологической экспертизы и мониторинга». По результатам проведенных исследований определены среднесмертельные дозы (DL50) буровых шламов на белых мышах при введении отхода в желудок. Величина DL50 является основным критерием токсичности и опасности промышленных отходов, химических и биологических веществ. Опыты по определению DL50 проведены в соответствии с Методическими рекомендациями для предварительной оценки токсичности химических веществ ускоренным методом, утвержденными приказом Главного государственного санитарного врача РК от 19.08.97 г. № 7.05.005.97

Оценка токсичности буровых шламов проведена также, исходя из их потенциальной опасности для гидробионтов. При проведении данных исследований в качестве тест-объекта использовалась водная лабораторная культура *Daphnia magna* в возрасте до 1 суток. Исследования проводили в соответствии с СТ РК 17.1.4.01-95 Охрана природы. Гидросфера. Метод определения острой токсичности воды на дафниях.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты определения суммарной альфа- и бета-активности и гамма-спектрометрического анализа чистой почвы (фон) и пяти проб бурового шлама, отобранных на разных уранодобывающих предприятиях АО «НАК «Казатомпром», приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Значения суммарной альфа- и бета-активности чистой почвы и бурового шлама

Проба	Альфа-активность, Бк/кг	Бета-активность, Бк/кг
Почва (фон)	550	1827
БШ 1	3186	1864
БШ 2	3041	1060
БШ 3	2462	1143
БШ 4	7194	3113
БШ 5	1016	941

Таблица 2. Результаты гамма-спектрометрического анализа чистой почвы и бурового шлама

Проба	Ra-226, Бк/кг	Th-232, Бк/кг	K-40, Бк/кг
Почва (фон)	25,7	26,1	761,3
БШ 1	160,6	48,2	703,6
БШ 2	117,7	34,4	722,7
БШ 3	172,9	40,6	645,3
БШ 4	583,1	35,6	745,3
БШ 5	34,2	31,6	509,4

По удельной активности радионуклидов была рассчитана эффективная удельная активность $A_{эфф}$ (Бк/кг) по формуле:

$$A_{эфф} = A_{Ra} + 1,3A_{Th} + 0,09A_K$$

где A_{Ra} и A_{Th} – удельные активности ^{226}Ra и ^{232}Th , находящихся в радиоактивном равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов, A_K – удельная активность ^{40}K .

Результаты расчета приведены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты расчета эффективной удельной активности чистой почвы и бурового шлама

Проба	$A_{эфф}$, Бк/кг
Почва (фон)	128,1
БШ 1	286,5
БШ 2	226,4
БШ 3	283,8
БШ 4	696,5
БШ 5	121,1

Согласно Экологическому кодексу Республики Казахстан к радиоактивным отходам относятся радионуклидные источники с альфа-излучением более 10 000 Бк/кг, для источников бета-излучения – больше 100 000 Бк/кг. Результаты исследований показали, что среднее значение удельной альфа-активности проб буровых шламов составило порядка 3400 Бк/кг, что позволяет отнести их к нерадиоактивным отходам.

В соответствии с требованиями, изложенными в Гигиенических нормативах «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности», для материалов, используемых в строящихся и реконструируемых жилых и общественных

зданиях (I класс), $A_{эфф}$ должно быть ≤ 370 Бк/кг; для материалов, используемых в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки (II класс), $A_{эфф} \leq 740$ Бк/кг; для материалов, используемых в дорожном строительстве вне населенных пунктов (III класс), $A_{эфф} \leq 1500$ Бк/кг. Таким образом, по результатам радиологических исследований буровые шламы можно отнести к материалам, применимым для дорожного строительства.

Минералогический анализ показал, что основными компонентами буровых шламов является диоксид кремния, монтмориллонит, гипс, альбит, каолинит, калиевый полевой шпат, кальцит, слюда и доломит, относящиеся к малотоксичным соединениям. Качественный состав почвы отличается от состава буровых шламов, в основном, за счет минералов глинистой природы, присутствующих в составе бурового раствора. В таблице 4 представлены результаты минералогического анализа пробы БШ 1 и чистой почвы.

Таблица 4. Результаты минералогического анализа чистой почвы и бурового шлама

Минерал, формула	Содержание, в %	
	БШ 1	Почва (фон)
Кварц SiO_2	~ 34	~ 58
Монтмориллонит (Na,Ca) _{0.3} (Al,Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ·nH ₂ O	~ 22	-
Гипс $Ca(SO_4)(H_2O)_2$	~ 9	-
Каолинит $2[Al_2Si_2O_5(OH)_4]$	~ 8	-
Альбит $NaAlSi_3O_8$	~ 5	~ 10
Кальцит $CaCO_3$	~ 5	~ 21
Слюда $2[K_2Al_4(Si_6Al_2O_{20})(OH, F)_4]$	~ 5	~ 2
Доломит $CaMg(CO_3)_2$	~ 5	~ 3
Калиевый полевой шпат $KAlSi_3O_8$	~ 4	~ 4
Хлорит $(Mg_5Al)(Si_3Al)O_{10}(OH)_8$	~ 3	~ 2

В таблицах 5 и 6 представлены результаты определения валового содержания и подвижных форм химических элементов в пробах чистой почвы и бурового шлама

Таблица 5. Валовое содержание вредных примесей в чистой почве и буровых шламах

Элемент	Содержание, мг/кг					
	Почва (фон)	БШ 1	БШ 2	БШ 3	БШ 4	БШ 5
Cd	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Zn	20	30	20	150	30	20
Cu	300	20	20	30	20	20
Pb	100	20	30	70	25	25
Ni	30	50	50	30	50	50
Mn	150	500	500	1000	500	500
Cr	50	70	50	50	70	50
Co	7	10	10	7	10	10
Sn	2	3	3	2	3	3
Mo	1,5	10	5	5	10	10
As	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Таблица 6. Содержание подвижных форм вредных примесей в чистой почве и буровых шламах

Элемент	Содержание, мг/кг					
	Почва (фон)	БШ 1	БШ 2	БШ 3	БШ 4	БШ 5
Cu	0,4	0,2	2,3	1	0,2	1,5
Hg	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Sb	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Mn	30	20	30	10	10	30
Pb	0,6	0,4	0,2	2	0,2	0,7
As	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cr	0,6	0,4	1	0,15	0,15	0,3
Ni	0,6	0,4	0,3	0,2	0,4	0,7
V	0,4	0,3	0,3	0,07	0,08	0,07
Zn	0,5	<0,5	0,7	<0,5	<0,5	0,7
Co	0,15	0,4	0,07	0,1	0,1	0,15
Cd	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Sn	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	0,015	0,01

Таблица 7. Расчет показателя опасности пробы бурового шлама БШ 1

Компоненты отхода	C_i , мг/кг	Относительный параметр, X_i	Унифицированный параметр, Z_i	Стандартизированный норматив, W_i	Показатель опасности K_i
SiO ₂	340000	3,50	4,34	25800	1,784
Монтмориллонит	220000	3,71	4,62	79500	1,155
Гипс	90000	3,33	4,11	13200	0,472
Альбит	50000	3,91	4,88	371535	0,574
Каолинит	80000	3,91	4,88	371535	0,420
Калиевый полевой шпат	40000	3,91	4,88	371535	0,210
Кальцит	50000	3,22	3,96	9150	0,262
Слюда	50000	3,92	4,9	398107	0,262
Доломит	50000	3,91	4,88	371535	0,574
Хлорит	30000	3,71	4,61	74000	0,344
Cu подв. форма	0,2	2,30	2,85	710	0,000
Hg подв. форма	<0,5	1,37	1,49	21,5	0,000
Mo вал.сод.	10	2,5	3,0	1000	0,001
Mn вал.сод.	500	2,80	3,40	2500	0,200
Pb вал.сод.	20	2,27	2,69	386	0,077
As вал.сод.	<10	2,0	2,34	219	0,045
Cr подв.форма	0,4	2,60	3,13	1292	0,000
Ni подв.форма	0,4	1,90	2,20	158	0,000
Zn подв.форма	<0,5	2,33	2,77	599	0,000
Co подв.форма	0,4	2,90	3,53	3400	0,000
Cd	<0,05	2,22	2,63	423	0,000
Sn	<0,007	1,69	1,92	63	0,000
Суммарный показатель опасности $K_s = (\sum K_i)$					6,380
Класс опасности (согласно ГОСТ 30774)					5

Результаты химического анализа показали, что исследованные буровые шламы и чистая почва имеют близкий качественный элементный состав, отличие состоит в содержании некоторых элементов. Содержание токсичных элементов и тяжелых металлов в буровых шламах и почве не превышает ПДК. В частности, содержание подвижных форм таких высокотоксичных элементов как кадмий, цинк, свинец, хром, никель, кобальт, молибден, мышьяк в буровом шламе и почве составляет десятые и сотые доли процента. Показатель pH водной вытяжки исследуемых проб соответствует нейтральной среде.

Проведенные анализы дают полную картину состава бурового шлама, что является основой для получения объективных результатов при расчете показателя опасности бурового шлама K_s по токсико-гигиеническим параметрам его компонентов.

Для каждого компонента буровых шламов и почвы был проведен литературный поиск данных токсико-гигиенических параметров и расчет параметров, необходимых для вычисления показателя опасности K_s и определения класса опасности, с учетом требований ГОСТ 30774-2001 «Межгосударственный стандарт. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Паспорт опасности отходов. Основные требования».

В качестве примера в таблице 7 представлены результаты расчета показателя опасности для пробы БШ 1.

Для проб БШ 2, БШ 4, БШ 5 получены значения суммарного показателя опасности K_s менее 10, класс опасности 5, неопасный уровень. Для пробы БШ 3 значение K_s составило 18,746, что соответствует классу опасности 4 согласно ГОСТ 30774-2001.

Для подтверждения, установленного расчетным методом неопасного уровня буровых шламов необходимо провести токсикологические исследования. При проведении острого токсикологического эксперимента в качестве первоначальной дозы была взята доза 5000 мг/кг, которая в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности является границей между классом умеренно и мало опасных веществ. В ходе эксперимента оценивалось общее состояние животных по выраженности клинических симптомов, поведению и гибели животных в течение 7 дней наблюдения. Гибели животных во всех подопытных группах непосредственно после затравки и в течение 7 дней наблюдения не отмечалось. По результатам проведенных исследований параметр DL_{50} оказался выше 5000 мг/кг, что относит все представленные пробы бурового шлама к четвертому классу опасности согласно ГОСТ 12.1.007-76. Полученные результаты свидетельствуют о незначительном переходе токсичных веществ, содержащихся в буровых шламах, в контактную воду, что и определило относительно низкую токсичность исследованных проб бурового шлама.

Оценка токсичности проб бурового шлама проводилась по ГОСТ 12.1.007-76, в котором предусмотрены только 4 класса опасности (чрезвычайно опасные, высоко опасные умеренно опасные и малоопасные). В связи с наличием в ГОСТ 30774-2001 пяти классов опасности, при окончательном решении вопроса о токсичности и опасности бурового шлама следует принимать во внимание этот фактор и руководствоваться результатами химического, радиологического анализов, исследованиями на гидробионтах и токсико-экологическими параметрами компонентов бурового шлама.

Результаты исследований, проведенных на дафниях, показали, что буровой шлам следует отнести к 3 (среднему) классу опасности. Большое расхождение в результатах, полученных в эксперименте на лабораторных животных (4 класс, малоопасный) и на дафниях, свидетельствует о несопоставимости этих двух методов и необходимости выбора между полученными результатами при комплексной оценке класса опасности буровых шламов.

В научной литературе [7] представлены данные об отсутствии корреляционной зависимости между результатами, полученными методом биотестирования, и величинами ПДК химических веществ в объектах окружающей среды. Значения ПДК разрабатываются с

учетом всех параметров острой, подострой и хронической токсичности вещества (кумулятивных, кожно-резорбтивных, аллергизирующих, мутагенных, эмбриотоксических, гонадотоксических) и других отдаленных последствий действия вещества. С учетом того факта, что степень опасности того или иного объекта определяется преимущественно путем сравнения полученных значений с величинами ПДК, разработанными на лабораторных животных, объективность результатов биотестирования на гидробионтах становится сомнительной. В связи с этим, считаем, что более обосновано проводить оценку опасности буровых шламов по показателям, полученным в эксперименте на лабораторных животных, без учета биотестирования на гидробионтах.

Следует отметить, что буровые шламы, образующихся при разработке месторождений урана, на сегодняшний день не находят способов их повторного использования из-за отсутствия технологических решений. Перспективным геоэкологическим методом утилизации буровых шламов, основную массу которых составляют породообразующие компоненты, является использование их в качестве вторичного сырья для изготовления строительных материалов, грунтовых смесей, материалов для отсыпки дорог и буровых площадок, что позволит снизить объемы природных ресурсов, применяемых в строительстве. При этом для использования бурового шлама в качестве строительных материалов должны быть соблюдены требования по обеспечению экологической безопасности и качеству строительной продукции.

Вместе с тем, большое разнообразие состава и свойств буровых шламов, недостаточная изученность их физико-химических характеристик, оценки воздействия на окружающую среду, не позволили в настоящее время этим направлениям утилизации получить широкое распространение в промышленности.

Проведенные исследования буровых шламов показали, что они относятся к отходам 4 и 5 классов опасности. Следовательно, их использование в строительстве может потребовать дополнительной обработки.

Составы буровых шламов не однородны по глино-гравийно-песчаному составу, в связи с чем при выполнении тех или иных строительных работ буровой шлам должен быть нормирован по своему составу и сертифицирован на соответствие санитарно-гигиеническим требованиям. Для того чтобы использовать отходы производства, в том числе буровые шламы, по любому назначению, прежде всего необходимо получить соответствующие разрешения от государственных органов в сфере экологии и защиты прав потребителей.

Как показывает практика, в исходном виде, без предварительной обработки, очистки или внесения каких-либо добавок, практически никакой отход использовать нельзя. При внесении каких-либо добавок исходный отход превращается в новый продукт.

Далее необходимо доказать, что полученный продукт (например – очищенный буровой шлам или продукт, полученный смешением бурового шлама с песком, гипсом, портландцементом и др.) на основе отхода (буровой шлам) безопасен, изучить его свойства, в том числе токсичность, получить разрешения государственных органов на его безопасное использование.

На следующем этапе необходимо разработать Стандарт, например, на очищенный буровой шлам и зарегистрировать его в Госстандарте РК. Только после этого будет получено право на использование отхода по тому назначению, которое будет прописано в стандарте.

В связи на последующих этапах исследования буровых шламов планируется проведение следующих работ:

- исследовать физические (гранулометрический состав, пористость, влажность, плотность, пластичность и др.) характеристики буровых шламов;
- выявить возможное воздействие на компоненты окружающей среды с получением на буровой шлам, как на строительный материал сертификата соответствия санитарно-гигиеническим требованиям;
- оценить возможность использования буровых шламов для получения грунтовых

смесей на основе сравнения их свойств с требованиями нормативно-технических документов (например, ГОСТ 25100 Грунты, ГОСТ 23558 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства или другие стандарты в зависимости от области применения);

- разработать оптимальные составы, обеспечивающие получение на основе бурового шлама продукции, удовлетворяющей заданным характеристикам;

- исследовать свойства полученных составов (грунтовых смесей) и оценить их экологическую устойчивость по химическим, токсикологическим, физико-механическим характеристикам.

Выводы. Проведено комплексное исследование проб почвы и буровых шламов нескольких уранодобывающих предприятий АО «НАК «Казатомпром». Результаты радиологического исследования проб бурового шлама позволяют отнести их к материалам, которые можно использовать при дорожном строительстве. Показано, что почва и буровые шламы имеют близкий компонентный состав, содержание токсичных металлов в них весьма незначительно. Определение класса опасности бурового шлама расчетным методом было проведено с использованием данных химического и минералогического анализа в связи с тем, что основные компоненты бурового шлама представлены в его составе в связанном виде, в виде природных минералов. Рассчитанный суммарный показатель опасности K_s позволяет отнести исследованные образцы бурового шлама к 4 и 5 классу опасности согласно ГОСТ 30774-2001. Результаты токсикологического эксперимента на теплокровных животных подтверждают данные расчетного метода. Параметр DL50 оказался выше 5000 мг/кг, что относит все пробы почвы и бурового шлама к 4 классу опасности согласно ГОСТ 12.1.007-76.

Перспективным методом утилизации буровых шламов является использование их в качестве вторичного сырья для изготовления строительных материалов, грунтовых смесей, материалов для отсыпки дорог, что позволит снизить объемы природных ресурсов, применяемых в строительстве. Считаем целесообразным проведение дальнейших исследований буровых шламов, направленных на изыскание путей их утилизации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дубинецкий В.В., Гурьева В.А., Вдовин К.М. Буровой шлам в производстве изделий строительной керамики // Строительные материалы – 2015. – №4. – С.75-76.
- [2] Ефремов В.И., Гамм А.А., Гамм Т.А. Технология утилизации выбуренной породы // Вестник ОГУ. – 2011. – №6 (125). – С. 181-184.
- [3] Леонтьев С.В., Югов В.В. Перспективы использования буровых шламов в производстве строительных материалов // [Современные технологии в строительстве. Теория и практика.](#) – 2020. – Т.1. – С 294-298.
- [4] Васильев А.В., Тупицына О.В. Экологическое воздействие буровых шламов и подходы к их переработке // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. – № 5. – С.308-313.
- [5] Пичугин Е.А. Оценка воздействия бурового шлама на окружающую природную среду // Молодой ученый. – 2013. – № 9. – С. 122-123.
- [6] Климова А.А., Язиков Е.Г. Минералого-геохимическая специфика буровых шламов нефтегазоконденсатных месторождений на примере объектов Иркутской области // Вестник ЗабГУ. – 2020. – Т.26. – №2. – С.32-39.
- [7] Хрипач Л.В., Ревазова Ю.А., Ходжанян А.Б. Оценка суммарной токсичности тяжелых металлов на основе люминесцентного бактериального теста // Гигиена и санитария. – 1998. – № 4. – С. 67-72.

REFERENCES

- [1] Dubineckij V.V., Gur'eva V.A., Vdovin K.M. Burovoj shlam v proizvodstve izdelij stroitel'noj keramiki // Stroitel'nye materialy – 2015. – №4. – S.75-76.
- [2] Efremov V.I., Gamm A.A., Gamm T.A. Tehnologija utilizacii vyburennoj porody // Vestnik OGU.

– 2011. – №6 (125). – S. 181-184.

[3] Leont'ev S.V., Jugov V.V. Perspektivy ispol'zovaniya burovyyh shlamov v proizvodstve stroitel'nyh materialov // Sovremennye tehnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika. – 2020. – T.1. – S 294-298.

[4] Vasil'ev A.V., Tupicina O.V. Jekologicheskoe vozdejstvie burovyyh shlamov i podhody k ih pererabotke // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. – 2014. – T. 16. – № 5. – S.308-313.

[5] Pichugin E.A. Ocenka vozdejstviya burovogo shlama na okruzhajushhuyu prirodnuju sredu // Molodoj uchenyj. – 2013. – № 9. – S. 122-123.

[6] Klimova A.A., Jazikov E.G. Mineralogo-geohimicheskaja specifika burovyyh shlamov neftegazokondensatnyh mestorozhdenij na primere ob#ektov Irkutskoj oblasti // Vestnik ZabGU. – 2020. – T.26. – №2. – S.32-39.

[7] Hripach L.V., Revazova Ju.A., Hodzhanjan A.B. Ocenka summarnoj toksichnosti tjazhelyh metallov na osnove luminescentnogo bakterial'nogo testa//Gigiena i sanitarija. – 1998. – № 4. – S. 67-72.

¹Е.Н. Панова, ¹Е.А. Аубакиров*, ²Л.С. Ибраева

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

²Шәкәрім атындағы мемлекеттік университеті, Семей, Қазақстан

*e-mail: miral.64@mail.ru

«ҚАЗАТОМӨНЕРКӘСІП» ҰАҚ» АҚ КӘСІПОРЫНДАРЫНЫҢ БІРІНІҢ БҰРҒЫЛАУ ШЛАМЫН КЕШЕНДІ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Қазақстан Республикасы Жер асты ұңғымалық шаймалау әдісімен табиғи уранды өндіру бойынша әлемде бірінші орын алады. Технологиялық Ұңғымаларды бұрғылау және салу кезінде уран өндіретін кәсіпорындардың негізгі қалдықтары болып табылатын бұрғылау шламы пайда болады. Бұрғылау шламын кәдеге жарату, оны қайта өңдеу және халық шаруашылығының әртүрлі салаларында ықтимал пайдалану мәселелері тау-кен және мұнай өндіру салалары үшін өзекті болып табылады. Бұрғылау шламының сынамаларын радиологиялық зерттеу нәтижелері оларды жол құрылысында қолдануға болатын материалдарға жатқызуға мүмкіндік береді. Топырақ пен бұрғылау шламдары жақын компоненттік құрамға ие, олардағы улы металдардың мөлшері өте аз. Бұрғылау шламының қауіптілік сыныбын есептеу әдісімен анықтау химиялық және минералогиялық талдау деректерін пайдалана отырып жүргізілді, себебі бұрғылау шламының негізгі компоненттері оның құрамында байланысқан түрде, табиғи минералдар түрінде ұсынылды. Есептелген қауіптіліктің жиынтық көрсеткіші зерттелген бұрғылау шламының үлгілерін МЕМСТ 30774-2001 сәйкес қауіптіліктің 4 және 5-сыныбына жатқызуға мүмкіндік береді. Жылы қанды жануарларға токсикологиялық эксперименттің нәтижелері есептеу әдісінің деректерін растайды. D150 параметрі 5000 мг/кг-нан жоғары болды, бұл ГОСТ 12.1.007-76 сәйкес топырақ пен бұрғылау шламының барлық үлгілерін 4 қауіптілік класына жатқызады. Бұрғылау шламдарын кәдеге жаратудың перспективасы әдісі оларды құрылыс материалдарын, топырақ қоспаларын, жолдарды төгуге арналған материалдарды дайындау үшін қайталама шикізат ретінде пайдалану болып табылады, бұл құрылыста қолданылатын табиғи ресурстардың көлемін азайтуға мүмкіндік береді. Бұрғылау шламдарын кәдеге жарату жолдарын іздестіруге бағытталған одан әрі зерттеу жүргізу орынды деп санаймыз.

Түйінді сөздер: Бұрғылау шламы, топырақ, радионуклидтер, химиялық құрамы, минералогиялық құрамы, уыттылығы, қауіптілік сыныбы, қауіптілік деңгейі.

¹Y.N. Panova, ¹Y.A. Aubakirov*, ²L.S. Ibrayeva

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Shakarim State University, Semey, Kazakhstan

*e-mail: miral.64@mail.ru

COMPREHENSIVE RESEARCH OF DRILL SLUDGE ONE OF THE ENTERPRISES OF JSC «NAC «KAZATOMPROM»

Abstract. The Republic of Kazakhstan ranks first in the world in the extraction of natural uranium by underground borehole leaching. During drilling and construction of technological wells, drilling mud is

formed, which is the main waste product of uranium mining enterprises. The issues of utilization of drilling mud, its secondary processing and possible use in various sectors of the national economy are relevant for the mining and oil-producing industries. A comprehensive study of soil samples and drilling cuttings of several uranium mining enterprises of JSC "NAC "Kazatomprom" was carried out. The results of radiological studies of drilling mud samples allow us to refer them to materials that can be used in road construction. Soil and drill cuttings have a similar component composition, the content of toxic metals in them is very small. Determination of the hazard class of drilling mud by the calculation method was carried out using the data of chemical and mineralogical analysis due to the fact that the main components of drilling mud are presented in its composition in a bound form, in the form of natural minerals. The calculated total hazard index makes it possible to assign the studied samples of drilling mud to hazard class 4 and 5 according to GOST 30774-2001. The results of the toxicological experiment on warm-blooded animals confirm the data of the calculation method. The DL50 parameter was higher than 5000 mg / kg, which refers all samples of soil and drilling mud to hazard class 4 according to GOST 12.1.007-76. A promising method of utilization of drilling cuttings is to use them as secondary raw materials for the manufacture of building materials, soil mixtures, materials for filling roads, which will reduce the volume of natural resources used in construction. We consider it appropriate to conduct further studies of drilling cuttings aimed at finding ways to dispose of them.

Key words: Drilling mud, soil, radionuclides, chemical composition, mineralogical composition, toxicity, hazard class, hazard level.

А.С. Диков*, А.С. Ларионов, Е.А. Жаканбаев, Л.А. Дикова,
А.Ж. Сансызбаева, С.О. Акаев

Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

*e-mail: dikov@inp.kz

СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ СОСТОЯНИЯ ПОКРЫТИЙ ИЗ ТАНТАЛА НА ПОДЛОЖКЕ ИЗ НИКЕЛИДА ТИТАНА ПРИ МАГНЕТРОННОМ ОСАЖДЕНИИ

Аннотация. В работе приводятся результаты исследований структурно-фазового состояния покрытий из тантала полученных методом магнетронного осаждения на подложках из никелида титана в аустенитно-мартенситном состоянии, т.е. с эффектом памяти формы. Температура подложек из никелида титана при осаждении покрытия не превышала 100 °С. Структурно-фазовое состояние покрытий из тантала определялось методом рентгеновской дифракции на разных этапах его формирования. Показано, что на начальном этапе осаждения формируются двухфазные покрытия (α - и β -Ta). Синтез покрытия из Ta приводит к увеличению межплоскостного расстояния аустенитной фазы B2 в кристаллографическом направлении (100), которое вызвано образованием микронапряжений при взаимодействии с налетающими ионами тантала. Параметры решетки фазы B19', ответственной за проявление эффекта памяти формы, при осаждении танталового покрытия не изменяются.

Ключевые слова: никелид титана, защитные покрытия, тантал, эффект памяти формы, магнетронное осаждение.

Введение. Биомеханическое гистерезисное поведение тканей организма предъявляет особые требования аналогичного гистерезисного поведения к материалам используемым при изготовлении имплантатов. Главным образом, создание гармонично функционирующих с тканями организма имплантатов позволит стабилизировать работу организма и создать условия для длительного функционирования имплантатов в заданном режиме. Одним из таких материалов, с физико-механическими свойствами близкими к тканям организма и обладающим гистерезисным поведением является сплав никелида титана (NiTi). Однако, находясь в контакте с биологической жидкостью, являющейся агрессивной средой, на поверхности имплантатов из NiTi могут протекать коррозионные процессы. К тому же, никель, присутствующий в NiTi в структурно свободном состоянии создает вероятность негативного, канцерогенного воздействия сплава на организм.

Вместе с тем, медицинские показатели применения имплантатов, стентов и катетеров из NiTi можно значительно улучшить путем нанесения на их поверхность функциональных, антикоррозионных покрытий. Например, оксидные покрытия и покрытия содержащие тантал (Ta), на металлических имплантатах улучшают их антикоррозионные свойства и повышают химическую инертность и биосовместимость [1, 2]. Наиболее эффективным методом нанесения покрытий на поверхность NiTi является магнетронное осаждение.

Целью данной работы является изучение структурно-фазового состояния покрытий из тантала в процессе их магнетронного формирования на никелиде титана.

Материал и методы исследования. Материалом для исследований выбран технический сплав NiTi с соотношением элементов: Ti - 53,46 вес. %, Ni - 46,54 вес. %. Образцы для исследований вырезались из массивной прокатанной пластины сплава, поперек направления прокатки [3]. Вырезка образцов осуществлялась методом электроискровой резки с использованием латунной проволоки. Данный метод вырезки позволяет минимизировать величину деформированного приповерхностного слоя в образце. Снятие деформационного слоя проводилось механической и электролитической полировкой поверхности.

Магнетронное осаждение Ta производилось на ионно-плазменной установке ВУП-5М в ИЯФ РК. Плазмообразующим газом служил аргон (Ar), остаточное давление в рабочей

камере составляло $3 \cdot 10^{-5}$ Па. Режимы осаждения Ta (ток катода, напряжение и время осаждения) указаны в таблице 1. Образцы перед осаждением покрытия имели комнатную температуру. Измерение толщины покрытия проводилось методом резерфордовского обратного рассеяния на ускорителе УКП-2.1.

Рентгеноструктурный анализ проводился на дифрактометре D8 ADVANCE ECO (Bruker, Германия) при использовании излучения медной трубки CuK α . Для идентификации фаз и исследования кристаллической структуры использовалось программное обеспечение Bruker AXSDIFFRAC.EVA v.4.2 оснащенное международной базой данных ICDD PDF-2. Условия съемки рентгеновских дифрактограмм были следующими: 40 kV, 25 mA, $2\theta = 20-90^\circ$, шаг $0,03^\circ$, время стояния в точке - 1 сек. При данных условиях съемки глубина проникновения рентгеновских лучей в материал составляет не более 10 мкм, что позволяет определить толщину деформированного приповерхностного слоя.

Таблица 1. Режимы осаждения покрытия из тантала на образы никелида титана

Режим осаждения	Время осаждения, мин	Толщина покрытия, нм
112 Вт (U=400 В, I=280 мА)	10	160
	20	300
	40	500

Экспериментальные результаты и обсуждение. По результатам качественного рентгеноструктурного анализа (рисунок 1 а) установлено, что матричной фазой сплава NiTi в исходном состоянии является соединение представленное сверхструктурой B2 – аустенит. Кроме аустенитной фазы (B2) в объеме материала присутствует мартенситная фаза ответственная за гистерезисное поведение – B19' и частицы вторичных фаз типа Ti₂Ni в концентрации 17 % от объема материала. Содержание фазы B19' в материале не более 4 %. В объеме исследуемого материала присутствуют метастабильные фазовые образования Ni₄Ti₂OX и Ni₄Ti₃ содержанием до 0,2 %. Также, в исследуемых образцах содержится до 0,3 % структурно свободного никеля.

На начальном этапе формирования покрытия, 10 минут осаждения (рисунок 1 б) при значении угла $2\theta=33,659$ появляется пик интенсивностью 540 имп./сек. соответствующий β -Ta с тетрагональной решёткой ориентированной в направлении (002). Межплоскостное расстояние d составляет 2,66 Å. В диапазоне углов 2θ от 34,871 до 40,033 образуется гало аморфного тантала с рефлексом ориентированным по направлению (110). Согласно карточке (COD9008552) данный рефлекс принадлежит кубическому α танталу. Еще один рефлекс при значении угла $2\theta=70,5$ также принадлежит α -Ta который имеет большую упорядоченность в направлении (112), $d=1,337$ Å.

Как отмечается в ряде работ, например [4-10], формирование танталового покрытия в двух различных кристаллических состояниях возможно. Также отмечено, что β -Ta формируемый на первых стадиях синтеза покрытий является твердым, хрупким и термически нестабильным. При этом, тепловое воздействие трансформирует β -Ta в стабильную альфа-фазу. Следует отметить, что NiTi на данном этапе все еще составляет основную фазу образца. Основной рефлекс (B2) фазы никелида титана (110) незначительно уширяется, что указывает на разориентацию вследствие образования напряжений в решётке.

Дальнейший рост покрытия, время осаждения 20 минут, приводит к формированию и значительному разрастанию аморфного гало Ta (рисунок 1 в) и увеличению интенсивности пика характерного для β -Ta в направлении (002). На данном этапе формирования покрытия фаза β -Ta является основной, однако рефлекс альфа-фазы (112), за счет усреднения результатов все еще различимы. Помимо Ta, рентгенограмма образцов с покрытием толщиной 300 нм содержит пик фазы B2 ориентированной по направлению (110). Межплоскостное расстояние фазы B2 (100), относительно значения полученного на предыдущем этапе формирования покрытия, остается неизменным.

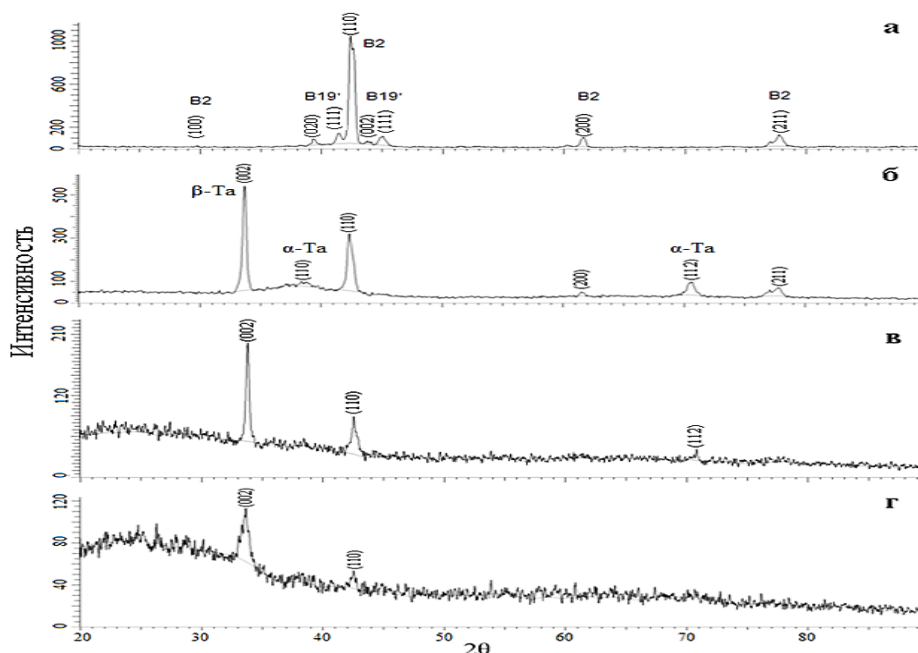


Рис. 1. Дифрактограмма NiTi до осаждения покрытия из Ta

При достижении толщины плёнки в 500 нм, время напыления 40 минут, структура покрытия становится практически полностью аморфной (рисунок 1 г). Рефлексы NiTi еле различимы на рентгенограмме, при этом отчетливо видны рефлексы фазы β-Ta которая является основной. Учитывая, увеличение интенсивности β-Ta который является термически нестабильным можно утверждать, что поверхность NiTi при осаждении не подвергается нагреву.

В таблице 2 приведены результаты прецизионных измерений параметров решетки матричной фазы NiTi – B2 и фазы B19' в образцах NiTi без покрытий и с покрытием из Ta осажденным магнитронным методом. Видно, что в результате осаждения покрытий из тантала межплоскостное расстояние решетки B2 в кристаллографическом направлении (100), угол $2\theta = 29$ градусов, незначительно увеличивается относительно значения в образцах без покрытий. Вместе с тем, межплоскостные расстояния фазовых образований B2 ориентированных в других направлениях не изменились. Также не изменились и межплоскостные расстояния фазовых образований B19' которые ответственны за проявление эффекта памяти формы.

Таблица 2. Параметры решетки фаз B2 и B19' в образцах никелида титана

	B2				B19'			
2θ	29	42	61	77	39	41	43	44
d, Å (NiTi)	2,999	2,127	1,504	1,228	2,289	2,181	2,06	2,015
d, Å (NiTi+Ta)	3,022	2,127	1,503	1,227	2,287	2,181	2,065	2,018

Изменение межплоскостного расстояния фазы B2, на начальном этапе формирования покрытий, вероятно, вызвано образованием микронапряжений при взаимодействии с налетающими ионами Ta. Результатом такого взаимодействия может быть уплотнение структуры подложки или образование твёрдого раствора внедрения тантала, поскольку известно, что тантал и другие элементы 5 группы способны образовывать твердые растворы как с титаном, так и с никелем.

Заключение. Таким образом, показано, что покрытие из тантала формируемое при режимах магнетронного осаждения $U=400$ В, $I=280$ мА является двухфазным. Синтез покрытия из Та приводит к увеличению межплоскостного расстояния аустенитной фазы В2 в кристаллографическом направлении (100), что обусловлено образованием микронапряжений на поверхности никелида титана при взаимодействии с налетающими ионами Та. Параметры решетки фазы В19', ответственной за проявление эффекта памяти формы, при осаждении танталового покрытия не изменяются. Можно утверждать, что покрытие из Та не вносит существенных изменений в структурно-фазовое состояние сплава с эффектом памяти формы, и может быть применено в качестве защитного барьера для изделий из никелида титана медицинского назначения.

Исследования проведены в рамках гранта МОН РК № AP08052572.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Алексеевский С.А., Василевич С.В., Комлев А.Е. Влияние имплантатов с отрицательным электретным покрытием Ta₂O₅ на процессы репаративного тендогенеза в эксперименте и первый опыт их клинического применения // Воен.-мед. журн. 2009. Т. 330, вып. 4. С. 70–72.
- [2] Roy M., Balla V.K., Bandyopadhyay A., Bose S. MgO-Doped Tantalum Coating on Ti: Microstructural Study and Biocompatibility Evaluation // ACS Applied Materials and Interfaces. 2012. Vol. 4, N 2. P. 577–580.
- [3] Ghyngazov, S., Poltavtseva, V., Larionov, A., Satpaev, D. Features of changes in the structure and properties of titanium nickelide irradiated with MeV xenon ions // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 2020, 464, стр. 23–27
- [4] Zhang Y.S., Wei Q.M., Niu H.Z., Li Y.S., Chen C., Yu Z.T., Bai X.F., Zhang P.X. Formation of nanocrystalline structure in tantalum by sliding friction treatment // Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials, 2014. - Vol. 45. - P. 71–75.
- [5] Zhang Y.S., Zhang X.M., Wang G., Bai X.F., Tan P., Li Z.K., Yu Z.T. High strength bulk tantalum with novel gradient structure within a particle fabricated by spark plasma sintering // Materials Science and Engineering A, 2011. - Vol. 528. - P. 8332– 8336.
- [6] Silva R.A., Silva I.P., Rondot B. Effect of surface treatments on anodic oxide film growth and electrochemical properties of tantalum used for biomedical applications // Journal of Biomaterials Applications, 2006. - Vol. 21. Issue 1. - P. 93-103.
- [7] Zhou Y.M., Xie Z., Xiao H.N., Hu P.F., He J. Effects of deposition parameters on tantalum films deposited by direct current magnetron sputtering // Vacuum, 2009. - Vol. 83. - P. 286–291.
- [8] Bernoulli D., Müller U., Schwarzenberger M., Hauert R., Spolenak R. Magnetron sputter deposited tantalum and tantalum nitride thin films: An analysis of phase, hardness and composition // Thin Solid Films, 2013. - Vol. 548. - P. 157–161.
- [9] Navid A.A., Hodge A.M. Nanostructured alpha and beta tantalum formation—Relationship between plasma parameters and microstructure // Materials Science and Engineering A, 2012. - Vol. 536. - P. 49– 56.
- [10] Navid A.A., Hodge A.M. Controllable residual stresses in sputtered nanostructured alpha-tantalum // Scripta Materialia, 2010. - Vol. 63. - P. 867–870.

REFERENCES

- [1] Alekseyevskiy S.A. et al. *Voen.-med. zhurn.* 330(4). p. 70–72.
- [2] Roy M., et al. 'MgO-Doped Tantalum Coating on Ti: Microstructural Study and Biocompatibility Evaluation', *ACS Applied Materials and Interfaces*, 4(2), p. 577–580.
- [3] Ghyngazov S. et al. 'Features of changes in the structure and properties of titanium nickelide irradiated with MeV xenon ions', *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 2020, 464, p. 23–27
- [4] Zhang Y.S. et al. 'Formation of nanocrystalline structure in tantalum by sliding friction treatment', *Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, Vol. 45, p. 71–75.
- [5] Zhang Y.S. et al. 'High strength bulk tantalum with novel gradient structure within a particle fabricated by spark plasma sintering', *Materials Science and Engineering A*, Vol. 528, p. 8332– 8336.

[6] Silva R.A., Silva I.P. and Rondot B. 'Effect of surface treatments on anodic oxide film growth and electrochemical properties of tantalum used for biomedical applications', Journal of Biomaterials Applications, 21(1), p. 93-103.

[7] Zhou Y.M. et al 'Effects of deposition parameters on tantalum films deposited by direct current magnetron sputtering', Vacuum, Vol. 83, p. 286–291.

[8] Bernoulli D. et al 'Magnetron sputter deposited tantalum and tantalum nitride thin films: An analysis of phase, hardness and composition', Thin Solid Films, Vol. 548, p. 157–161.

[9] Navid and Hodge 'Nanostructured alpha and beta tantalum formation—Relationship between plasma parameters and microstructure', Materials Science and Engineering A, Vol. 536, p. 49– 56.

[10] Navid and Hodge 'Controllable residual stresses in sputtered nanostructured alpha-tantalum', Scripta Materialia, Vol. 63, p. 867–870.

A.S. Dikov*, A.S. Larionov, E.A. Zhakanbayev, L.A. Dikova,

A. Zh. Sansyzbayeva, S.O. Akaev

Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: dikov@inp.kz

STRUCTURAL AND PHASE STATES OF TANTALUM COATINGS ON A TITANIUM NICKELIDE SUBSTRATE UNDER MAGNETIC DEPOSITION

Abstract This work presents the results of studies of the structural-phase state of tantalum coatings obtained by magnetron deposition on substrates of titanium nickelide in the austenite-martensitic state. The temperature of the titanium nickelide substrates during the deposition of the coating did not exceed 100 ° C. The structural-phase state of the tantalum coatings was determined by X-ray diffraction at different stages of formation. It is shown that at the initial stage of deposition, two-phase coatings (α - and β -Ta) are formed. The synthesis of a Ta coating leads to an increase in the interplanar distance of the B2 austenite phase in the crystallographic direction (100). This is caused by the formation of microstresses upon interaction with incident Ta ions. The lattice parameters of the B19 'phase do not change during the deposition of a tantalum coating.

Keywords: Titanium nickelide, protective coatings, tantalum, shape memory effect, magnetron deposition

А.С. Диков*, А.С. Ларионов, Е.А. Жаканбаев, Л.А. Дикова,

А.Ж. Сансызбаева, С.О. Акаев

Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан

*e-mail: dikov@inp.kz

МАГНЕТРОНДЫ ТҰНДЫРУ КЕЗІНДЕГІ ТИТАН НИКЕЛИДІНІҢ ТӨСЕНІШІНДЕГІ ТАНАЛ ЖАБЫНЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ-ФАЗАЛЫҚ КҮЙЛЕРІ

Аңдатпа Мақалада пішінді есте сақтау әсері бар материал - титан никелидінің төсенішінде магнетронды тұндыру арқылы алынған тантал жабындарының құрылымдық-фазалық күйінің зерттеу нәтижелері берілген. Титан никелид төсеніш жабынының тұндыру кезіндегі температурасы 100 ° C - тан аспады. Тантал жабындарының құрылымдық-фазалық күйі, оның пайда болуының әр түрлі кезеңдерінде рентгендік дифракциямен анықталды. Тұндырудың бастапқы кезеңінде екі фазалы жабындар (α - және β -Ta) түзілетіні көрсетілген. Та жабынының синтезі кристаллографиялық бағытта B2 аустенитті фазасының жазықаралық қашықтығының ұлғаюына әкеледі (100), бұл ұшып келетін Та иондарымен әрекеттескенде микрокернеудің пайда болуынан туындайды. Пішіндік есте сақтау әсерінің көрінуіне жауап беретін B19 'фазасының тор параметрлері тантал жабынының тұнуы кезінде өзгермейді.

Негізгі сөздер: Титан никелиді, қорғаныс жабындары, тантал, пішінді есте сақтау әсері, магнетронды тұндыру

¹А. Асхатулы, ²Д.Едилхан*, ¹Д. Бердышева

¹Казахский Национальный Университет им. ал-Фараби, Алматы, Казахстан

²Астана IT-университет, Нур-Султан, Казахстан

*e-mail: yedilkhan@gmail.com

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация. В современном мире существует глобальный дефицит специалистов в области кибербезопасности. Необходимость обучать и передавать экспертные знания о предмете стала настоящим вызовом для индустрии. Продукты традиционного и нетрадиционного образования на сегодняшний день не могут удовлетворить глобальный спрос на квалифицированных специалистов в сфере кибербезопасности, и данный тренд вряд ли измениться в ближайшие годы. Предприятия продолжают сталкиваться с большим количеством кибер-преступлений разного масштаба и вектора: фишинговые, сетевые, вредоносное ПО, отказ в обслуживании (DoS) и программы-вымогатели (ransomware). Многовекторные кибератаки приводят к ошеломляющему материальному и репутационному урону. Сообщество ИБ в постоянном поиске новых подходов к противостоянию непрерывным атакам злоумышленников. Тем временем, количество кибератак с каждым днем растет и становятся все более изощренными.

В эпоху больших данных и острой нехватки специалистов кибербезопасности, машинное обучение (МО) имеет все предпосылки стать эффективным решением. Целью данной статьи является анализ актуальных проблем в построении системы управления информационной безопасностью (ИБ) и обсуждение примеров использования МО в процессах ИБ. В статье также отображены существующие проблемы и будущие направления развития МО в кибербезопасности.

Ключевые слова: машинное обучение, система информационной безопасности, безопасность сети, безопасность приложений, реагирование на события информационной безопасности.

Введение. Артур Самуэль в 1959 году ввел термин “машинное обучение” как способ обучения, дающий возможность компьютерам учиться без явного программирования [1]. Существует четыре широких категорий задач, решаемых с помощью алгоритмов МО: кластеризация, классификация, регрессия и извлечение правил [2]. Задача кластеризации состоит в том, чтобы сгруппировать схожие по определенным характеристикам данные, при этом увеличивая разрыв между группами. Задачей классификации и регрессии является получение категориального ответа или прогноза на основе входных данных. Задачи извлечения правил по своей сути различны, и их цель состоит в идентификации статистических связей в данных.

Алгоритмы МО могут отличаться в используемых подходах (например, дерево решений, метод опорных векторов, глубокое обучение, нейронные сети и алгоритмы продвинутой кластеризации), но предлагают уникальный способ анализа больших данных, где следующее эволюционное поколение алгоритмов обеспечивают более оптимальные решения [3].

Эффект бурного развития МО повлиял на ряд отраслей с интенсивным использованием данных, в том числе и на кибербезопасность. С помощью МО можно обрабатывать и анализировать большие объемы данных, генерируемые устройствами ИБ, совершенно новыми способами [3].

Автоматическое реагирование на события ИБ

На сегодняшний день устройства ИБ работают на основе сигнатурного мониторинга аномального поведения [4]. Сетевые устройства, как брандмауэры, системы защиты от вторжений и обнаружения вторжений, системы защиты пользовательских машин (антивирус, хост брандмауэр) генерируют сообщения о потенциальных злонамеренных действиях. Упомянутые технологии имеют одно ключевое ограничение: новые, неопознанные атаки не могут быть обнаружены, так как их сигнатура еще не хранится в локальной базе [4]. Своевременная локализация инцидента считается критичной задачей в этой ситуации. Для этого предприятия должны развивать адаптивный подход реагирования на новые атаки и в то же время продолжать эффективно справляться с известными атаками [5]. Новые стратегии управления событиями ИБ должны быть ориентированы на непрерывную обучаемость [5].

Современным операционным центрам безопасности (ОЦБ) и сетевым операционным центрам (СОЦ) необходимо изучить контекст атаки, чтобы реагировать на обнаруженные события. Аналитики кибербезопасности занимаются сбором информации о событиях криминалистической атаки из таких ресурсов, как packet capture, netflow и журналы устройств. Для автоматизации процессов управления событиями ИБ требуется наличие контекстуально и семантически богатой информации об инциденте [5]. В большинстве случаев аналитикам ОБЦ и СОЦ приходится сопоставлять и исследовать данные о событии вручную, которые в то же время хранятся на разных устройствах и могут предоставлять разрозненную информацию [6]. Решением проблемы должно быть использование единого репозитория, куда будут стекаться все данные ИБ, что облегчит их применение для обучения [6].

Существует ряд подходов управления событиями ИБ, которые позволяют адаптивное обучение. Анализ категориальных мер подобия, основанный на числовой таксономии, является одним из таких примеров [7]. Исследования показали, что с помощью числового и категориального анализа проблемы могут быть сгруппированы путем определения категориальных элементов, их признаков или атрибутов [7]. Кроме того, атрибуты могут быть измерены для определения релевантности признаков. Однако большинство проблем решаемых этим подходом являются бинарными по своей природе и их крайне сложно применить к событиям ИБ [7].

Авторы статьи [8] предлагают подход для анализа разнородных событий с помощью дистанционных функций, которые группируют события на основе категориальных и непрерывных атрибутов [8]. Данный подход обеспечивает контролируемый метод обучения классов информации, где каждый класс имеет набор категориальных и непрерывных атрибутов, которые можно оценить с помощью дистанционного обучения метрикам [8]. Предложенный подход очень хорошо работает для небольших и ограниченных наборов данных, но процесс управления событиями ИБ оперирует с большим количеством данных [8].

Модели нейронной сети были применены для своевременного реагирования на события ИБ, оповещения экспертов и генерации отчетов на основе критичности события и показали высокий уровень точности (90%) [9]. Для разработки модели нейронной сети в исследовании использовался фреймворк TensorFlow. В ходе тестирования модель определила и произвела реагирование на более 9 млн событий ИБ. Время, потраченное на анализ, сократилось на 78%. Вместо запланированных 2000 часов ручной работы, аналитики потратили бы 455 часов.

Машинное обучение в сетевой безопасности

Сетевая безопасность является краеугольным камнем в построении системы защиты ИБ. Проблемы сетевой безопасности могут быть сформулированы как задачи машинного обучения. К примеру, задача классификации может быть сформулирована как предсказание типа атаки безопасности: отказ в обслуживании, пользователь к корню (U2R), корень к локальной (R2L) или зондирование сети. Задачи регрессионного анализа могут быть сформулированы как предсказание сбоя в системе.

Алгоритмы МО в сфере сетевой безопасности базируются на подходе указанном в рисунке 1. К этапу сбора данных относится непосредственно сбор, создание и / или

определение набора данных и интересующих классов. Следом идет конструирование признаков для уменьшения размерности данных, что помогает снизить вычислительные затраты и повысить точность. Наконец, методы МО тщательно анализируют сложные взаимосвязи в данных и обучают модель.

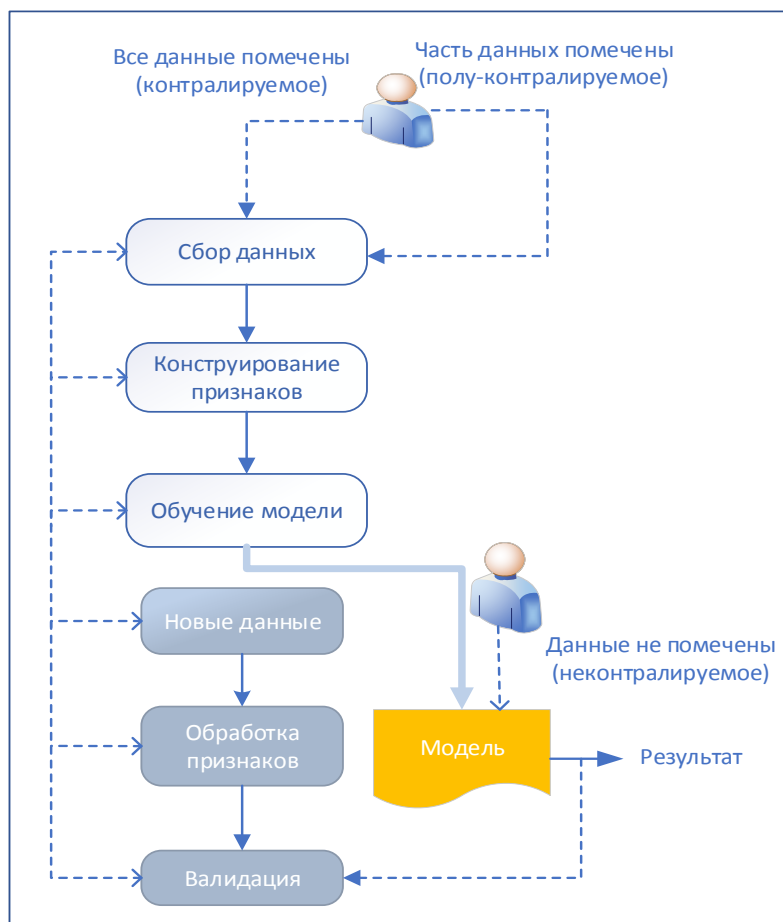


Рисунок 1. Основные составляющие общего подхода построения алгоритмов МО

Классификация трафика

Традиционно интернет трафик классифицируется по номеру порта, полезной нагрузке и конечной машине (host based). По причине использования динамического согласования портов, туннелирования и подмены номеров портов для общеизвестных приложений, классификация по номеру порта считается ненадежным и устаревшим методом [10].

В свою очередь, классификация, основанная на полезной нагрузке, имеет широкое применение, хотя и требует значительных вычислительных ресурсов в работе с зашифрованными данными. Контролируемые (supervised) и неконтролируемые (unsupervised) типы МО успешно применяется для классификации трафика с высокой точностью.

Как правило, на практике для классификации трафика используется незашифрованная полезная нагрузка, но этот подход не работает для каналов с высокой скоростью передачи данных. Долгоживущий UDP трафик классифицируется контролируемым обучением, где полезная нагрузка проверяется случайным образом в окне наблюдения [11]. Все же данный способ не пользуется популярностью, так как чувствителен к размеру окна наблюдения. Классификация трафика на основе хоста тоже очень чувствительна к асимметрии маршрутизации.

В отличие от вышеупомянутых подходов, в методе классификации трафика на основе потока данных проверяется полный сеанс связи, который включает в себя все

последовательные однонаправленные пакеты в сети. Это наиболее широко изученный метод классификации трафика, использующий как контролируемые, так и неконтролируемые виды обучения. В контролируемом обучении чтобы достичь высокую точности используются алгоритмы МО, такие как оценка ядра (kernel estimation), нейронные сети (neural networks) и метод опорных векторов (SVM).

Зачастую невозможно получить полные данные обо всех сетевых приложениях. Следовательно, нецелесообразно ожидать, что все необходимые данные для классификации сетевого трафика будут доступны. Поэтому методы неконтролируемого обучения, где основным признаком является данные о потоке, были широко изучены с практической точки зрения.

Контролируемые методы обучения обеспечивают высокую точность классификации трафика, в то время как неконтролируемое обучение является более надежным способом. Симбиоз применения 2-х подходов классификаций сетевого трафика показали отличные результаты [13]. Контролируемое обучение может быть легко адаптировано для трафика нулевого дня. Модель легко переобучается для повышения точности в работе с данными, полученными из ранее неизвестных приложений. Последние достижения в области сетевых технологий расширяют возможности классификации трафика путем идентификации приложений и категорий QoS (Quality of Service) на основе SDN (Software Defined Networking) и NFV (Network Function Virtualisation). Несмотря на то, что некоторые предварительные работы в этой области достигли высокой точности, все еще необходимо провести более тщательное изучение их устойчивости, временной и пространственной стабильности и вычислительных затрат. Также крайне важно оценить пригодность этих технологий для классификации трафика чувствительных ко времени.

Управление неисправностями

Управление неисправностями включает в себя обнаружение, изоляцию и исправление аномального состояния сети. Для этого необходимо иметь полное представление о сети, подключенных к ней устройствах и приложениях. Последние достижения в области виртуализации делают сегодняшнюю сеть масштабным по размеру, сложности и высокой динамичности. Таким образом, устранение неисправностей становится все более сложной задачей в современных сетевых технологиях. Большинство подходов МО применяющиеся в управлении сетевыми сбоями используют разные методы контролируемого обучения. Процесс прогнозирования, обнаружения и локализации неисправностей в сети посредством контролируемого обучения сильно зависит от наличия обучающих данных. Дефицит данных о сбоях сети является общей проблемой в данном контексте [14].

В тестовой или моделируемой сети доступны как данные о работе сети в штатном режиме, так и данные о сбоях, тогда как в производственной сети данные о сбоях встречаются редко. Искусственная инъекция ошибок в сеть способствует получению необходимых данных [15], но внедрение ошибок в производственную сеть только для получения обучающих данных является неоправданно рискованным вариантом. Более того, синтезированные данные, сгенерированные в тестовой или моделируемой сети, могут не полностью отображать поведение производственной сети. Такие ограничения увеличивают вероятность того, что методы ML будут плохо обучены в незнакомой сети. В качестве решения вместо помеченных данных о сбоях, можно использовать неконтролируемое обучение, основанное на обнаружении изменений состояния сети. Однако неконтролируемое обучение требует больше времени для схождения (converge), чем контролируемые подходы, потенциально пропуская любой сбой, возникающий до схождения. Таким образом, потенциальное направление будущих исследований заключаться в изучении комбинации контролируемого/неконтролируемого обучения и обучения с подкреплением (Reinforcement Learning) для устранения неисправностей сети.

Безопасность приложения и машинное обучение

Веб-серверы и веб-приложения широко используются в различных предприятиях и подвергаются многочисленным атакам. Разработчикам веб-приложений необходимо создавать системы устойчивыми к известным атакам. При реализации успешной атаки крайне важно вовремя обнаружить и локализовать последствия. Данные о кибератаке в последствии будут использоваться для реагирования на инцидент, ограничения ущерба, судебного преследования и предотвращения будущих атак.

Обнаружение вторжения является одним из основных методов, предназначенных для выявления и предотвращения вредоносных действий в системе [16]. Этот метод имеет два основных класса: обнаружение злонамеренных действий и обнаружение аномалий. Обнаружение злонамеренных действий идентифицирует атаки на веб-приложения путем сравнения текущей активности с ожидаемыми действиями злоумышленника, обычно с использованием алгоритмов сопоставления. Напротив, подход обнаружения аномалий изучает поведение пользователя, будь то клиент или сервер, и определяет, является ли поведение нормальным или аномальным, часто с использованием методов машинного обучения.

Ряд исследований продемонстрировали усовершенствованный метод обнаружения вторжений с помощью машинного обучения. Например, в статье [17] были представлены различные алгоритмы машинного обучения такие как (random forest), логистическая регрессия (logistics regression), дерево решений (decision trees), AdaBoost и стохастический градиентный спуск (stochastics gradient descent), которые используются для построения систем обнаружения вторжений. Авторы создали экспериментальную среду для сравнения производительности некоторых методов машинного обучения, работающих на наборе данных HTTP CSIC 2010 [18], который содержит сгенерированный веб трафик в электронной коммерции. Результаты исследования показали, что логистическая регрессия является оптимальным методом обучения среди всех исследованных методов, показав приемлемую производительность и высочайшую точность.

Заключение. В статье были рассмотрены примеры использования алгоритмов МО в решении задач ИБ, таких как реагирование на событие ИБ, обеспечение сетевой безопасности и безопасности приложения. Было выявлено, что оба типа обучения модели (контролируемое и неконтролируемое) использовались в исследованиях и проявили свои сильные и слабые характеристики. Идеальным решением во многих случаях является применение комбинации из этих подходов. Результаты исследований показывают, что основной проблемой прикладного применения МО в процессах ИБ является нехватка данных для обучения моделей. В будущем авторы данной статьи планируют обучить математическую модель и применить ее в целях решения общеизвестной проблемы в построении защиты систем ИБ.

REFERENCES

- [1] Puget JF. What is machine learning? (IT best kept secret is optimization). 2016. https://www.ibm.com/developerworks/community/What_Is_Machine_Learning.
- [2] Brownlee J. Practical Machine Learning Problems. 2013. <https://machinelearningmastery.com/practical-machine-learning-problems/>
- [3] Ahn CW, Ramakrishna RS. Qos provisioning dynamic connection-admission control for multimedia wireless networks using a hopfield neural network. IEEE Trans Veh Technol. 2004;53(1):106–117
- [4] W. Lynn, "Defending a new domain: the Pentagon's cyberstrategy." Foreign Affairs 89, no. 5 (2010): 97-108.
- [5] K. Thakur, S. Kopecky, M. Nuseir, et al. "An analysis of information security event managers." In Cyber Security and Cloud Computing (CSCloud), 2016 IEEE
- [6] Bayer, Ulrich, Paolo Milani Comparetti, Clemens Hlauschek, Christopher Kruegel, and Engin Kirda. "Scalable, Behavior-Based Malware Clustering." In NDSS, vol. 9, pp. 8-11. 2009.
- [7] T. Bhavani, M. Kantarcioglu, K. Hamlen, et al. "A Data Driven Approach for the Science of Cyber Security: Challenges and Directions." In Information Reuse and Integration (IRI), 2016 IEEE 17th International Conference on, pp. 1-10. IEEE, 2016

- [8] M. Huang, W. Lin, C. Chen, et al. "Data preprocessing issues for incomplete medical datasets." *Expert Systems* 33, no. 5 (2016): 432-438.
- [9] J. Fraley, J. Cannady. *The Promise of Machine Learning in Cybersecurity*.), SouthestCon, IEEE, 2016
- [10] Bernaille L, Teixeira R. Implementation issues of early application identification. *Lect Notes Compu Sci.* 2007;4866:156.
- [11] Finamore A, Mellia M, Meo M, Rossi D. Kiss: Stochastic packet inspection classifier for udp traffic. *IEEE/ACM Trans Netw.* 2010;18(5):1505–15.
- [12] Wang R, Liu Y, Yang Y, Zhou X. Solving the app-level classification problem of p2p traffic via optimized support vector machines. In: *Intelligent Systems Design and Applications, 2006. ISDA'06. Sixth International Conference on*, IEEE, vol 2; 2006. p. 534–9.
- [13] Erman J, Mahanti A, Arlitt M, Cohen I, Williamson C. Offline/realtime traffic classification using semi-supervised learning. *Perform Eval.* 2007a;64(9):1194–213.
- [14] Alpaydin E. *Introduction to Machine Learning*, 3rd ed. Cambridge: MIT Press; 2014.
- [15] Lu X, Wang H, Zhou R, Ge B. Using hessian locally linear embedding for autonomic failure prediction. In: *Nature & Biologically Inspired, Computing, 2009. NaBIC 2009. World Congress on*. IEEE; 2009. p. 772–6.
- [16] Khan, Javed Akhtar, and Nitesh Jain. "A Survey on Intrusion Detection Systems and Classification Techniques." *IJSRSET* 2.5 (2016): 202-208
- [17] Pham, T.S., Hoang, T.H. and Vu., V.C. "Machine learning techniques for web intrusion detection—A comparison." *Eighth International Conference on Knowledge and Systems Engineering (KSE)*,. IEEE, 2016.
- [18] Giménez, C.T., Villegas, A.P., and Marañón, G.A., —HTTP Dataset CSIC 2010, CSIC (Spanish Research National Council), 2012, <http://www.isi.csic.es/dataset/>

¹А. Асхатулы, ²Д. Еділхан*, ¹Д. Бердышева

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

²Астана IT-университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

*e-mail: yedilkhan@gmail.com

МАШИНЫЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІНІҢ АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК САЛАСЫНДАҒЫ ҚОЛДАНЫСЫ

Андатпа. Бүгінгі таңда әлемде ақпараттық қауіпсіздік (АҚ) саласындағы мамандардың тапшылығы байқалуда. Киберқауіпсіздік мамандарын дайындау қоғам үшін нағыз сынаққа айналды. Алайда дәстүрлі және дәстүрлі емес білім беру әдістері білікті мамандарға деген сұранысты қанағаттандыра алмауда, бұл үрдіс жақын арада өзгеруі екіталай. Кибершабуылдардың саны күннен күнге артып, ауқымы мен шабуыл векторы сан түрлі болып келуде: фишинг, желіге шабуыл, зиянды бағдарламалар, DoS, ransomware бағдарламалары, т.б. Жан-жақты кибершабуылдар мекемелерге қаржылай және беделдік нұқсан келтіруін жалғастыруда. Ақпараттық қауіпсіздік қауымдастығы осындай шабуылдарға қарсы тұрудың жаңа тәсілдерін іздеуде, ал кибершабуылдардың саны мен күрделілігі күн сайын артып келе жатыр.

Кең ауқымды ақпараттың пайда болуы және киберқауіпсіздік саласындағы мамандардың тапшылығы дәуірінде, машиналық оқыту (МО) әдістері осы саладағы тиімді шешімдердің біріне айналуына мүдделі. Мақаланың мақсаты АҚ басқару жүйесіндегі қиыншылықтарды талдау және МО әдістерінің АҚ процестерінде қолданылуын сипаттау. Мақалада сондай-ақ МО АҚ саласында қолданудың бүгінгі таңдағы қиыншылықтары мен болашақ бағыттары көрсетілген.

Негізгі сөздер: машиналық оқыту, ақпараттық қауіпсіздік жүйесі, желінің қауіпсіздігі, бағдарламалық жасақтамалардың қауіпсіздігі, қауіпсіздік оқиғаларына әрекет ету.

¹A. Askhatuly, ²D. Yedilkhan*, ¹D. Berdysheva

¹al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Astana IT-University, Nur-Sultan, Kazakhstan

e-mail: yedilkhan@gmail.com

USE OF MACHINE LEARNING IN INFORMATION SECURITY

Abstract. Global shortage of cybersecurity experts is becoming emerging trend in Information Security (IS) domain. Traditional and non-traditional education approaches are not able to supply global demand for cybersecurity talents, and this trend is unlikely to change in the coming years. Companies are experiencing a huge number of cyber-attacks of various scale and vector: phishing, network attacks, malware, denial of service (DoS) and ransomware. The effect of multi vector cyber-attacks could result in tremendous financial and reputational damage for the companies. Information security community is constantly looking for new approaches to combat with ever-growing number of cyber-attacks.

In an era of big data and a shortage of cybersecurity talents, machine learning (ML) has all the prerequisites to become one of the most efficient solutions in this field. The purpose of this article is to analyze current issues of IS management system and discuss practical use of ML in several IS processes. The article also discusses current challenges and future developments of ML in cybersecurity.

Keywords: machine learning, information security system, network security, application security, response to information security events.

А.К. Хасенов*

ТОО «Energy Partner»

*e-mail: khak@kazep.kz

ПЕРСПЕКТИВА ПЕРЕВОДА АЛМАТИНСКИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ПРИРОДНЫЙ ГАЗ

Аннотация. В статье представлен широкий анализ ситуации с загрязнением воздуха и влиянием тепловых станций на окружающую среду. Представлена структура потребления топливных ресурсов, а также анализ основных источников электрической и тепловой энергии в рамках исследования проблемы. Показаны основные источники генерации парниковых газов, к которым относятся энергетика и автомобильный транспорт. В заключении приведен анализ ситуации при замене Алматинских ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 на природный газ.

Показано, что наиболее целесообразно строительство тепловых электростанций, работающих на газе с современным комбинированным парогазовым циклом, который обеспечит производство электроэнергии с КПД более 50 % и обеспечит коэффициент использования топлива в комбинированном производстве тепла и электроэнергии 80 – 85 %. В статье также рассмотрен вопрос модернизации ТОО «АТКЭ», после которой крупные котельные могли бы вырабатывать электроэнергию на базе теплового потребления, при том, что они сжигают природный газ только на нужды теплоснабжения

Ключевые слова: окружающая среда, ТЭЦ, загрязнение, парниковые газы, парогазовые циклы.

Введение. В Алматы высокий уровень загрязнения воздуха, и энергетический комплекс в этом играет не последнюю роль [1, 2]. С расширением границ города в 2014 году ТЭЦ-2 перешла в разряд основных стационарных городских источников выбросов (68 % от общих выбросов стационарных источников). Вопросы экологии для города на сегодняшний день стоят как никогда остро и требуют срочного решения и поиск путей существенного снижения выбросов ТЭЦ-2 является актуальной задачей, так как ТЭЦ-2 является основным энергоисточником города, работая в централизованной системе теплоснабжения совместно с ТЭЦ-1 и ЗТК.

Несмотря на то, что ТЭЦ-3 находится за городом, оно также оказывает влияние на экологическое состояние региона, поэтому необходим поиск решений, который позволил бы существенно уменьшить влияние ТЭЦ-3 на окружающую среду, при этом необходимо учитывать важное значение станции для надежного снабжения региона электрической и тепловой энергиями.

Одним из направлений решения экологических проблем региона является перевод ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 на газ.

Понятно, что перспектива дальнейшего роста мегаполиса, его устойчивости и привлекательности во многом связаны с решением экологических проблем, однако в противовес этому всегда стоит вопрос цены комфортной жизни, решит ли перевод ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 на газ экологические проблемы города, сколько же будет стоить кВт*ч электрической энергии и Гкал тепла для жителей г. Алматы и его пригорода?

Цель данной работы - выяснить, что изменится в работе электростанций, сжигающих Экибастузский уголь, при переводе их на природный газ, выяснить есть ли альтернатива природному газу и будут ли решены экологические проблемы города.

Все данные и значения, представленные в данной работе взяты из открытых источников: публичных отчетов и тарифных смет, размещенных на сайтах компаний и организаций. Также в работе использованы ссылки на публикации, в которых также рассматривались вопросы, связанные с темой настоящей работы.

Для начала попробуем разобраться, кто же обеспечивает город Алматы и его ближайшие

регионы электрической энергией и теплом и в каком объеме, на каком топливе работают энергоисточники г. Алматы.

Основные источники электроэнергии и тепла

Поставщиком электроэнергии является АО «АлматыЭнергоСбыт», которое в свою очередь приобретает электроэнергию у местных электростанций АО «Алматинские электрические станции» (производственные департаменты АО «АлЭС»: ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3, Капшагайская ГЭС и Каскад ГЭС, которые обеспечивают 58 % общей потребности в электроэнергии); транспортируемую по системным линиям электропередачи АО «KEGOC» от АО «Мойнакская ГЭС» – 4 % и от ТОО «Экибастузская ГРЭС-1» в объеме 38 %. Объемы поставки электроэнергии за 2020 год от поставщиков показаны на рисунке 1.

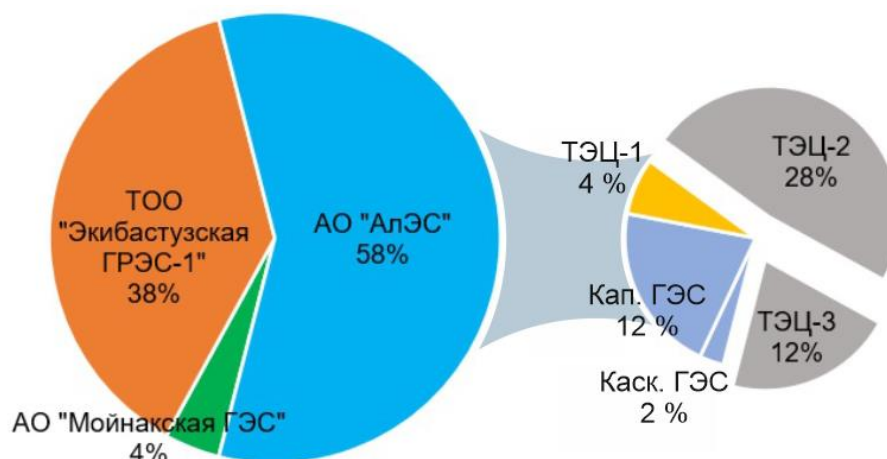


Рисунок 1. Распределение поставки ЭЭ от поставщиков и производителей

Поставщиком тепловой энергии (далее – ТЭ) является ТОО «Алматинские тепловые сети», которое приобретает ТЭ у ТОО «АТКЭ» – 28 % и АО «АлЭС» – 72 %. Объемы поставки за 2020 год от поставщиков тепловой энергии показаны на рисунке 2.

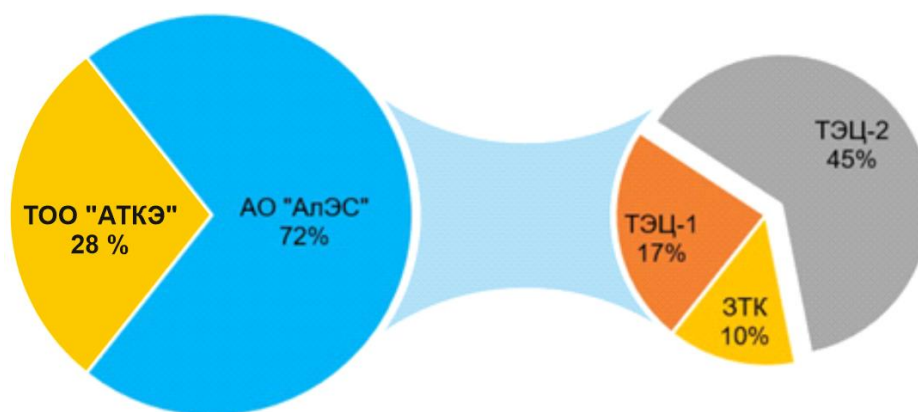


Рисунок 2. Распределение поставки ТЭ от поставщиков и производителей

Из представленных диаграмм видно, что объемы поставки электрической и тепловой энергии от регионального поставщика АО «АлЭС» составляют больше половины всего объема потребления. Внутри же самой компании основной объем производства ЭЭ приходится на производственные подразделения ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3, т.е. без работы этих тепловых электростанций обеспечить достаточным количеством электрической и тепловой энергии город Алматы и его пригороды будет невозможно. Выполнить поставку ЭЭ в данный

регион от других электростанций извне нельзя по причине ограниченной пропускной способности линий электропередач АО «KEGOC».

Следует сказать, что ТЭЦ-1 и ЗТК в качестве основного топлива используют природный газ, а в качестве резервного топлива сжигают мазут, ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 работают на Экибастузском угле и в качестве растопочного топлива используют мазут (годовое потребление менее 1 % от общего потребления топлива). Котельные ТОО «АТКЭ» на 99 % работают на природном газе и в качестве резервного топлива также используют мазут.

Второй немаловажный вопрос. Какие основные источники загрязнения атмосферного воздуха существуют в городе Алматы и какие источники выбросов парниковых газов являются основными?

Основные источники выбросов парниковых газов в г. Алматы

Объемы образующихся парниковых газов в тоннах CO_2 эквивалента по потребляемым энергоресурсам в городе Алматы, не включая Алматинскую область представлены в таблице 1 [3]. Расчеты проведены только для выбросов CO_2 , т.к. данный расчет наиболее прост и не зависит от типа установок, где происходит сжигание энергоресурса (печного или моторного топлива). Расчет по другим компонентам парниковых газов не представляется возможным в виду отсутствия достоверных данных, при том, что их доля незначительна и составляет менее 3 % от общего объема.

Таблица 1. Топливо-энергетический баланс г. Алматы за 2019 год

Топливо-энергетический ресурс	Ед. изм.	Потребление на внутреннем рынке	Выбросы tCO_2 , тонн	Доля, %
Уголь каменный, включая лигнит	тонн	2 422 200,00	4 240 999,15	47,21
Моторный бензин	тонн	680 300,00	2 111 553,16	23,51
Газ природный	тыс. м^3	656 800,00	1 260 888,32	14,04
Газойли	тонн	277 900,00	876 638,42	9,76
Битум нефтяной и сланцевый	тонн	73 500,00	238 503,13	2,66
Пропан и бутан сжиженный	тонн	60 200,00	179 781,07	2,00
Керосин	тонн	15 300,00	49 250,04	0,55
Мазут топочный	тонн	7 600,00	23 919,23	0,27
Топливо печное бытовое	тонн	300,00	950,31	0,01
Общая сумма		—	8 982 482,84	100,00

В таблице 1 не учтено потребление угля и дров на нужды отопления частных домостроений (0,16 %) из-за отсутствия данных. Следует сказать, что приземные продукты сгорания, которые образуются при сжигании моторного бензина, газойлей, битума нефтяного, пропана и бутана сжиженного, топлива печного бытового составляют 3 407 426,10 tCO_2 в год или 37,93 %.

Доля ТЭЦ-2 в общем объеме выбросов CO_2 в г. Алматы составляет 44,0 %. В целом доля АО «АлЭС» (за вычетом ТЭЦ-3, которая относится к Алматинской области) составляет 50,4 % от всего объема выбросов CO_2 в г. Алматы. Также одним из крупных источников выбросов парниковых газов является транспорт (сжигающий моторный бензин и газойли) с долей 33,2 %. В целом в приземном слое за счет сжигания топливо-энергетических ресурсов, непосредственно на поверхности земли или на небольшой высоте, выбрасывается до 38 % от общих выбросов по г. Алматы.

Здесь необходимо сделать уточнение о разнице между основными источниками выбросов, а именно, между электростанциями и транспортом.

Электростанции, сжигая топливо выбрасывают продукты сгорания через дымовую трубу, высота которой более 100 метров от поверхности земли и основное назначение которой состоит в рассеивании выбросов (зола, оксидов серы, азота и других вредных примесей) на

большой площади с тем расчетом, чтобы концентрации их у поверхности земли были меньше допустимых. Основным фактором, определяющим высоту дымовых труб, является содержание оксидов серы и азота в дымовых газах.

Транспорт в процессе сжигания топлива осуществляет выбросы непосредственно на поверхности земли в зоне области дыхания людей и в безветренной обстановке тяжелые выхлопные газы и продукты сгорания застилают приземную территорию и порой становятся видны невооруженным глазом.

Примерный состав выхлопных газов в зависимости от типа двигателя представлен в таблице 2 [4].

Таблица 2. Состав выхлопных газов автомобильного транспорта

Компонент	Объемная доля в двигателе, %		Токсичность
	бензиновом	дизельном	
Азот, N_2	74 – 77	76 – 78	Нетоксичен
Кислород, O_2	0,3 – 8	2 – 18	Нетоксичен
Водород, H_2	0 – 5,0	–	Нетоксичен
Водяной пар, H_2O	3 – 5,5	0,5 – 4	Нетоксичен
Диоксид углерода, CO_2	5 – 12	1 – 10	Нетоксичен
Оксид углерода (CO – угарный газ)	0,5 – 12	0,01 – 5	Токсичен
Углеводороды C_xH_y	0,2 – 3	0,009 – 0,5	Токсичны
Альдегиды	0 – 2	0,001 – 0,009	Токсичны
Диоксид серы, SO_2	0 – 0,002	0 – 0,03	Токсичен
Сажа, $г/м^3$	0 – 0,04	0,1 – 1,1	Канцерогены
Бензапирен, $г/м^3$	0,01 – 0,02	0 – 0,01	Канцерогены

Большая часть топливно-энергетических ресурсов (далее – ТЭР) расходуется на создание комфортных условий в осенне-зимний период на нужды отопления, исходя из чего, распределение потребления ТЭР в течение года имеет неравномерный характер: максимальное потребление в холодный период и минимальное в теплое время года. Оценочный вид потребления основных видов ТЭР представлен на рисунке 3.

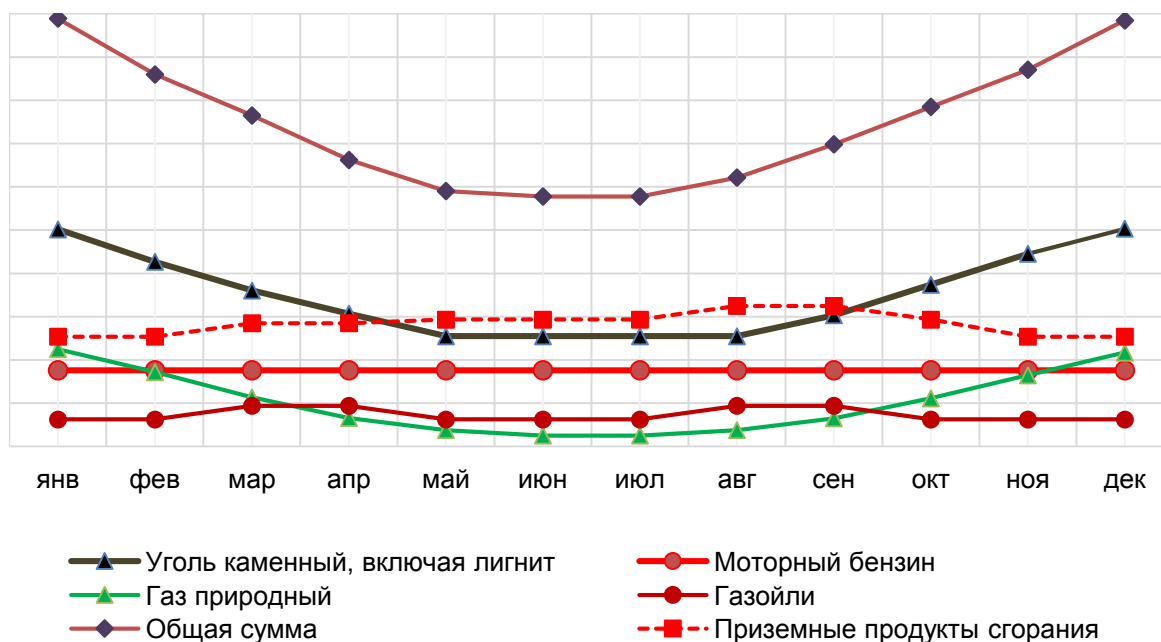


Рисунок 3. Распределение образования выбросов CO_2 в г. Алматы по месяцам года

Следует отметить, что выбросы парниковых газов, несмотря на такое пристальное внимание к ним в последние годы, не являются загрязнителями атмосферы – они нетоксичны. Человек сам генерирует до 1,5 кг углекислого газа в сутки.

Основные источники выбросов вредных веществ в г. Алматы

К основным загрязнителям относятся:

- Твёрдые вещества (зола, пыль) – энергетика и транспорт;
- Сернистый ангидрид – энергетика, транспорт;
- Оксид углерода – энергетика, транспорт;
- Углеводороды – автотранспорт;
- Оксиды азота – транспорт, энергетика.

По расчетам, в 2019 году в атмосферу г. Алматы поступило 144 тысячи тонн загрязняющих веществ. На долю теплоисточников приходится 34 % (ТЭЦ-2 – 26 % и ТЭЦ-3 – 8 %), на автотранспорт – 52 % и частный сектор – 14 %. Всего выбросы в 2019 году по ТЭЦ-2 составили 38 322 тонн.

Попробуем разобраться, в чем разница между природным газом и углем. В процессе окислительных процессов взаимодействия энергетического топлива с кислородом образуются идентичные продукты сгорания: углекислый газ – CO_2 , диоксид серы – SO_2 , водяные пары – H_2O , инертный азот – N_2 , не использованный кислород – O_2 и зола с разным процентным составом в объеме уходящих газов.

От элементного состава энергетического топлива зависит его энергетическая ценность, чем она выше, тем меньшее количество топлива необходимо для выработки одинакового количества тепла. В таблице 3 показан примерный элементный состав энергетических топлив и образующиеся при их окислении продукты сгорания, которые получаются при его сгорании в идеальных условиях с избытком воздуха 1,2 (избыток воздуха необходим для полного сгорания топлива, компенсировать неравномерное смешение топлива и окислителя).

Сравнивая из таблицы 3 значения продуктов сгорания угля и природного газа видно, что на выходе образуются идентичные газы, за исключением появления диоксида серы (SO_2) и золы в случае сжигания угля, а также различным распределением газов в общем объеме дымовых газов.

Кроме того, в зависимости от методов сжигания и при нарушении режима работы котельных установок в процессе сжигания всех видов топлива образуются загрязняющие вещества, такие как: оксиды азота – NO_x , серный ангидрид – SO_3 , угарный газ – CO .

Таблица 3. Элементный состав энергетического топлива и состав продуктов сгорания

Вид топлива	Элементный состав рабочего топлива, %		Теплота сгорания, ккал/кг	Процентный состав продуктов горения, %	
Каменный уголь	Углерод (C^p)	51,89	4 770	Углекислый газ (CO_2)	14,33
	Водород (H^p)	3,41		Диоксид серы (SO_2)	0,05
	Кислород (O^p)	9,37		Влага (H_2O)	8,48
	Азот (N^p)	1,81		Азот (N_2)	73,89
	Сера (S^p)	0,47		Кислород (O_2)	3,26
	Зола (A^p)	26,04		Загрязняющие вещества (зола, оксиды азота)	
	Влага (W^p)	7,00			
Топочный мазут	Углерод (C^p)	84,60	9 400	Углекислый газ (CO_2)	11,78
	Водород (H^p)	10,80		Диоксид серы (SO_2)	0,03
	Кислород (O^p)	0,50		Влага (H_2O)	10,87
	Азот (N^p)	0,40		Азот (N_2)	74,04
	Сера (S^p)	0,50		Кислород (O_2)	3,28

Вид топлива	Элементный состав рабочего топлива, %		Теплота сгорания, ккал/кг	Процентный состав продуктов горения, %	
	Зола (A^p)	0,20		Загрязняющие вещества (зола, оксиды азота, углеводороды)	
	Влага (W^p)	3,00			
Природный газ	Метан (CH_4)	97,00	8 500	Углекислый газ (CO_2)	7,97
	Этан (C_2H_6)	0,50		Диоксид серы (SO_2)	0
	Пропан (C_3H_8)	0,30		Влага (H_2O)	17,28
	Бутан (C_4H_{10})	0,10		Азот (N_2)	71,58
	Пентан (C_5H_{12})	0,20		Кислород (O_2)	3,17
	Углекислый газ (CO_2)	0,10		Загрязняющие вещества (оксиды азота, углеводороды)	
	Азот (N_2)	0,80			
	Влага (H_2O)	1,00			

Диоксид серы SO_2 (третий класс опасности) имеет значительную долю в общем объеме загрязняющих веществ при сжигании угля и мазута, удаляется с дымовыми газами в дымовую трубу. До 10 – 12 % диоксида серы SO_2 улавливается системой мокрого золоулавливания (эмульгаторы, скрубберы). Систем сероочистки, технологический процесс которых состоит из очистки дымового газа водным раствором известняка, в результате чего оксид и диоксид серы превращается в гипс, на ТЭЦ не установлено.

В процессе сжигания угля в топке котла основная часть золы (до 95 %) уносится дымовыми газами, которая в последующем попадает в различные золоулавливающие устройства (далее – ЗУУ) на выходе из котла, после чего очищенные дымовые газы через дымовую трубу выбрасываются в атмосферу. ЗУУ – это различные технические решения по улавливанию мелких золовых частиц, движущихся в потоке дымовых газов, такие как электрофильтры, мокрые скрубберы, эмульгаторы, рукавные фильтры и т.п. Современные установки ЗУУ достигают эффективности по улавливанию золы из потока до 99,5 %.

В результате чего, вся уловленная в дымовых газах зола и шлак, выпавшей в нижней части топки, отправляется на золоотвал для длительного хранения. Не уловленная зола в количестве 0,47 % от всего объема золы уносится дымовыми газами в дымовую трубу и затем рассеивается в атмосфере. Принципиальная схема очистки дымовых газов представлена на рисунке 4.

Образующиеся золошлаковые отходы (ЗШО) складировются на специальном гидротехническом сооружении-золоотвале, конструкция которого представляет собой огромную чашу в земле, изолированную от земляного слоя различными изоляционными материалами, не позволяющими ЗШО просачиваться в почву. Для строительства золоотвала необходимо отчуждать значительные площади земли, где будет располагаться данное дорогостоящее гидротехническое сооружение, предназначенное для длительного хранения ЗШО.

По мере заполнения золоотвала, когда не остается свободного места для последующего складирования ЗШО, встает вопрос о возможности дальнейшей работы электростанции, так как в отсутствии места хранения ЗШО работа станции на угле не возможна. Данное обстоятельство не допустимо с точки зрения обеспечения надежного тепло- и электроснабжения, в связи с чем встает вопрос необходимости строительства нового золоотвала, что в свою очередь, потребует новых площадей земли и значительных финансовых инвестиций.

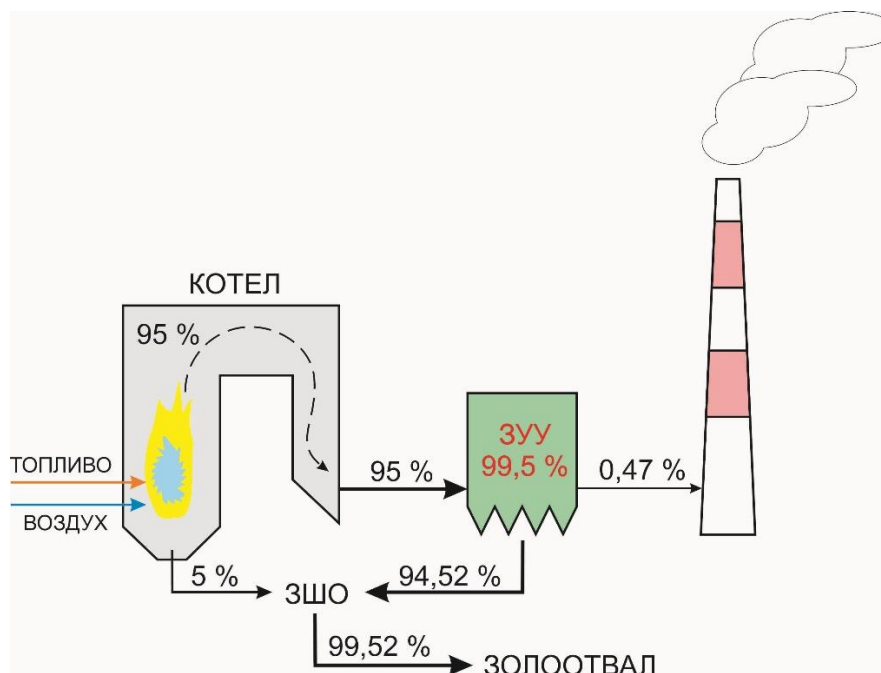


Рисунок 4. Принципиальная схема очистки дымовых газов

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что основное различие между работой электростанции на угле и природном газе является наличие золы в составе угля и значительное количество выбросов SO_2 . Если уменьшить долю золы в угле до минимально возможной величины и установить современную сероочистку, то с определенной оговоркой, можно поставить знак равенства между использованием угля и природного газа.

Сравнение сжигания различных видов топлива и образующихся выбросов парниковых газов и золы, а также площадь отчуждаемых земель представлены в таблице 4.

Калорийность топлива определена исходя из элементного состава на рабочую массу топлива и может отличаться от фактической калорийности поставляемого топлива на электростанцию.

Казахстан присоединился к Рамочной конвенции ООН по изменению климата (далее РКИК ООН) в 1995 году. Киотский протокол к Рамочной конвенции ООН по изменению климата представляет собой международно-правовой инструмент по сокращению выбросов парниковых газов в атмосферу. Казахстан ратифицировал Киотский протокол в марте 2009-го. Одним из основных обязательств Республики Казахстан (РК) по РКИК ООН и Киотскому протоколу является ежегодное предоставление Национального доклада о кадастре выбросов ПГ (НДК) в Секретариат РКИК ООН. В соответствии с этим обязательством Казахстан, начиная с 2010 года, ежегодно разрабатывает и предоставляет свой НДК и таблицы общего формата отчетности (ОФО) в Секретариат РКИК ООН.

Национальный доклад о кадастре ПГ РК включает эмиссии шести основных газов с прямым парниковым эффектом (диоксид углерода (CO_2), метан (CH_4), закись азота (N_2O), гидрофторуглероды (ГФУ), перфторуглероды (ПФУ) и гексафторид серы (SF_6). Дополнительно для некоторых категорий источников проводится оценка эмиссий четырех загрязняющих веществ, являющихся газами с косвенным парниковым эффектом – окиси углерода (CO), окислов азота (NO_x), неметановых летучих органических соединений (НМЛОС) и диоксида серы (SO_2). Они не включаются в общие национальные эмиссии ПГ.

Расчеты объема парниковых газов CO_2 выполнены в соответствии с методическими указаниями № 280-ө от 05 «ноября» 2010 г. по расчету выбросов парниковых газов от тепловых электростанций и котельных (Уровень 1).

Представленные расчеты основываются на том, что электростанции ежегодно производят примерно одинаковое количество электрической и тепловой энергии (которое может незначительно меняться в зависимости от погодных условий и потребности в электроэнергии), для производства которых сжигается Экибастузский уголь и растопочный мазут. Так как представленные виды топлива имеют различную энергетическую ценность, то общий расход топлива представлен в условном топливе (условное топливо с калорийностью 7 000 ккал/кг). В таблице предлагаются несколько альтернатив сжигания Экибастузского угля, которое обеспечивает такое же количество энергии. Удельные показатели электростанций считаются условно постоянными и в дальнейшем не рассматриваются, однако, необходимо помнить, что изменение вида топлива влияет на расход электроэнергии на собственные нужды электростанций, связанные с транспортировкой топлива и его подготовкой для сжигания.

Таблица 4. Расход топлива и образующиеся выбросы при одинаковом режиме работы на разных видах топлива в течении года

Наименование	Объект	Ед. изм.	Условное топливо	Уголь			Природный газ
				Экибастузский (фактический)	Карагандинский (проектный)	Шубаркольский (экспортный)	
Низшая теплота сгорания топлива		ккал/кг; ккал/м ³	7 000	4 447	4 770	6 092	8 538
Расход топлива в год	ТЭЦ-2	тонн/ 10 ³ м ³	1 412 917	2 223 883	2 073 486	1 623 507	1 158 404
	ТЭЦ-3		540 400	850 571	793 049	620 945	443 056
	Сумма		1 953 317	3 074 455	2 866 535	2 244 451	1 601 461
Масса образующихся парниковых газов CO ₂	ТЭЦ-2	тонн		3 948 180	3 948 067	3 897 164	3 143 061
	ТЭЦ-3			1 510 065	1 510 022	1 490 553	1 202 130
	Сумма			5 458 245	5 458 088	5 387 717	4 345 191
Масса образующихся золошлаковых отходов	ТЭЦ-2	тонн		763 667	537 398	97 243	
	ТЭЦ-3			292 081	205 539	37 193	
	Сумма			1 055 748	742 937	134 436	
Выбросы золы через дымовую трубу	ТЭЦ-2	тонн		3 606	2 538	459	
	ТЭЦ-3			1 379	971	176	
	Сумма			4 985	3 508	635	
Отвод земли под золоотвал на 50 лет работы (средняя глубина 8,5 м)	ТЭЦ-2	га		225	158	29	
	ТЭЦ-3			86	60	11	
	Сумма			311	219	40	

Проектным топливом для Алматинских ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 является карагандинский уголь с зольностью (A^p) до 26,0 % и низшей теплотой сгорания ($Q_{н^p}$) 4 770 ккал/кг, однако, из-за более высокой цены выше озвученные станции были переведены на сжигание более дешевого Экибастузского угля с зольностью (A^p) от 34,5 % и выше и низшей теплотой сгорания ($Q_{н^p}$) до 4 447 ккал/кг.

Обратный перевод станций на проектное топливо улучшит ситуацию, расход топлива уменьшится на 7 %, объем образующихся золошлаковых отходов уменьшится на 30 %, но масса образующихся парниковых газов останется такой же, сравнительный анализ представлен в таблице 5.

Одновременно это позволит увеличить располагаемую мощность ТЭЦ-2, т.к. при сжигании экибастузского угля производительность котлов сократилась 10 %. Переход на проектное топливо не потребует финансовых затрат на модернизацию технологического оборудования, но увеличит расходы на топливо. При этом необходимо понимать ситуацию, что строительство золоотвала довольно затратное мероприятие и уменьшение в долгосрочной перспективе затрат на его строительство, а равно как и заполнение позволит уменьшить расходы на амортизационные отчисления.

Для оценки возможности замены природного газа, рассмотрим ситуацию сжигания на электростанциях перспективного малозольного Шубаркольского угля, отправляемого на экспорт в другие станы с зольностью (A^p) 6,0 – 15,0 % и низшей теплотой сгорания ($Q_{н^p}$) 6 092 ккал/кг.

Таблица 5. Сравнительный анализ перевода с Экибастузского на Карагандинский уголь

Наименование	Ед. изм.	Уголь		Изменение ситуации
		Экибастузский (фактический)	Карагандинский (проектный)	
Расход топлива в год	тонн	3 074 454,71	2 866 535,10	- 6,8 %
Масса образующихся парниковых газов CO ₂	млн. нм ³	5 458 244,52	5 458 088,08	0,0 %
Масса образующихся золошлаковых отходов	тонн	1 055 747,55	742 937,44	- 29,6 %
Выбросы золы через дымовую трубу	тонн	4 985,45	3 508,29	- 29,6 %
Отвод земли под золоотвал на 50 лет работы (средняя глубина 8,5 м)	га	310,51	218,51	- 29,6 %

Перевод станций на перспективное топливо существенно улучшит ситуацию, расход топлива уменьшится на 27 %, объем образующихся золошлаковых отходов уменьшится на 87 %, масса образующихся парниковых газов практически не изменится, сравнительный анализ представлен в таблице 6.

Таблица 6. Сравнительный анализ перевода с Экибастузского на Шубаркольский уголь

Наименование	Ед. изм.	Уголь		Изменение ситуации
		Экибастузский (фактический)	Шубаркольский (экспортный)	
Расход топлива в год	тонн	3 074 454,71	2 244 451,36	- 27,0%
Объем образующихся парниковых газов	млн. нм ³	5 458 244,52	5 387 716,61	- 1,3%
Золошлаковые отходы	тонн	1 055 747,55	134 436,25	- 87,3%
Выбросы золы через дымовую трубу	тонн	4 985,45	634,83	- 87,3%
Отвод земли под золоотвал на 50 лет работы	га	310,51	39,54	- 87,3%

Сжигание угля с малой зольностью и более высоким выходом летучих газов, потребует проведения наладочно-испытательных работ, обучение персонала по работе с данным топливом, а также модернизацию системы пожарной сигнализации и пожаротушения. Безусловно стоимость перспективного топлива выше стоимости Экибастузского угля и это увеличит расходы на топливо. Как было сказано выше, уменьшение объема ЗШО потребует значительно меньших затрат на строительство золоотвала и меньшего отчуждения земель близ крупного мегаполиса.

Изменение зольности угля влияет на удельные выбросы от электростанции. Замена угля на малозольный позволит приблизиться к удельному показателю соответствующего для большинства европейских станций работающих на угле. Сравнение удельных выбросов по углям показано в таблице 7.

Таблица 7. Удельные выбросы золы в атмосферу воздуха, кг/т у.т.

Объект	Условное топливо, т у.т.	Выбросы золы через дымовую трубу для углей, кг		
		Экибастузский (фактический)	Карагандинский (проектный)	Шубаркольский (экспортный)
ТЭЦ-2	1 412 917,00	3 606,18	2 537,70	459,20
ТЭЦ-3	540 400,00	1 379,26	970,6	175,63
Сумма	1 953 317,00	4 985,45	3 508,29	634,83
Удельные выбросы, кг/т у.т.		2,55	1,80	0,33

С целью улучшения экологической ситуации в городе Алматы и его прилегающих территорий компанией АО «АлЭС» прорабатывается вопрос замены основного топлива угля на природный газ для станций низшей теплотой сгорания ($Q_{н}^p$) 8 540 ккал/тыс. м³. В мире существует достаточно много примеров перевода котлов на газ [5,6,7,8,9].

Перевод станций на сжигание природного газа существенно улучшит ситуацию, сравнительный анализ представлен в таблице 8, где можно увидеть, что расход топлива уменьшится в половину, объем парниковых газов сократится на 20 %. Выбросы загрязняющих веществ снизятся на 70 – 80 %.

Таблица 8. Сравнительный анализ перевода с Экибастузского угля на природный газ

Наименование	Ед. изм.	Экибастузский (фактический) уголь	Природный газ	Изменение ситуации
Расход топлива в год	тонн/тыс. м ³	3 074 454,71	1 601 460,56	- 47,9 %
Объем образующихся парниковых газов	млн. нм ³	5 458 244,52	4 345 191,21	- 20,4 %

Ко всему вышесказанному по части перевода станций на сжигание природного газа необходимо добавить следующее, ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 не имеют технологического оборудования для сжигания газа, также отсутствуют газораспределительные пункты и магистральные газопроводы к электростанциям. Имеется ряд технических ограничений для ТЭЦ-2, главный корпус электростанции частично размещен под землей на глубину минус 12,0 м. Данное обстоятельство создает угрозу для персонала при появлении утечки газа, тяжелые компоненты газа, содержащиеся в природном газе, такие как пропан, бутан, углекислый газ и т.д. тяжелее воздуха будут скапливаться в нижней точке главного корпуса. Горючие компоненты могут образовывать взрывоопасные смеси, а инертные и токсичные приводить к отравлениям и удушью персонала.

Строительство необходимой инфраструктуры потребует значительных финансовых расходов, которые через амортизационные отчисления лягут в тариф на электрическую и тепловую энергию. Также оператору АО «КазТрансГаз» необходимо ежегодно выделять объем природного газа для электростанций в объеме 1,6 млрд. м³, при том, что стоимость газа в несколько раз выше стоимости угля и эти расходы безусловно будут перенесены на плечи потребителей, т.к. это рыночные взаимоотношения между поставщиком и потребителем, а участие государства по компенсации стоимости газа маловероятно.

Раскрывая вопрос поставки природного газа в южный регион, можно отметить, что АО «КазТрансГаз» является газотранспортной компанией РК и обеспечивает международный транзит и занимается продажей газа на внутреннем и внешнем рынках. АО «КазТрансГаз» обеспечивает транзит туркменского и узбекского газа в Китайскую Народную Республику (далее КНР) по транснациональному газопроводу «Центральная Азия – Китай» с пропускной способностью трех линий в 55 млрд. м³ газа в год. Введенный в 2017 году в эксплуатацию газопровод «Бейнеу-Бозой-Шымкент» соединил в единую газотранспортную систему все магистральные газопроводы РК, после чего Казахстан начал экспортировать свой газ с месторождений Тенгиз, Кашаган и Жанажол в КНР.

Нынешняя ситуация с эпидемией Covid-19 немного снизила объемы потребления природного газа в КНР, но в будущем с восстановлением производств, объем потребления будет только расти, на сегодняшний день стоимость экспортного газа РК для Китая 162 \$/тыс. м³, при том, что стоимость природного газа на внутреннем рынке составляет 74,7 \$/тыс. м³ (31 990,00 тенге/тыс. м³). Из чего можно сделать вывод, что перенаправление газа с экспорта на внутренний рынок на нужды энергетического сектора будет приводить к потере экспортной прибыли РК в размере 87,2 \$ с каждой тыс. м³ (порядка 48 млрд. тенге в год).

Для оценки влияния на потребителя изменения вида топлива на ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 оценим изменения тарифа на электрическую энергию и тепловую энергию для конечного потребителя. Расчеты будут производиться интерполяцией между разными режимами работы исходя из данных собранных с открытых источников размещенных на сайтах компаний производителей и поставщиков электрической и тепловой энергии.

Прогнозы выполнены на базе отчетов за 2020 год из расчета, что производится замена топлива и как следствие изменяются общие затраты при одинаковом отпуске продукции, тогда как другие статьи расхода остаются неизменными, неизменными остаются объем отпуска от АО «АлЭС» в общем объеме производства, а также тарифы других поставщиков и производителей электрической и тепловой энергии. Прогнозы изменения тарифа представлены в таблице 9. Для наглядности все значения отнесены на затраты и стоимость фактического топлива, сжигаемого на ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 (Экибастузского угля).

Предположим, что электростанции ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 перевели со сжигания Экибастузского угля на газ и что изменилось?

Компания АО «АлЭС» получила все необходимые разрешения и нашла ответы на неразрешимые технические вопросы, инвестировала существенные денежные средства в инфраструктуру по доставке и сжиганию природного газа на станциях, при этом использовала в меньшей степени собственные средства, в большей степени заемные средства под определенные проценты по кредиту, ссуде или государственные средства. С учетом более высокой стоимости природного газа в сравнении с ценой на угли общие затраты увеличились. Стоимость отпускного тарифа на электрической и тепловой энергии от АО «АлЭС» повысилась.

Таблица 9. Прогноз изменения стоимости электроэнергии и тепла для конечного потребителя при замене текущего топлива на ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3, при прочих неизменных затратах и объемах производства электроэнергии и тепловой энергии

Наименование	Уголь			Природный газ
	Экибастузский (фактический)	Карагандинский (проектный)	Шубаркольский (экспортный)	
Стоимость топлива за тонну (тыс. м ³), отнесенная к стоимости экибастузского угля	1,00	2,73	4,23	6,99
Себестоимость на отпуск электроэнергии				
ТЭЦ-2	1,00	1,28	1,49	1,59
ТЭЦ-3	1,00	1,45	1,79	1,95
Отпускной тариф ЭЭ «АлЭС»	1,00	1,26	1,46	1,55
Стоимость электроэнергии от АО «АлматыЭнергоСбыт»	1,00	1,08	1,15	1,18*
Себестоимость на отпуск тепла				
ТЭЦ-2	1,00	1,83	2,48	2,77
ТЭЦ-3	1,00	1,90	2,61	2,91
Отпускной тариф ТЭ «АлЭС»	1,00	1,34	1,60	1,71
Стоимость тепловой энергии от АО «Алматинские тепловые сети»	1,00	1,15	1,27	1,32*

Примечание: Расчеты выполнены на базе открытых источников размещенных на сайтах производителей и поставщиков электроэнергии и тепла, недостающие сведения найдены методом интерполяции. Расчеты могут иметь отклонения от действительных значений, которые могут определяются изменением цены на энергоносители, изменения объемов производства и как следствие удельных показателей, а также не учитываются () капитальные затраты и инвестиции которые потребуются для строительства новой инфраструктуры для возможности работы ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 на природном газе.*

Что получила компания АО «АлЭС»: замену основного топлива для электростанций ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3, снижение удельных расходов на собственные нужды из-за исключения затрат на транспортировку и подготовку угля к сжиганию; повысилась пожароопасность. Теперь вместо угля резервным топливом будет выступать мазут и его объемы хранения и сжигания возрастут, т.к. при перерывах в газоснабжении предприятие должно работать непрерывно.

Золотые отходы в большей степени исключены, в результате чего можно отказаться от золоотвалов, золу, лежащую на золоотвале, накрывают гидроизоляционными материалами, а сверху накрывают плодородным слоем земли, территория облагораживается и возвращается в земельный фонд государства.

Объем образующихся парниковых газов уменьшился на 20 %, что дает компании возможность выработать большее количество продукции и выбрать разрешенную квоту на выбросы парниковых газов до разрешенного лимита, в результате объем парниковых газов останется на том же уровне, что и раньше, при этом увеличится объем электро- и тепловой энергии с более высокой себестоимостью, что будет безусловно замещать менее дорогую электроэнергию от Экибастузской ГРЭС-1 транспортируемой с севера РК, в результате средневзвешенный тариф на ЭЭ для конечного потребителя возрастет. В объеме поставки тепла компания занимает 72 %, при росте ее тарифа на тепло конечный тариф будет повышаться существенней.

АО «АлЭС» имеет в своем составе основное оборудование (котлы, турбины) срок службы которого в скором времени достигнет предела и эксплуатация которого будет невозможна и уже сейчас необходимо продумывать вопрос последовательной замены истерпевшего срок службы на новое оборудование, но это очень капиталоемкое и дорогостоящее оборудование, затраты на приобретение и установку которого также осуществляется через тариф на основную продукцию.

Значительный объем инвестиций направлен на строительство инфраструктуры для возможности работы ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 на газе и вливание дополнительных финансовых расходов на решение ключевой задачи по обновлению активов будет восприниматься критически и не найдет поддержки заинтересованных сторон, что усугубит финансовую ситуацию компании.

Что получили жители г. Алматы: Увеличение стоимости базовых товаров, таких как электроэнергия и тепловая энергия приведет к каскадному увеличению стоимости всех товаров и услуг, увеличится плата за коммунальные услуги.

И при этом остается вопрос, достигнут эффект, ради чего все затевалось? Много вероятно нет и причиной тому то, что ключевой источник загрязнения – транспорт (33,2 % от общего объема выбросов парниковых газов и 52 % выбросов загрязняющих веществ), который производит выхлопы на уровне дыхания людей остался без изменения. Продукты сжигания от электростанций за счет рассеивания в верхних слоях атмосферы достигая уровня земли имеют меньшее значение чем предельно допустимая концентрация для различных газов и отходов и человеком не воспринимается, как что-то существенное.

В итоге жители задаются все большим количеством вопросов, как же получилось, что стоимость жизни в городе возросла, а качество жизни практически не изменилось?

Что получают местные исполнительные органы г. Алматы: увеличение бюджетных расходов на содержание ведомственных и государственных объектов. Снижение доходов от экспорта газа в КНР. Не решенный вопрос энергетической безопасности региона, в связи увеличением износа и последовательным выбытием электрической и тепловой мощности генерирующих источников.

Как же повысить качество жизни, что бы эффект был ощутим? В этой ситуации наиболее эффективным будет исключение или удаление основного источника загрязнения от жителей, данный сценарий безусловно не достижим, но уменьшить объем производимых транспортом выбросов в непосредственной близости от людей возможен.

Пути решения данного вопроса уже в процессе реализации, часть необходимо реализовать, повторим их еще раз:

- Транзитный транспорт, движущийся через город, должен объезжать по объездным дорогам;
- Дальнейшее развитие общественного транспорта, последовательный перевод на газообразное топливо и увеличение доли электрифицированного транспорта;
- Уменьшить количество легкового транспорта пересадив большую часть пассажиров в общественный транспорт;
- Развитие метрополитена в г. Алматы;
- Развитие станций заправок компримированным газом и обеспечением их достаточным количеством газа;
- Популяризация электрифицированного транспорта, повсеместное строительство станций зарядки электрифицированного транспорта;
- Создание выделенных полос общественного транспорта на всех основных маршрутах его движения, повысить ответственность водителей за нарушение ПДД при блокировании движения общественному транспорту;
- Перераспределение общественного транспорта в часы пик на ключевые направления движения людей;

- Прогрессивный контроль на токсичность автотранспорта по мере его старения;
- Повысить качество дорог;
- Осуществлять контроль качества топлива, реализуемого на пунктах автозаправки;
- Восстановление тротуаров вдоль проезжей части, пешеходных улиц;
- Перевести частные домостроения на сжигание природного газа.

Как видно, ничего нового, но решение данных вопросов не простая задача, т.к. нельзя принуждать или запрещать, эти методы не популярны и никогда не найдут поддержки от жителей города. Единственный путь – это создание благоприятной альтернативы.

Каждый житель города Алматы, знает, что в будние дни начинается бесконечная миграция огромных масс людей из спальных районов и пригорода Алматы к месту работы людей, а вечером начинается обратное движение. На помощь для решения данного вопроса из Алматинской и других областей приезжает большое количество частного изношенного транспорта, чья экологическая безопасность вызывает сильную озабоченность.

Огромные потоки машин часами движутся к месту назначения, при том, что данное расстояние машина может преодолеть за десятую часть времени, которое тратится в действительности. Все это время машина движется чуть быстрее скорости велосипедиста и сжигает большое количество моторного топлива, которое создает дискомфорт в виде загазованного воздуха.

При этом практически все отмечают, что в легковом транспорте находится 1 или 2 человека, т.е. заполнение не превышает 30 %. Так почему же этих людей нельзя пересадить в общественный транспорт? Все эти люди хотят быстрее добраться до места назначения и не беспокоиться о поиске места парковки. Единственное что их удерживает от предпочтения общественного транспорта это в большей степени комфорт, который они ощущают во время движения, отсутствие стесненных обстоятельств и т.п.

Оценим, как изменится ситуация если людей пересадить с легкового авто на общественный транспорт. Сравнение представлено в таблице 10.

Таблица 10. Сравнение общественного и легкового транспорта

Наименование	Ед. изм.	Автобус	Автомобиль
Количество перевозимых людей	человек	50	1,5
Расход топлива на 100 км, в городском режиме	литров	35,0	9,5
Количество транспорта для перевозки 50 человек	единиц	1,0	33,0
Общий расход топлива на 100 км	литров	35,0	313,5

Из представленной таблицы видно, что потребление топлива уменьшилось почти в 9 раз. Допустим, что это произошло и 70 % людей предпочло пересесть на общественный транспорт, 30 % легкового транспорта осталось (службы доставки, такси и т.п.), тогда возможный эффект – это уменьшение объема потребления моторного бензина с 680,3 тыс. тонн до 257,0 тыс. тонн, т.е. произойдет сокращение в 2,6 раза, на эту же величину уменьшатся выбросы парниковых газов и других производных. В результате доля выбросов транспорта уменьшится почти в два раза с 33,2 % до 18,6 %.

Что бы это стало возможным, необходимо создать комфортные условия, а именно достаточное количество транспорта в часы пик по ключевым направлениям. На сегодняшний день жители города видят, что общественный транспорт в часы пик движется гораздо быстрее чем легковые автомобили за счет выделенных полос, но количество общественного транспорта недостаточно и они всегда перегружены людьми, что не повышает мотивацию людей имеющих личный транспорт пересаживаться в общественный. В условиях ограниченного количества парка общественного транспорта единственным путем решения проблемы является рациональная диспетчеризация, перераспределение в часы пик с менее загруженных участков на ключевые направления.

Данная статья на основе статистических отчетов, предлагает шире взглянуть на текущую экологическую ситуацию в городе и понять, что же в итоге мы можем получить и удовлетворит ли это наши ожидания?

Выводы:

По моему мнению изначально спроектированные станции для работы на угле, должны остаться таковыми, но в условиях повышения экологических требований следует рассмотреть вопрос перевода станций на сжигание углей с минимальным содержанием золы и установкой системы сероочистки на уходящих дымовых газах, а также оптимизировать их работу.

Существующее оборудование котлы и турбины, установленные на ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 в скором времени, исчерпают свой ресурс и в этой связи встанет ключевым вопрос, что делать дальше? Производить замену котлов и турбин на новые, как правило более эффективные в том же самом здании и на том же месте или же все-таки строить новые электростанции? Безусловно ответом будет являться стоимость строительства электростанции и себестоимость продукции. Вынос электростанции за пределы города положительно скажется на экологичности, но при этом необходимо помнить, что чем больше длина теплотрассы, соединяющая станцию и город, тем выше гидравлические потери на перекачку теплоносителя и потери тепла от рассеивания через наружную изоляцию трубы. Иными словами, станцию можно выносить дальше за пределы города, но до определенного предела, который определяется экономической эффективностью системы теплоснабжения.

Наиболее целесообразно строительство тепловых электростанций, работающих на газе с современным комбинированным, парогазовым циклом, который обеспечит производство электроэнергии с КПД более 50 % и обеспечит коэффициент использования топлива в комбинированном производстве тепла и электроэнергии 80 – 85 %.

Наряду с вопросом перевода ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 на газ необходимо рассмотреть вопрос модернизации ТОО «АТКЭ», после которой крупные котельные могли бы вырабатывать электроэнергию на базе теплового потребления, при том, что они сжигают природный газ только на нужды теплоснабжения. Сейчас это повсеместно решают установкой газовых турбин с котлами утилизаторами, в итоге ТОО «АТКЭ» сжигая природный газ, кроме тепловой энергии будет производить электроэнергию, что положительно скажется на экономичности и надежности электроснабжения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кибарин А.А. Огай В.Д., Торгаев А., Галиев Р.А. К вопросу о переводе Алматинской ТЭЦ-2 АО «АлЭС» на газ//В кн.: Экология в энергетике. - Москва: ВТИ, 2019. - С. 57-62.
- [2] Коробков М.С., Бахтыбаева Г.К., Олжабаев М.С. возможности снижения негативного влияния ТЭЦ-2 АО «АлЭС» на экологию г.Алматы при работе по тепловому графику// OPEN INNOVATION: сборник статей XII Международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2020. – С.27-32.
- [3] Луканин, В.Н. Промышленно-транспортная экология: учеб. для вузов. – М.: Высшая школа, 2001. – 273 с.
- [4] Методические указания № 280-9 от 05 «ноября» 2010 г. по расчету выбросов парниковых газов от тепловых электростанций и котельных. Уровень 1.
- [5] Jing Zhao, Yaoqi Duan, Xiaojuan Liu, 'Study on the policy of replacing coal-fired boilers with gas-fired boilers for central heating based on the 3E system and the TOPSIS method: A case in Tianjin, China', *Energy*, 189, 2019, p116206.
- [6] Ya Lan Ye, Hong Ming Wang, Xiang An, 'Calculation Method of Pulverized Coal Mass Flow Into Coal and Gas Dual-Fired Boiler', *Procedia Computer Science*, 154, 2019, p838-844.
- [7] Hao Zhang, et. al., 'Waste heat recovery from coal-fired boiler flue gas: Performance optimization of a new open absorption heat pump', *Applied Thermal Engineering*, 183 (1), 2021, p116111.
- [8] Dušan Strušnik, et. al., Optimisation of an old 200 MW coal-fired boiler with urea injection through the use of supervised machine learning algorithms to achieve cleaner power generation, *Journal of Cleaner Production*, 290, 2021, p125200.

[9] Hsi-Hsien Yang, et. al., Comparative investigation of coal- and oil-fired boilers based on emission factors, ozone and secondary organic aerosol formation potentials of VOCs, *Journal of Environmental Sciences*, 92, 2020, p245-255

А.К. Хасенов*

«Energy Partner» ЖШС

*e-mail: khak@kazep.kz

АЛМАТЫ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫН ТАБИҒИ ГАЗҒА АУЫСТЫРУ ПЕРСПЕКТИВАСЫ

Аннотация. Мақалада ауаның ластануы және жылу станцияларының қоршаған ортаға әсері туралы кең талдау берілген. Отын ресурстарын тұтыну құрылымы, сондай-ақ мәселені зерттеу аясында электр және жылу энергиясының негізгі көздерін талдау ұсынылған. Парниктік газдарды өндірудің негізгі көздері, яғни энергетика және автомобиль көлігі көрсетілген. Қорытындыда, Алматы қаласының ЖЭО-1 және ЖЭО-2 табиғи газға ауыстыру кезіндегі жағдайға талдау жасалған.

Тиімділігі 50 % – дан асатын электр энергиясын өндіруді қамтамасыз ететін және жылу мен электр энергиясын аралас өндіруде отынды пайдалану коэффициентін 80-85 % қамтамасыз ететін заманауи аралас бу-газ циклімен, газбен жұмыс істейтін жылу электр станцияларын салу аса орынды екендігі көрсетілген. Мақалада сондай-ақ "АЖЖЭ" ЖШС жаңғырту мәселесі қарастырылған, яғни жаңғырту нәтижесінде табиғи газды тек жылумен жабдықтау қажеттіліктері үшін ғана жағатын болса, ірі қазандықтар жылу тұтыну негізінде электр энергиясын өндіре алар еді.

Негізгі сөздер: қоршаған орта, ЖЭО, ластану, парниктік газдар, бу-газ циклдері.

А.К. Хасенов*

LLP «Energy Partner»

*e-mail: khak@kazep.kz

THE PROSPECT OF CONVERTING ALMATY POWER PLANTS TO NATURAL GAS

Abstract. The article presents a broad analysis of the situation with air pollution and the impact of thermal power plants on the environment. The structure of fuel consumption is presented, as well as an analysis of the main sources of electrical and thermal energy in the framework of the study of the problem. The main sources of greenhouse gas generation, which include energy and road transport, are shown. In conclusion, an analysis of the situation when replacing Almaty CHP-1 and CHP-2 with natural gas is given.

It is shown that it is most expedient to build thermal power plants running on gas with a modern combined cycle, combined cycle, which will provide electricity production with an efficiency of more than 50% and provide a fuel utilization factor in combined heat and electricity production of 80-85%. The article also discusses the issue of modernization of ATKE LLP, after which large boiler houses could generate electricity based on thermal consumption, despite the fact that they burn natural gas only for the needs of heat supply.

Keywords: Environment, CHP, pollution, greenhouse gases, combined-cycle gas cycles.

М.Т. Жугинисов*, А.А. Рахметулла, А. Р. Оралтаева

Satbayev University, Алматы, Казахстан

*e-mail: maratbek51@mai.ru

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ТЕХНОЛОГИИ ЛЕГКИХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

Аннотация. В статье приведены современные исследования по разработке составов и технологии легких заполнителей на основе природного и техногенного сырья, а также смесей, содержащих и природное и техногенное сырье. В качестве природного сырьевого компонента используются шунгит, глины, кремнеземсодержащее сырье – диатомит, трепел и опока. В качестве техногенного сырья применяются отходы углеобогащения и углесодержащие отходы, зола - унос, золошлаки, нефтешлам и бумажная макулатура. Легкий заполнитель готовят по обжиговой, безклинкерной и клинкерной технологиям. Для изготовления заполнителя по обжиговой технологии сырьевые компоненты после измельчения, смешивают в определенных соотношениях, увлажняют, готовят гранулы и после сушки гранулы обжигают. Для получения заполнителя по безклинкерной технологии используется жидкое стекло, по клинкерной технологии в качестве вяжущих могут применяться портландцемент, шлакопортландцемент и гипсоцементно-пуццолановое вяжущее.

Насыпная плотность разработанных заполнителей находится в пределах 100...1100 кг/м³, пористость – 50...88%, прочность при сдавливании в цилиндре – 0,32...3 МПа.

Ключевые слова: легкий заполнитель, зола-унос, золошлак, глина, гранулирование, сушка, обжиг, жидкое стекло, насыпная плотность.

Введение. Основой строительства является монолитный и сборный железобетон, и в последние годы он претерпевает качественные изменения в направлении уменьшения массы, теплопроводности и повышения звукоизоляции. Это реализуется путем внедрения легких бетонов на пористых искусственных заполнителях. Модифицированные конструкционные легкие бетоны изготавливают так же, как и тяжелые бетоны аналогичных конструкций, но при этом экономия массы составляет 20...50 %. С целью расширения сырьевой базы и повышения технических показателей проводятся исследования по использованию природных материалов и отходов для производства легких заполнителей.

Основная часть. В работе [1] технология получения зольного гравия предусматривает сушку и помол золы, затем ее окатывание в шаровидные гранулы диаметром около 15 мм. Для облегчения грануляции и обеспечения достаточной прочности гранул золу смачивают водным раствором ЛСТ (лингосульфонов технических) или добавляют глину. Затем гранулы подсушивают и обжигают в коротких вращающихся печах прямоточного действия при температуре около 1200°C. Для повышения пористости гравия можно добавить опилки или другие выгорающие добавки. Предел прочности при сдавливании в цилиндре приблизительно соответствует требованиям к керамзитовому гравия той же насыпной плотности.

Авторы изобретения [2] разработали способ производства легкого заполнителя, целью которого является упрощение технологического процесса. Это достигается тем, что термическую обработку смеси осуществляют при смешивании компонентов, а охлаждение ведут до температуры 30...40 °C. Для получения сферических полых гранул диаметром 0,14...0,15 мм с тонкой оболочкой, тепловую обработку осуществляют в сушильном барабане при 140-160 °C в течение 2...3 мин. Для получения сферических заполненных стекловидной микропористой массой гранул диаметром 0,14...15 мм, тепловую обработку осуществляют при 250...300°C в течение 5...10 мин. В качестве сырья используют жидкое стекло с удельным весом 1,45...1,50 г/см³, минеральный тонкодисперсный наполнитель (зола ГРЭС, отходы камнепиления и т.д.), химическая добавка, например, NaSiF₆. Компоненты берут в следующих

соотношениях, вес. %: жидкое стекло 40...60; минеральный наполнитель (зола ГРЭС) 35...50; химическая добавка (NaSiF_6) 5...10.

Разработан способ изготовления пористого заполнителя, включающий приготовление шихты, гранулирование, сушку, обжиг и охлаждение, отличающийся тем, что, с целью снижения объемной массы и водонасыщения заполнителя, после сушки гранулы измельчают, смачивают раствором сульфитно-спиртовой или сульфитно-дрожжевой бражки, гранулируют и сушат [3]. Предлагаемым способом можно изготавливать заполнитель из золы-уноса ТЭС с повышенным содержанием несгоревшего угля более 10%. Физико-механические показатели пористого заполнителя, изготовленного из шихты золы-уноса: коэффициент вспучивания 2,8...3,8; пористость 84...88 %; плотность 348...387 кг/м^3 ; водонасыщение 0,4...0,78.

Одним легких искусственных заполнителей является стеклопор с насыпной плотностью 100...150 кг/м^3 [4]. Технология получения стеклопора состоит из следующих операций: приготовления смеси из раствора жидкого стекла и технологических добавок; частичной дегидратации полученной смеси; диспергировании (грануляции) смеси и вспучивания гранулята. Сырьем для производства стеклопора служат: натриевое жидкое стекло, тонкомолотые минеральные наполнители и специальные добавки. В качестве тонкомолотых минеральных наполнителей применяются известняк, песок, тальк, каолин, трепел, перлит, золы ТЭС и др. Смесь включает: 93...95% жидкого стекла плотностью 1,4...1,45 г/см^3 ; 7...5% тонкодисперсного наполнителя с удельной поверхностью 2000...3000 $\text{см}^2/\text{г}$ и 0,5...1,0% гидрофобизирующей добавки – ГКЖ-94, ГКЖ-10 или ГКЖ-11.

Авторы изобретения [5] предложили способ производства искусственного пористого заполнителя на основе зол ТЭС с добавкой в качестве газообразующего компонента измельченных отсеков засыпки печей обжига или возвратной шихты графитации электродного производства, отличающийся тем, что в состав шихты вводят 3,0 - 5,0 мас. % непрокаленных отсеков засыпки печей обжига или возвратной шихты графитации, а прокаливание гранул производят до содержания в них свободного углерода 2,0 - 3,0 мас. %. В качестве основного компонента шихты используют золу уноса ТЭС, в качестве связующего используют бурую глину. Компоненты дозируют в следующем соотношении, мас. %: зола унос – 86, глина – 10, газообразователь – 4. После перемешивания шихту увлажняют до влажности 20% и подвергают гранулированию. Сырцовые гранулы подвергают сушке и прокаливают при 900°C до содержания свободного углерода 3 мас. %. Обжиг производят при 1280°C в течение 10 мин.

Получен патент на способ получения легкого заполнителя из углеродсодержащих отходов тепловых электростанций [6]. Способ включает смешение отходов с корректирующими добавками, измельчение смеси, формование сырцовых гранул, сушку и обжиг сформованных гранул и охлаждение прокаленных вспученных гранул. В качестве корректирующих добавок используют жидкие, высокодисперсные и пастообразные вещества, обеспечивающие высокий контакт между составляющими шихты. Технический результат изобретения заключается в снижении насыпной плотности заполнителя при одновременном обеспечении его высокой прочности. Из золошлаковых отходов получен пористый заполнитель с насыпной плотностью 200...300 кг/м^3 и прочностью 0,8...1,2 МПа.

В работе [7] для получения керамзита были использованы отходы флотации углеобогащения, представляющие собой глинисто-угольные суспензии. Состав отходов: глинистого вещества 58...80 мас. %, угля 6...24 мас. % остальное кварц, карбонаты и пирит. В качестве связующего использовалось товарное жидкое стекло, модифицированное хлоридом натрия. Смесь, содержащую отходы флотации углеобогащения и модифицированное жидкое стекло, подвергали грануляции и обжигали при 700 °C. Полученный керамзит имеет насыпную плотность 280...329 кг/м^3 , прочность при сжатии 1,7...1,9 МПа, истинная пористость 50...75%.

В середине 1990-х годов на ТЭЦ в г. Тольятти была произведена в действие установка, позволяющая получать из шлаков и золы пористый заполнитель, названный шлакозитом, производство шлакозита было увязано с производством электрической и тепловой энергий,

отсюда – существенное снижение энергозатрат на производство этого заполнителя. По технологии, разработанной фирмой «Стеклозит» был получен высокопрочный шлакозитовый гравий прочностью при сдавливании в цилиндре 8 МПа и насыпной плотностью 800 кг/м³ [8].

Разработана новая технология переработки мелкодисперсных отходов углеобогащения на обогатительных фабриках в аглопорит, применяемый как пористый заполнитель в конструкционных легких бетонах [9]. В сравнении с керамзитом приведены данные о влиянии формы легкого заполнителя на его коэффициент поверхности и прочность на сжатие. Показано, что коэффициент поверхности у заполнителя шаровидной формы соответствует 1, цилиндрической формы – 1,5 и кубовидной – 1,9. Наиболее оптимальной формой заполнителя является куб. Применяя аглопорит в виде колец, можно снижать плотность и теплопроводность бетона. Показано, что морозостойкость бетона на легком заполнителе выше, чем у тяжелого бетона на 2...5 марок, водонепроницаемость больше на 1...3 марки, коэффициент теплопроводности меньше на 2,5...3,5 раза, огнестойкость больше на 0,3...0,5 часа.

Авторы работы [10] разработали состав и технологию получения легкого заполнителя с использованием бумажной макулатуры. Получение из макулатуры высококачественного заполнителя может быть организовано путем ее гранулирования и нанесения на нее защитной капсулы. В качестве материала для капсулы было выбрано натриевое жидкое стекло. Методом математического планирования экспериментов были подобраны оптимальные технологические параметры получения легкого заполнителя. Образцы, полученные на основе бумажной макулатуры, имеют следующие характеристики: насыпная плотность – 193 кг/м³, предел прочности при сдавливании в цилиндре – 1,35 МПа.

В работе [11] выполнены исследования по разработке технологии легкого заполнителя с использованием лессовидного суглинка и нефтешлама. Технология получения микропористого заполнителя, включает дробление и помол лессовидного суглинка до порошкообразного состояния, совместное перемешивание с нефтешламом и гранулирование. Гранулы без предварительной сушки обжигают во вращающейся печи при температуре 900...950 °С в течении 0,5...1,0 ч и охлаждают до температуры 40...50 °С. Получены фракции 5...10 мм и 10...20 мм, плотностью 500 и 450 кг/м³ и коэффициентом теплопроводности 0,075 и 0,07 Вт/м·К, соответственно.

Автор изобретения [12] поставил цель - повышение прочности пористого заполнителя, полученного из сырьевой смеси, содержащей шлак ТЭС, глину, золу-унос, дополнительно включает шлам бората кальция и доломит, при соотношении, мас. %: шлак ТЭС 10...15; глина 65...77; зола-унос 10...15; шлам бората кальция 1,5...2,5; доломит 1,5...2,5. Глину и доломит размалывают до порошкообразного состояния. Компоненты сырьевой смеси дозируют в требуемых количествах и смешивают. Полученную массу увлажняют до 18...23% и формуют из нее гранулы размером 20...40 мм, которые сушат и обжигают при температуре 950...1000 °С. Пористый заполнитель имеет прочность на сжатии до 2 МПа.

Тот же автор в изобретении [13] поставил задачу - повышение влагостойкости заполнителя и его морозостойкости. Результат достигается тем, что сырьевая смесь для изготовления заполнителя, содержащая шлак ТЭС, глину и доменный шлак, дополнительно включает известковое тесто, при следующем соотношении компонентов, мас. %: шлак ТЭС 55,0...60,0; глина 10,0...15,0; доменный шлак 20,0...25,0; известковое тесто 5,0...7,0. Шлак ТЭС и доменный шлак размалывают (до остатка 5-6% на сите 0085), добавляют известковое тесто, глину и перемешивают. Из полученной сырьевой смеси (с влажностью 18...22%) формуют гранулы размером 20...40 мм, которые сушат до влажности 2...5% и обжигают при температуре 1000 °С. Морозостойкость заполнителя составляет 16...20 циклов.

Кузбасским Государственным Техническим Университетом проведены научные исследования по разработке безобжигового зольного гравия на бесклинкерной и клинкерной основе, а также разработаны составы легкого бетона на зольном гравии [14]. Исследования касались возможности получения безобжигового зольного гравия на основе процессов

взаимодействия золы-уноса Кузбасских ТЭС с жидким стеклом и хлористым кальцием, в ходе которого формируется нерастворимый водой гель твёрдой кремниевой кислоты, а также оксихлориды кальция, обладающие достаточной водо- и атмосферостойкостью. Прочность зольного гравия после 12 часов сушки достигает 0,6...1 МПа. Соотношение золы и цемента в смеси для зольного гравия составляет 10:1 при В/Ц = 3. После изотермической выдержки гранулы имеют прочность при сдавливании 2,1 МПа. Получены легкие бетоны на бесклинкерном гравии с прочностью при сжатии после пропаривания до 10 МПа и плотностью 1570...1700 кг/м³. На клинкерном гравии получены бетоны с прочностью при сжатии 2,5...5,3 МПа и плотностью 1230...1375 кг/м³.

В исследовании [15] для получения заполнителя качества вяжущих могут применяться портландцемент, шлакопортландцемент и гипсоцементно-пуццолановое вяжущее. При использовании цемента его содержание в сырьевой смеси составляет 10...15%, гипсоцементно-пуццоланового вяжущего (ГЦПВ) – 30...35%. Совместный помол золы (золошлаковой смеси) и вяжущего увеличивает прочность заполнителя в результате обнажения поверхности зерен, повышения активности золы и цемента, тщательной гомогенизации смеси. Гранулы, изготовленные на портландцементе, для достижения требуемой прочности необходимо пропаривать, а изготовленные на ГЦПВ – высушивать при 70...100 °С.

Для производства безобжигового зольного гравия можно применять практически все золы и золошлаковые смеси, получаемые от сжигания различных видов углей.

Процессы твердения гравия могут быть интенсифицированы введением в смесь добавок ускорителей твердения (например, хлористого кальция, нитрит-нитрат-хлорида кальция, жидкого стекла и др.). Применение их позволяет получать заполнитель с прочностью после суточного естественного твердения 1 – 2 МПа. При воздействии на сырцовые гранулы углекислого газа прочность их достигает 2 – 3,5 МПа через 12 ч твердения. В зависимости от вида золошлакового сырья, состава сырьевой смеси и условий твердения можно получать безобжиговый гравий прочностью 3 – 8 МПа при насыпной плотности 600 – 1100 кг/м³. Путем поризации смеси или введением в нее особо пористых заполнителей (например, перлита, вермикулита и др.) можно получать также облегченный безобжиговый зольный гравий с насыпной плотностью 350-600 кг/м³ [15].

Выводы. Таким образом, в настоящее время выполнены исследования по разработке составов и технологии легких заполнителей на основе техногенного сырья, а также смесей, содержащих и природное и техногенное сырье. В качестве техногенного сырья применяются отходы углеобогащения и углесодержащие отходы, зола – унос и золошлаковые смеси. При получении обжигового зольного гравия в качестве связующего используются различные глины. При получении безобжигового легкого заполнителя в качестве вяжущего применяют портландцемент и разновидности, также в качестве связующего и вспучивающегося компонента чаще всего используется жидкое стекло.

В Казахстане есть природное и техногенное сырье, пригодное для получения легких заполнителей. Суглинки и глины, золошлаки ТЭС имеются практически во всех регионах республики. В Павлодарской области в значительных объемах имеются вскрышные углесодержащие породы и отходы углеобогащения.

Выше изложенное является предпосылкой для разработки составов и технологии легких заполнителей и бетонов на их основе.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ицкович С.М. Технология заполнителей бетона / С.М. Ицкович. – М.: Высшая школа, 1991 – 272 с.
- [2] Патент № 767057. Способ производства легкого заполнителя / Рамазанов Н.М., Волынская В.С., Воробьев А.А. // Молдавский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт строительных материалов «МолдНИИСтромпроект». Опубликовано 30.09.80. Бюллетень № 36.

- [3] Патент № 945137. Способ изготовления пористого заполнителя / Роговой М. И., Бровкова В. Н. // Карагандинский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт. Опубликовано 23.07.82.
- [4] Горлов Ю.П. Технология теплоизоляционных и акустических материалов и изделий. М.: Высшая школа, 1989. -384с.
- [5] Патент № 2107668 (13) С1. Способ производства искусственного пористого заполнителя / Соснин В.П., Маргулис З.П. // Акционерное общество Челябинский металлургический комбинат «МЕЧЕЛ». Опубликовано: 1998.03.27.
- [6] Патент № 2232141. Способ получения легкого заполнителя / Максимов Б.А. (RU), Петров В.П. (RU), Коренькова С.Ф. (RU). Опубликовано 10.06.2004.
- [7] Денисов Д.Ю., Ковков И.В., Абдрахимов В.З. Использование отходов флотации углеобогащения в производстве керамзита. Башкирский химический журнал. 2008. Том 15. № 2. С. 107-109.
- [8] Туркина И. А. Техногенные отходы в производстве строительных материалов / И.А. Туркина // Технология бетона. – 2009. – 1. – С. 16-17.
- [9] Абрамов А.К., Ефимов В.И. Производство заполнителей для легких бетонов из отходов углеобогащения. Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2013. Вып. 2. С. 95-102.
- [10] Местников А.Е., Федоров В.И. Легкий заполнитель на основе макулатуры и жидкого стекла / Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. № 8, 2013. С. 136-137.
- [11] Елеуова К. А., Монтаев С.А., Таскалиев А.Т., Адилова Н.Б. Разработка технологии легкого заполнителя с использованием нефтешлама / Современные наукоемкие технологии. № 5, 2014. С.31-32.
- [12] Щепочкина Ю. А. (RU). Патент 2407715. Сырьевая смесь для производства легкого заполнителя. © FindPatent.ru – патентный поиск, 2012-2016.
- [13] Щепочкина Ю. А. (RU). Патент 2326083. Сырьевая смесь для изготовления заполнителя. © FindPatent.ru – патентный поиск, 2012-2016.
- [14] Гилязидинова Н.В., Санталова Т.Н., Рудковская Н.Ю. Получение легких заполнителей для бетонов на основе золы-уноса ТЭС / Изв. Вузов. Сев.-Кавк. Регион. Техн. Науки. 2010, № 2. С.123-127.
- [15] Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности. Учебно-справочное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 368 с.

REFERENCES

- [1] Ickovich S.M. Tehnologija zapolnitelej betona / S.M. Ickovich. – M.: Vysshaja shkola, 1991 – 272 s.
- [2] Patent № 767057. Sposob proizvodstva legkogo zapolnitelja / Ramazanov N.M., Volynskaja V.S., Vorob'ev A.A. // Moldavskij nauchno-issledovatel'skij i proektno-konstruktorskij institut stroitel'nyh materialov «MoldNIISTromproekt». Opublikovano 30.09.80. Bjulleten' № 36.
- [3] Patent № 945137. Sposob izgotovlenija poristogo zapolnitelja / Rogovoj M. I., Brovkova V. N. // Karagandinskij ordena Trudovogo Krasnogo Znameni politehnicheskij institut. Opublikovano 23.07.82.
- [4] Gorlov Ju.P. Tehnologija teploizoljacionnyh i akusticheskikh materialov i izdelij. M.: Vysshaja shkola, 1989. -384s.
- [5] Patent № 2107668 (13) C1. Sposob proizvodstva isskustvennogo poristogo zapolnitelja / Sosnin V.P., Margulis Z.P. // Akcionernoe obshhestvo Cheljabinskij metallurgicheskij kombinat «MEChEL». Opublikovano: 1998.03.27.
- [6] Patent № 2232141. Sposob poluchenija legkogo zapolnitelja / Maksimov B.A. (RU), Petrov V.P. (RU), Koren'kova S.F. (RU). Opublikovano 10.06.2004.
- [7] Denisov D.Ju., Kovkov I.V., Abdrahimov V.Z. Ispol'zovanie othodov flotacii ugleobogashhenija v proizvodstve keramzita. Bashkirskij himicheskij zhurnal. 2008. Tom 15. № 2. S. 107-109.
- [8] Turkina I. A. Tehnogennye othody v proizvodstve stroitel'nyh materialov / I.A. Turkina // Tehnologija betona. – 2009. – 1. – S. 16-17.
- [9] Abramov A.K., Efimov V.I. Proizvodstvo zapolnitel' dlja legkih betonov iz othodov ugleobogashhenija. Izvestija TulGU. Nauki o Zemle. 2013. Vyp. 2. S. 95-102.
- [10] Mestnikov A.E., Fedorov V.I. Legkij zapolnitel' na osnove makulatury i zhidkogo stekla / Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. № 8, 2013. S. 136-137.
- [11] Eleuova K. А., Montaev S.А., Taskaliev A.Т., Adilova N.В. Razrabotka tehnologii legkogo zapolnitelja s ispol'zovaniem nefteshlama / Sovremennye naukoemkie tehnologii. № 5, 2014. S.31-32.
- [12] Shhepochkina Ju. А. (RU). Patent 2407715. Syr'evaja smes' dlja proizvodstva legkogo zapolnitelja. © FindPatent.ru – patentnyj poisk, 2012-2016.

[13] Shhepochkina Ju. A. (RU). Patent 2326083. Syr'evaja smes' dlja izgotovlenija zapolnitelja. © FindPatent.ru – patentnyj poisk, 2012-2016.

[14] Giljazidinova N.V., Santalova T.N., Rudkovskaja N.Ju. Poluchenie legkih zapolnitelej dlja betonov na osnove zoly-unos TJeS / Izv. Vuzov. Sev.-Kavk. Region. Tehn. Nauki. 2010, № 2. S.123-127.

[15] Dvorkin L.I., Dvorkin O.L. Stroitel'nye materialy iz othodov promyshlennosti. Uchebno-spravochnoe posobie. Rostov-na-Donu: Feniks, 2007. – 368 s.

М.Т. Жугинисов*, А.А. Рахметулла, А. Р. Оралтаева

Satbayev University, Алматы, Қазақстан

*e-mail: maratbek51@mai.ru

ТАБИҒИ ЖӘНЕ ТЕХНОГЕНДІК ШИКІЗАТ НЕГІЗІНДЕГІ ЖЕҢІЛ ТОЛТЫРҒЫШТАР ТЕХНОЛОГИЯСЫ БОЙЫНША ЗЕРТТЕУЛЕРГЕ ТАЛДАМАЛЫҚ ШОЛУ

Андатпа. Мақалада табиғи және техногендік шикізатқа негізделген жеңіл агрегаттардың құрамы мен технологиясын, сондай-ақ табиғи және техногендік шикізаттан тұратын қоспаларды әзірлеу бойынша заманауи зерттеулер келтірілген. Табиғи шикізат компоненті ретінде шунгит, саз, құрамында кремний бар шикізат – диатомит, трепел және опока қолданылады. Техногендік шикізат ретінде көмір байыту қалдықтары және құрамында көмір бар қалдықтар, күл - қоқыс, күл-қож, мұнай шламдары және қағаз макулатура қолданылады. Жеңіл агрегат күйдіру, клинкерсіз және клинкер технологиясымен дайындалады. Күйдіру технологиясына сәйкес агрегатты дайындау үшін шикізат компоненттері ұнтақталғаннан кейін белгілі бір арақатынаста араласады, ылғалдандырылады, түйіршіктер дайындалады және кептіруден кейін түйіршіктер күйдіріледі. Клинкерсіз технология бойынша толтырғышты алу үшін сұйық әйнек қолданылады, клинкер технологиясына сәйкес портландцемент, шлак-портландцемент және гипс-цементті-пуццолан байланыстырғышы байланыстырғыш ретінде қолданыла алады.

Әзірленген агрегаттардың сусымалы тығыздығы 100...1100 кг/м³ шегінде, кеуектілігі – 50...88%, цилиндрде қысу беріктігі – 0,32...3 МПа.

Негізгі сөздер: жеңіл агрегат, күл-қоқыс, күл-қож, саз, түйіршіктеу, кептіру, күйдіру, сұйық шыны, сусымалы тығыздық.

M.T. Zhuginisov*, A.A. Rakhmetulla, A.R. Oraltayeva

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: maratbek51@mai.ru

ANALYTICAL REVIEW OF RESEARCH ON THE TECHNOLOGY OF LIGHT AGGREGATES BASED ON NATURAL AND MAN-MADE RAW MATERIALS

Abstract. The article presents modern research on the development of compositions and technologies of light aggregates based on natural and man-made raw materials, as well as mixtures containing both natural and man-made raw materials. As a natural raw material component, shungite, clays, silica – containing raw materials-diatomite, trepel and flask are used. As man-made raw materials, coal-enrichment waste and coal-containing waste, fly ash, ash slags, oil sludge and paper waste paper are used. Light aggregate is prepared according to roasting, clinker-free and clinker-free technologies. For the production of the aggregate according to the firing technology, the raw materials are mixed after grinding, mixed in certain ratios, moistened, prepared granules and after drying, the granules are fired. Liquid glass is used to produce the aggregate using the clinker-free technology, while Portland cement, slag-Portland cement and gypsum-cement-pozzolan binder can be used as binders using the clinker technology.

The bulk density of the developed aggregates is in the range of 100 ... 1100 kg / m³, porosity-50...88%, compressive strength in the cylinder-0.32...3 MPa.

Keywords: light aggregate, fly ash, ash slag, clay, granulation, drying, roasting, liquid glass, bulk density.

Д.И. Кусаинов*

Казахстанский институт стандартизации и метрологии, Караганда, Казахстан

*e-mail: kusainov_di@inbox.ru

ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И СЕРТИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИИ

Аннотация. В данной статье говорится о том, что управление качеством является одной из ключевых функций как корпоративного, так и проектного менеджмента, основным средством достижения и поддержания конкурентоспособности любого предприятия. Подчеркивается, что управление качеством продукции является, по существу, сквозным аспектом системы управления предприятием - аналогичным таким, как время, затраты, управление персоналом. Именно это положение находится в основе основополагающих принципов, находящихся в основе современных систем менеджмента качества. Статья также затрагивает аспекты функционирования системы качества - это выполнение руководством и всеми подразделениями своих функций и задач с целью обеспечения качества продукции. В этом состоит содержательная сторона деятельности системы, то есть то, для чего она предназначена. В последние годы в мировой практике много внимания уделяют внутрифирменному контролю качества продукции, который получил название тотального контроля качества. Система управления качеством продукции отличается не только в каждом государстве, но и в фирме. Формирование ее зависит от задач, стоящих перед страной или фирмой, их спецификой и практическим опытом. В Казахстане внимание к управлению качеством постоянно возрастает. Вместе с тем многие менеджеры до сих пор основную часть рабочего времени посвящают «сиюминутным» проблемам, а не планированию качества с самого начала.

Ключевые слова: управление, качество, менеджмент, предприятия, продукция, контроль, сертификация, компании.

Введение. Актуальность данной темы заключается в том, что на данном этапе развития экономика предъявляет принципиально новые требования к качеству выпускаемой продукции. Это связано с тем, что сейчас выживаемость любой фирмы, ее устойчивое положение на рынке товаров и услуг определяется уровнем конкурентоспособности. В свою очередь, конкурентоспособность связана с действием нескольких десятков факторов, среди которых можно выделить два основных - уровень цены и качество продукции. Причем второй фактор постепенно выходит на первое место.

Ключевой задачей менеджмента компаний является создание, практическая реализация и последующая сертификация системы менеджмента качества (современный термин, заменивший ранее использовавшийся термин - «системы управления качеством»), и поставляемой продукции в течение определенного периода времени (действия контракта, срока выпуска продукции данного вида и т. д.).

Управление качеством является, по существу, сквозным аспектом системы управления предприятием - аналогичным таким, как время, затраты, управление персоналом. Именно это положение находится в основе основополагающих принципов, находящихся в основе современных систем менеджмента качества:

- качество - неотъемлемый элемент любого производственного или иного процесса (а не некая самостоятельная функция управления);
- качество - это то, что говорит потребитель, а не изготовитель;
- ответственность за качество должна быть адресной;
- для реального повышения качества нужны новые технологии;
- повысить качество можно только усилиями всех работников предприятия;
- контролировать процесс всегда эффективнее, чем результат;
- политика в области качества должна быть частью общей политики предприятия.

Эти принципы лежат в основе наиболее популярного и методологически сильного направления в управлении качеством - Всеобщего управления качеством.

Материалы и методы. Методы контроля качества продукции: внешний осмотр, проверка размеров, проверка механических и физических свойств, проверка на экологическую чистоту. Особое место занимает статистический метод технического контроля качества. Математической основой этого метода является теория вероятности. Для технологического процесса, находящегося в стадии статистического контроля качества продукции, можно установить статистический метод контроля, существенными чертами которого являются:

- а) регулярность систематических наблюдений;
- б) осуществление контроля выборочных проб;
- в) нанесение результатов наблюдений на контрольный график;
- г) использование результатов контроля для корректировки условий технологического процесса и предупреждения брака.

Экспертные методы оценки качества продукции основаны на использовании обобщенного опыта и интуиции специалистов и потребителя продукции. Их следует применять тогда, когда невозможно или затруднительно использовать более объективные методы контроля. Экспертный метод применяется также для характеристики эстетических свойств товара.

В последние годы в мировой практике много внимания уделяется внутреннему контролю качества продукции, который называется тотальным контролем качества. Основные характеристики этой системы заключаются в следующем.

1. Передача полномочий по контролю качества с высшего уровня руководства на нижний уровень руководства.
2. Развитие движения внутри небольших групп под названием «круги качества».
3. Стремление к распознаванию рынка на основе приоритета требований клиентов.
4. Постепенное развитие, основанное на изучении прошлого опыта.

В последние годы, в связи с переходом к рыночной экономике, больше внимания уделяется международным стандартам серии ISO 9000 для обеспечения качества продукции. Эти стандарты все чаще применяются в контрактах между компаниями в качестве моделей для оценки системы обеспечения качества поставщика.

Во многих странах международные стандарты принимаются как национальные стандарты (Австрия, Великобритания, Германия, Швеция и т. д.). Система менеджмента качества продукции отличается не только в каждом штате, но и в компании. Его формирование зависит от задач страны или компании, их специфики и практического опыта.

Предпосылки для существования менеджмента качества в Казахстане:

1. Укрепление организационной структуры компании. Реорганизация в структуру, способную к постоянному процветанию на основе полного контроля качества.
2. Участие в управлении всеми сотрудниками. Сплоченность усилий сотрудников компании позволяет максимально полно проявить потенциал сотрудников.
3. Качество выше всего. Курс на обеспечение прибыли за счет приоритета качества.
4. Последовательное тестирование, анализ циклов управления предприятием и качества продукции.
5. Выделение наиболее важных вопросов и их последовательное решение.
6. Контроль фактов на основе строгих данных.
7. Контроль процесса. Контроль работы, а не результата.
8. Ориентация на потребителя.
9. Работник на следующей странице - тот же клиент-покупатель. На следующих этапах производства не должно возникать исключений и сбоев.
10. Своевременная корректировка политики управления.
11. Функция мониторинга. Развитие горизонтальных организационных отношений, разрушение узкой замкнутости.

12. Приоритет человеческих качеств. Полное раскрытие человеческого потенциала на основе уважения к человеческим качествам.

Американская версия управления качеством продукции должна быть реализована, если считается нецелесообразным планировать количественные показатели качества сотрудников в производственных подразделениях компании и, таким образом, создавать барьеры между ними. Рекомендуется дать каждому работнику возможность проявить свое право на гордость и мастерство, самостоятельно решать свои проблемы и исключить страх.

Важной задачей управления предприятиями является создание, практическая реализация и последующая сертификация системы менеджмента качества (современный термин, ранее используемый термин «система менеджмента качества»), а также поставляемая продукция в течение определенного периода времени (срок действия контракта, передача производства этого типа и т.д.) Управление качеством по существу является непрерывным аспектом системы управления предприятием - аналогично времени, затратам, управлению персоналом. Именно это положение лежит в основе основных принципов современных систем менеджмента качества:

- качество является неотъемлемой частью любого производства или другого процесса (а не автономной функцией управления);
- качество - это то, что говорит потребитель, а не производитель;
- ответственность за качество должна быть адресной;
- необходимы новые технологии, чтобы улучшить качество;
- качество может быть улучшено только усилиями всех сотрудников компании;
- контроль процесса управления процессом всегда более эффективен, чем результат.

Политика качества должна быть частью общей политики компании. Эти принципы лежат в основе самого популярного и методологически сильного направления в управлении качеством - общего управления качеством.

Результаты и обсуждение. Проанализировав основные аспекты организации контроля качества и сертификации продукции, мы можем отметить, что применение предприятиями и в Республике Казахстан сертификации продукции в условиях рыночных отношений дает следующие преимущества:

- обеспечивает доверие внутренних и зарубежных потребителей к качеству продукции;
- облегчает и упрощает выбор необходимой продукции потребителям;
- обеспечивает потребителю получение объективной информации о качестве продукции;
- способствует более длительному успеху и защите в конкуренции с изготовителями не сертифицированной продукции;
- уменьшает импорт в страну аналогичную продукции;
- предотвращает поступление в страну импортной продукции не соответствующего уровня качества;
- стимулирует улучшение качества путем установления в ней более прогрессивных требований.

Вся сертификационная деятельность осуществляется в соответствующей системе обладающей собственными правилами и руководящими положениями.

Организация и проведение работ по обязательной сертификации возложены на Госстандарт Республики Казахстан. Основными целями сертификации являются:

1. обеспечение реализации прав граждан на безопасность продукции для жизни, здоровья, имущества и окружающей среды;
2. создание условий для деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей на едином товарном рынке РК, а также для участия в международном экономическом, научно-техническом сотрудничестве и международной торговле; содействие

потребителям в компетентном выборе продукции; защита потребителя от недобросовестности изготовителя (продавца, исполнителя);

3. подтверждение характеристик продукции, заявленных изготовителем. Как обязательная, так и добровольная сертификация применяется в сфере производства и обращения продукции на внутреннем и внешнем рынках.

Основным функциональным образованием систем сертификации являются органы по сертификации, которые сертифицируют продукцию, выдают сертификаты и лицензии на применение знаков соответствия.

Заключение. Таким образом, ключевой задачей менеджмента компаний является создание, практическая реализация и последующая сертификация системы менеджмента качества (современный термин, заменивший ранее использовавшийся термин - «системы управления качеством»), и поставляемой продукции в течение определенного периода времени (действия контракта, срока выпуска продукции данного вида и т. д.). Управление качеством продукции является, по существу, сквозным аспектом системы управления предприятием - аналогичным таким, как время, затраты, управление персоналом. Именно это положение находится в основе основополагающих принципов, находящихся в основе современных систем менеджмента качества. Функционирование системы качества - это выполнение руководством и всеми подразделениями своих функций и задач с целью обеспечения качества продукции. В этом состоит содержательная сторона деятельности системы, то есть то, для чего она предназначена.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Каржаубаев К.Е. Стандартизация, сертификация и системы менеджмента: учеб. пособие для спец. 5B073200-«Стандартизация, метрология и сертификация» и 0601000 «Стандартизация, метрология и сертификация (по отраслям)» / К. Е. Каржаубаев; Мин-во образования и науки РК, Каз. инженерно - технолог. ун-т. - Алматы : Нур-Принт, 2018. - 335 с.
- [2] Каржаубаев К.Е. Метрология и метрологическое обеспечение производства: учеб. пособие / К. Е. Каржаубаев; Мин-во образования и науки РК, Каз. инженерно - технолог. ун-т. - Алматы: Нур-Принт, 2017. - 302 с.
- [3] Белый Е.М., Романова И.Б. Управление качеством: Учебное пособие. – Ульяновск, УлГУ, 2020. – 72 с.
- [4] Басовский Л.Е., Протасьев В.Б. Управление качеством: Учебник. -М.: ИНФРА – М, 2019. – 212с.
- [5] Ефимов В.В. Управление качеством: Учебное пособие. – Ульяновск: Издательство УлГТУ, 2020. – 153с.
- [6] Магомедов М.Д., Рыбин А.В. Управление качеством в отраслях пищевой промышленности: Учебное пособие. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2016. – 192с.
- [7] Мазур И.И., Шапиро В.Д. Управление качеством: Учебное пособие. – М.: Омега - Л, 2019. – 400с.
- [8] Салимова Т.А. Управление качеством: Учебник. – М.: Омега – Л, 2018. – 414с.
- [9] Свиткин М.З., Мацута В.Д., Рахлин К.М. Менеджмент качества. Обеспечение качества продукции на основе международных стандартов ИСО серии 9000. – СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 2017. – 380с.
- [10] Стандартизация и управление качеством продукции: Учебник / В.А. Швандар, В.П. Панов, Е.М. Купряков и др.; Под ред. В.А. Швандара. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2020. – 487с.
- [11] Управление качеством: Учебник / под ред. С.Д. Ильенковой. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2017. – 352с.

REFERENCES

- [1] Karzhaubaev K.E. Standardization, certification and management systems: textbook. manual for spec. 5B073200-"Standardization, metrology and certification" and 0601000 "Standardization, metrology and certification (by industry)" / K. E. Karzhaubayev; Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Kaz. engineering technologist. un-T. - Almaty : Nur-Print, 2018. - 335 p.
- [2] Karzhaubaev K.E. Metrology and metrological support of production: studies. manual / K. E. Karzhaubayev; Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Kaz. engineering technologist. un-T. - Almaty: Nur-Print, 2017. - 302 p.

- [3] Bely E.M., Romanova I.B. Quality management: A textbook. - Ulyanovsk, UISU, 2020. - 72 p.
- [4] Basovsky L.E., Protasyev V.B., Quality management: Textbook. -M.: INFRA - M, 2019– - 212s.
- [5] Efimov V.V. Quality management: A textbook. - Ulyanovsk: UlSTU Publishing House, 2020– - 153s.
- [6] Magomedov M.D., Rybin A.V. Quality management in the food industry: A textbook. - M.: Publishing and Trading Corporation "Dashkov and Co.", 2016– - 192s.
- [7] Mazur I.I., Shapiro V.D. Quality management: Textbook. - M.: Omega - L, 2019 - 400s.
- [8] Salimova T.A. Quality management: Textbook. - M.: Omega - L, 2018– - 414s.
- [9] Svitkin M.Z., Matsuta V.D., Rakhlin K.M. Quality management. Product quality assurance based on international standards ISO 9000 series. - St. Petersburg: St. Petersburg University Publishing House, 2017– - 380s.
- [10] Standardization and product quality management: Textbook / V.A. Shvandar, V.P. Panov, E.M. Kupriakov, etc.; Edited by V.A. Shvandar. - M.: UNITY - DANA, 2020. - 487c.
- [11] Quality management: Textbook / edited by S.D. Iyenkova. - M.: UNITY - DANA, 2017– - 352s.

D.I. Kusainov*

Kazakhstan Institute of Standardization and Metrology, Karaganda, Kazakhstan

*e-mail: kusainov_di@inbox.ru

ORGANIZATION OF QUALITY CONTROL AND PRODUCT CERTIFICATION

Abstract. This article says that quality management is one of the key functions of both corporate and project management, the main means of achieving and maintaining the competitiveness of any enterprise. It is emphasized that product quality management is, in essence, a cross-cutting aspect of the enterprise management system - similar to such as time, costs, personnel management. It is this position that is at the heart of the fundamental principles underlying modern quality management systems. The article also touches upon aspects of the functioning of the quality system - this is the performance of the management and all departments of their functions and tasks in order to ensure the quality of products. This is the content side of the system's activity, that is, what it is intended for. In recent years, in world practice, much attention has been paid to in-house quality control of products, which is called total quality control. The product quality management system differs not only in each state, but also in the company. Its formation depends on the tasks facing the country or company, their specifics and practical experience. In Kazakhstan, attention to quality management is constantly increasing. At the same time, many managers still devote most of their work time to "momentary" problems, rather than planning quality from the very beginning.

Key words: management, quality, management, enterprises, products, control, certification, companies.

Д.І. Құсайынов*

Қазақстан стандарттау және метрология институты, Қарағанды, Қазақстан

*e-mail: kusainov_di@inbox.ru

ӨНІМНІҢ САПАСЫН БАҚЫЛАУ МЕН СЕРТИФИКАТТАУДЫ ҰЙЫМДАСТЫРУ

Андатпа. Бұл мақалада сапаны басқару корпоративтік және жобалық менеджменттің негізгі функцияларының бірі, кез-келген кәсіпорынның бәсекеге қабілеттілігіне қол жеткізудің және қолдаудың негізгі құралы болып табылатындығы айтылған. Өнімнің сапасын басқару, мәні бойынша, кәсіпорынды басқару жүйесінің өтпелі аспектісі болып табылады - уақыт, шығындар, персоналды басқару сияқты ұқсас. Дәл осы ереже Сапа менеджментінің заманауи жүйелерінің негізіндегі негізгі принциптердің негізінде жатыр. Мақала сонымен қатар аспектілерді қарастырады сапа жүйесінің жұмыс істеуі-бұл басшылықтың және барлық бөлімшелердің өнімнің сапасын қамтамасыз ету мақсатында өз функциялары мен міндеттерін орындауы. Бұл жүйенің қызметінің маңызды жағы, яғни ол не үшін арналған. Соңғы жылдары әлемдік тәжірибеде жалпы сапаны бақылау деп аталатын өнім сапасын ішкі бақылауға көп көңіл бөлінеді. Өнім сапасын басқару жүйесі әр мемлекетте ғана емес, компанияда да ерекшеленеді. Оның қалыптасуы ел немесе компания алдында тұрған міндеттерге, олардың ерекшелігі мен практикалық тәжірибесіне байланысты. Қазақстанда сапаны басқаруға назар үнемі артып келеді. Сонымен бірге, көптеген менеджерлер әлі күнге дейін жұмыс уақытының көп бөлігін басынан бастап сапаны жоспарлауға емес, "жедел" мәселелерге арнайды.

Негізгі сөздер: басқару, сапа, менеджмент, кәсіпорындар, өнімдер, бақылау, сертификаттау, компаниялар.

А.Б. Шокубасов*

Карагандинский технический университет, Караганда, Казахстан

*e-mail: amir-cool@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Аннотация. Машинное обучение применяется во многих повседневных ситуациях: от распознавания изображений до обработки естественного языка, автономных транспортных средств и рекомендаций по продуктам. В области науки машинное обучение используется для медицинской диагностики, разработки новых материалов, интеллектуального сельского хозяйства, классификации ДНК и многих других. В данной статье исследуется технология машинного обучения. Объясняется, что это за технология и ее использование в нынешнем мире. В статье также говорится о типах машинного обучения и что они из себя представляют. Подробно рассмотрена работа каждого типа: какие виды алгоритмов они используют и в каких областях применяются. Это все подчеркивает особенности и уникальность каждого из типов. Кроме того, в статье обсуждаются преимущества и недостатки этой технологии, а также важность и перспективы.

Ключевые слова: Машинное обучение, большие данные, искусственный интеллект, алгоритм, нейронная сеть, приложение.

Введение. Современные условия, в которых работают информационные системы, предполагают использование неструктурированных данных и эффективных инструментов для работы с ними. Они собирают и обрабатывают огромные объемы быстро поступающих цифровых данных и анализируют их, находя систему графиков, которая позволяет создать систему классификации и прогнозирования. Чаще всего набор таких инструментов называют большими данными. В последнее время стало популярным использование машинного обучения, основанного на больших данных.

Машинное обучение получило широкое распространение за последние 15 лет, но большинство людей не до конца понимают его роль в повседневной жизни. Многие из нас ежедневно используют приложения, основанные на искусственном интеллекте и методах машинного обучения. Эти технологии уже произвели революцию во многих отраслях, например, способствовали появлению виртуальных помощников, таких как Siri или возможность прогнозирования трафика с помощью Google Maps. Что такое машинное обучение, как оно работает и какие у него перспективы?

Методы исследования. Методами исследования используемые в данной научной статье являются проведение анализа и исследование технологии машинного обучения с точки зрения аналитика данных. Сегодня машинное обучение используется в самых разных приложениях. Возможно, одним из самых известных примеров машинного обучения в действии является механизм рекомендаций, который используется в новостной ленте Facebook.

Facebook использует машинное обучение, чтобы персонализировать доставку ленты каждого участника. Если участник часто останавливается, чтобы прочитать сообщения определенной группы, механизм рекомендаций начнет показывать большую часть активности этой группы раньше в ленте.

За кулисами движок пытается закрепить известные шаблоны в онлайн-поведении участника. Если участник изменит схему и не сможет читать сообщения из этой группы в ближайшие недели, лента новостей изменится соответствующим образом.

Помимо механизмов рекомендаций, машинное обучение можно использовать и для следующих целей:

Управление взаимоотношениями с клиентами. Программное обеспечение CRM может использовать модели машинного обучения для анализа электронной почты и побуждать

членов отдела продаж в первую очередь отвечать на самые важные сообщения. Более продвинутые системы могут даже рекомендовать потенциально эффективные ответы.

Бизнес-аналитика. Поставщики средств бизнес-аналитики и бизнес-аналитики используют машинное обучение в своем программном обеспечении для выявления потенциально важных точек данных, шаблонов точек данных и аномалий.

Информационные системы по человеческим ресурсам. Системы HRIS могут использовать модели машинного обучения для фильтрации приложений и определения лучших кандидатов на открытую позицию.

Беспилотные автомобили. Алгоритмы машинного обучения могут даже позволить полуавтономному автомобилю распознавать частично видимый объект и предупреждать водителя.

Виртуальные помощники. Умные помощники обычно сочетают модели машинного обучения с учителем и без учителя для интерпретации естественной речи и предоставления контекста.

Машинное обучение. Машинное обучение — это тип искусственного интеллекта, который позволяет программным приложениям более точно прогнозировать результаты, не будучи явно запрограммированными на это. Алгоритмы машинного обучения используют исторические данные в качестве входных данных для прогнозирования новых выходных значений.

Типы машинного обучения. Классическое машинное обучение часто классифицируется по тому, как алгоритм учится становиться более точными в своих прогнозах. Существует три основных подхода: обучение с учителем, обучение без учителя и обучение с подкреплением. Тип алгоритма, который выбирают исследователи данных, зависит от того, какой тип данных они хотят предсказать.

1. Обучение с учителем. В этом типе машинного обучения специалисты по данным предоставляют алгоритмам помеченные данные обучения и определяют переменные, которые, по их мнению, алгоритм должен оценивать на предмет корреляций. Указаны как вход, так и выход алгоритма.

2. Обучение без учителя. Этот тип машинного обучения включает алгоритмы, которые обучаются на немаркированных данных. Алгоритм просматривает наборы данных в поисках любого значимого соединения. Данные, на которых обучаются алгоритмы, а также прогнозы или рекомендации, которые они выводят, предопределены.

3. Обучение с подкреплением. Специалисты по обработке данных обычно используют обучение с подкреплением, чтобы научить машину выполнять многоэтапный процесс, для которого существуют четко определенные правила. Специалисты по анализу данных программируют алгоритм для выполнения задачи и дают ей положительные или отрицательные сигналы, когда он определяет, как выполнить задачу. Но по большей части алгоритм сам решает, какие шаги предпринять на этом пути.

На рисунке 1 проиллюстрирована классификация машинного обучения.

Как работает обучение с учителем. Машинное обучение с учителем требует от специалиста по обработке данных обучить алгоритм как с помеченными входами, так и с желаемыми выходами. Алгоритмы контролируемого обучения подходят для следующих задач:

1. Бинарная классификация: разделение данных на две категории.
2. Классификация по нескольким классам: выбор между более чем двумя типами ответов.
3. Регрессионное моделирование: прогнозирование непрерывных значений.
4. Объединение: объединение прогнозов нескольких моделей машинного обучения для получения точного прогноза.



Рисунок 1. Типы машинного обучения

Как работает обучение без учителя. Алгоритмы неконтролируемого машинного обучения не требуют маркировки данных. Они просеивают немаркированные данные в поисках шаблонов, которые можно использовать для группировки точек данных в подмножества. Большинство типов глубокого обучения, включая нейронные сети, являются неконтролируемыми алгоритмами. Алгоритмы неконтролируемого обучения подходят для следующих задач:

1. Кластеризация: разделение набора данных на группы на основе сходства.
2. Обнаружение аномалий: выявление необычных точек данных в наборе данных.
3. Анализ ассоциаций: определение наборов элементов в наборе данных, которые часто встречаются вместе.

Как работает обучение с подкреплением. Обучение с подкреплением работает путем программирования алгоритма с четкой целью и предписанным набором правил для достижения этой цели. Специалисты по обработке данных также программируют алгоритм на поиск положительных наград, которые он получает, когда выполняет действие, полезное для достижения конечной цели, и избегают наказаний, которые он получает, когда выполняет действие, которое уводит его от конечной цели. Обучение с подкреплением часто используется в таких областях, как:

1. Робототехника: с помощью этой техники роботы могут научиться выполнять задачи в физическом мире.
2. Видеоигровой процесс: обучение с подкреплением использовалось, чтобы научить ботов играть в несколько видеоигр.
3. Управление ресурсами: при ограниченных ресурсах и поставленной цели обучение с подкреплением может помочь предприятиям спланировать распределение ресурсов.

Результаты исследования. Результатами исследования является понимание и важность технологии машинного обучения, а также изложить о плюсах и минусах данной технологии вместе с перспективой.

Преимущества машинного обучения. Что касается преимуществ, машинное обучение может помочь предприятиям глубже понять своих клиентов. Собирая данные о клиентах и соотнося их с поведением с течением времени, алгоритмы машинного обучения могут изучать ассоциации и помогать командам адаптировать разработку продуктов и маркетинговые инициативы к потребностям клиентов.

Некоторые компании используют машинное обучение в качестве основного двигателя в своих бизнес-моделях. Uber, например, использует алгоритмы для подбора водителей и пассажиров. Google использует машинное обучение, чтобы показывать рекламу о поездках в поисковых запросах.

Недостатки машинного обучения. Но машинное обучение имеет недостатки. Прежде всего, это может быть дорого. Проекты машинного обучения обычно реализуются специалистами по данным, которые получают высокие зарплаты. Для этих проектов также требуется программная инфраструктура, которая может быть дорогостоящей.

Также существует проблема предвзятости машинного обучения. Алгоритмы, обученные на наборах данных, которые исключают определенные группы населения или содержат ошибки, могут привести к неточным моделям мира, которые в лучшем случае терпят неудачу, а в худшем являются дискриминационными. Когда предприятие основывает основные бизнес-процессы на предвзятых моделях, оно может нанести нормативный и репутационный ущерб.

Будущее машинного обучения. Хотя алгоритмы машинного обучения существуют уже несколько десятилетий, они приобрели новую популярность по мере роста популярности искусственного интеллекта. В частности, модели глубокого обучения используются в самых современных приложениях искусственного интеллекта.

Платформы машинного обучения являются одной из самых конкурентных областей корпоративных технологий, и большинство крупных поставщиков, включая Amazon, Google, Microsoft, IBM и другие, стремятся подписать клиентов на услуги платформы, которые охватывают весь спектр деятельности по машинному обучению, включая сбор данных, подготовку данных, классификация данных, построение моделей, обучение и развертывание приложений.

Поскольку машинное обучение продолжает приобретать все большее значение для бизнес-операций, а искусственный интеллект становится более практичным в корпоративных условиях, войны платформ машинного обучения будут только усиливаться.

Постоянные исследования в области глубокого обучения и искусственного интеллекта все больше ориентируются на разработку более общих приложений. Современные модели искусственного интеллекта требуют обширного обучения для создания алгоритма, оптимизированного для выполнения одной задачи. Но некоторые исследователи изучают способы сделать модели более гибкими и ищут методы, позволяющие машине применять контекст, полученный в ходе выполнения одной задачи, к будущим, различным задачам.

Обсуждение. В данной статье показано, что машинное обучение имеет множество преимуществ, что делает эту технологию незаменимым вариантом для многих предприятий. Машинное обучение стало частью современных технологий из-за того, что существует большое количество областей, в которых вам нужно анализировать все данные, где ни один человек не может с ними справиться. В этом отношении уже есть большие практические прорывы в этой области, о которых уже упоминалось ранее. Возможность и масштабы машинного обучения могут быть пугающими, но важно знать, что это просто уникальный инструмент для поиска ответов на важные и сложные вопросы. Без сомнения, эта технология с огромным будущим в создании инновационных устройств и улучшении жизни людей во всем мире. Точно можно сказать, это то, что машинное обучение находится только в начале своего пути. Пока неизвестно, какие инновации она может принести и где находится этот диапазон.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Горбенко Д. А., Ольшевский А. И. // Искусственный интеллект и машинное обучение. Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование. Изд-во: ИУСМКМ-2020. – С. 363 – 2020.

[2] Михайлова И. С., Шевцов В. В. // Современные научные исследования и разработки. – С. 475 – 2018.

- [3] Флах П. // Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. Изд-во: Litres. – С. 77 – 2019.
- [4] Алемасов Е. П., Зарипова Р. С. // Перспективы применения технологий машинного обучения. Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – С. 32 - 2020.
- [5] Полетаева Н. Г. // Классификация систем машинного обучения. Изд-во: Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – С. 208 – 2020.
- [6] Гребень В. С. // Роль искусственного интеллекта в современном мире. Изд-во: ООО Консалтинговая компания Юком. – С. 20 – 2020.
- [7] Плас Дж. В. // Python для сложных задач. Наука о данных и машинное обучение. Руководство. Изд-во: Питер. – С. 759 – 2018.
- [8] Юдина А. Д., Забержинский Б. Э. // Современные научные исследования и разработки. – С. 757 – 2018.
- [9] Редько В. Г. // Эволюция, нейронные сети, интеллект: Модели и концепции эволюционной кибернетики. Изд-во: Ленанд. – С. 224 – 2019.
- [10] Каллан Р. // Нейронные сети: Краткий справочник Изд-во: Вильямс. – С. 288 – 2017.

REFERENCES

- [1] Gorbenko D. A., Olshevsky A. I. // Artificial intelligence and machine learning. Computer science, control systems, mathematical and computer modeling. Publishing house: IUSMKM-2020. – P. 363 – 2020.
- [2] Mikhailova I. S., Shevtsov V. V. // Modern scientific research and development. – P. 475 – 2018.
- [3] Flakh P. // Machine learning. The science and art of building algorithms that extract knowledge from data. Publishing house: Litres. – P. 77 – 2019.
- [4] Alemasov E. P., Zaripova R. S. // Prospects of application of machine learning technologies. Information technologies in construction, social and economic systems. – P. 32 – 2020.
- [5] Poletaeva N. G. // Classification of machine learning systems. Publishing house: Bulletin of the Baltic Federal University named after I. Kant. – P. 208 – 2020.
- [6] Greben V. S. // The role of artificial intelligence in the modern world. Publishing house: LLC Consulting company Yukom – P. 20 – 2020.
- [7] Plas J. V. // Python for complex problems. Data science and machine learning. Guide. Publishing house: St. Petersburg. – P. 759 – 2018.
- [8] Yudina A.D., Zaberzhinsky B. E. // Modern scientific research and development. – P. 757 – 2018.
- [9] Redko V. G. // Evolution, neural networks, intelligence: Models and concepts of evolutionary cybernetics. Publishing house: Lenand. – P. 224 – 2019.
- [10] Callan R. // Neural networks: A short reference Book Publisher: Williams. – P. 288 – 2017.

А.Б. Шокубасов*

Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан

*e-mail: amir-cool@mail.ru

ҚАЗІРГІ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ҚҰРАМДЫ ЖАСАУДА МАШИНАДАН ОҚУ РӨЛІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа: Машиналық оқыту кескінді танудан бастап табиғи тілді өңдеуге, автономды көлік құралдарына және өнімді ұсынуға дейінгі көптеген күнделікті жағдайларда қолданылады. Ғылым саласында машиналық оқыту медициналық диагностика, жаңа материалдарды әзірлеу, ақылды ауыл шаруашылығы, ДНҚ классификациясы және т.б. үшін қолданылады. Бұл мақала машиналық оқыту технологиясын зерттейді. Бұл технологияның не екенін және оның қазіргі әлемде қолданылуын түсіндіреді. Мақалада сонымен қатар машиналық оқытудың түрлері және олардың не екендігі туралы айтылады. Әр түрдің жұмысы егжей-тегжейлі қарастырылады: олар алгоритмдердің қандай түрлерін қолданады және олар қандай салаларда қолданылады. Мұның бәрі әр түрдің ерекшеліктері мен бірегейлігін көрсетеді. Сонымен қатар, мақалада осы технологияның артықшылықтары мен кемшіліктері, сондай-ақ маңыздылығы мен перспективалары қарастырылады.

Негізгі сөздер: Машиналық оқыту, үлкен деректер, жасанды интеллект, алгоритм, нейрондық желілер, қосымша.

A.B. Shokubassov*

Karaganda technical university, Karaganda, Kazakhstan

*e-mail:amir-cool@mail.ru

EXPLORING THE ROLE OF MACHINE LEARNING IN MODERN SOFTWARE DEVELOPMENT

Abstract: Machine learning is applied in many everyday situations, from image recognition to natural language processing, autonomous vehicles, and product recommendation. In the field of science, machine learning is used for medical diagnostics, new materials development, smart farming, DNA classification, and more. This paper explores machine learning technology. Explains what this technology is and its use in the world today. The article also talks about the types of machine learning and what they are. The work of each type is considered in detail: what types of algorithms they use and in what areas they are used. This all emphasizes the features and uniqueness of each of the types. In addition, the article discusses the advantages and disadvantages of this technology, as well as the importance and prospects.

Keywords: Machine learning, big data, artificial intelligence, algorithm, neural network, application

¹С. Тасанбаев, ²К. Арыстанбаев, ²А. Умаров

¹Евразийский Национальный Университет имени Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

²Южно-Казахстанская медицинская академия, Шымкент, Казахстан

e-mail: 201ukgu@mail.ru

РАЗРАБОТКА СУБОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА СИНТЕЗА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ

Аннотация. Вычисление следа информационной матрицы Фишера в настоящей работе производится в терминах функций чувствительности выходных переменных. Существенно, что вычисление соответствующих функций чувствительности производится в контуре обратной связи, что приводит к применению метода динамического программирования, отличающегося от стандартной схемы. Различие заключается в необходимости решения системы линейных алгебраических уравнений при синтезе управляющей последовательности. Применение такой схемы синтеза управлений в работе обосновано, а также получены необходимые и достаточные условия существования и единственности решения указанной системы. Распределение энергии идентифицирующих сигналов между более и менее важными параметрами модели варьируется путем изменения весовых коэффициентов. Предложено на управляющую последовательность, синтезируемую на основе принципа детерминированной эквивалентности наложить дополнительное ограничение на след информационной матрицы Фишера.

Ключевые слова: Идентификация, алгоритм, управление, матрица, Фишер.

Введение. Для большого количества практически важных задач управления в технических отраслях, экономике, естественных и других науках характерна неполнота имеющейся априорной информации в знании свойств объекта управления и действующих на него возмущениях. Кроме того, имеющаяся информация в силу разных обстоятельств со временем может устаревать. Это обстоятельство приводит к тому, что построенные в таких условиях математические модели объекта управления и возмущений, несовершенны, поэтому не позволяют с необходимой точностью оценить влияние управляющих воздействий на процесс и привести его к требуемому режиму.

Для достижения заданного качества управления в таких условиях необходимо в процессе управления создавать условия для получения новой информации об объекте управления и среде, в которой он функционирует. Эту двойственную природу управляющих воздействий впервые отметил Фельдбаум А. А. [1], который указал, оптимальное управление помимо приведения объекта к заданному режиму должно способствовать созданию условий для извлечения новой информации. Теория дуального управления, дает оптимальное решение этой проблемы, но реализация его во многих практически важных случаях принципиально весьма сложна.

В этой связи весьма актуальной задачей является разработка подходов, позволяющих получить субоптимальное решение, обладающее требуемыми свойствами, но более приемлемое для практической реализации. В рамках такого направления весьма важной является проблема оценки количества информации, производимой в системе управления с обратной связью. А также использование полученных соотношений для разработки алгоритмов обеспечивающих уменьшение имеющейся неопределенности, в той мере, в какой это требует оптимизация критерия качества управления, но более приемлемых с практической точки зрения.

Методы. Рассмотрим задачу управления системой [1], состоящую в синтезе в момент времени k управляющей последовательности, минимизирующей следующий критерий качества:

$$J = M\{\sum_{j=k}^{k+N-1} [x^T(j+1)Q(j+1)x(j+1) + u^T(j)R(j)u(j)]\}, \quad (1)$$

где $Q(j+1)$ и $R(j)$ – симметрические, положительно определённые матрицы соответствующих размерностей;

N – положительное целое число, длина интервала управления.

Управляющая последовательность, минимизирующая критерий (1), будет определяться на основании принципа детерминированной эквивалентности, предполагающего решение задачи синтеза при замене всех неизвестных случайных переменных на их текущие условные оценки. Такое управление, как известно [2], не обладает дуальным эффектом [3] и не может способствовать изучению объекта. Поэтому модифицируем управление путем введения аддитивной составляющей, обеспечивающей эффект зондирования, и позволяющей решить проблемы идентифицируемости в замкнутом контуре управления, а также сделает возможным целенаправленное влияние на поступление новой информации об объекте [4-8].

Определим управляющую последовательность в виде:

$$u(j) = u^{ДЭ}(j) + (-1)^j \cdot \delta_i, \quad j = k, \dots, N-1, \quad (2)$$

$$\delta_i = \delta, i = k, \dots, N-2; \quad \delta_{N-1} = 0.$$

где $u^{ДЭ}(j)$ – управляющая последовательность, определяемая с привлечением принципа детерминированной эквивалентности для критерия (1) и системы, в которой используются текущие оценки параметров модели и случайные переменные заменены на их математические ожидания, а для решения задачи синтеза управлений применяется метод динамического программирования.

δ – амплитуда тестового приращения.

Такая разновидность тестовых сигналов для идентификации привлекательна тем, что их корреляционные свойства близки свойствам белого шума, что гарантирует ряд преимуществ. Определим управляющую последовательность в виде:

$$u(j) = u^{ДЭ}(j) + \delta_i \cdot \xi(j), \quad j = k, \dots, N-1,$$

$$\delta_i = \delta, i = k, \dots, N-2; \quad \delta_{N-1} = 0.$$

где $\xi(j)$ – псевдослучайная последовательность с заданными параметрами.

В двух последних выражениях для управляющих последовательностей задано $\delta_{N-1} = 0$, потому что идентифицирующее приращение в момент времени $N-1$ должно быть равным нулю, т. к. информация для момента времени N не требуется. Или, другими словами, риск изучения должен быть отсутствовать.

В соответствии с методом Монте – Карло неизвестные параметры $\theta = [\theta_1 \ \theta_2]^T$ и помеха $w(k)$ будут генерироваться с помощью источника нормально распределенных случайных чисел с параметрами распределения $N(\bar{\theta}, \Sigma^{\theta\theta})$ и $N(0, G_w)$, т. е. со средними $\bar{\theta}$ и 0 и ковариациями $\Sigma^{\theta\theta}$ и G_w , соответственно. Начальные условия для вектора параметров x_0 сгенерированы в соответствии с нормальным законом распределения с параметрами $\bar{x} = [5]$, $G_x = \begin{bmatrix} 0.0001 & 0 \\ 0 & 0.0001 \end{bmatrix}$.

Результаты имитационного моделирования. При решении поставленной задачи было сделано по 20 реализаций для каждого из трех алгоритмов [9-11], результаты которых сведены в таблицу 1. В процессе моделирования исследовалось влияние алгоритмов на такие показатели как след информационной матрицы Фишера, взвешенные суммарные затраты на

управление, значения критерия качества. Для каждого из показателей были вычислены средние арифметические значения и их дисперсии.

Для алгоритмов с идентифицирующим приращением амплитуда последних варьировалась, что обеспечило соответствующие значения следа информационной матрицы Фишера. Далее при постановке задачи разработанного алгоритма в ограничении [1] значения параметра δ были заданы исходя из значений следа информационной матрицы Фишера, достигнутых в двух других алгоритмах. После чего было определено в результате применения численной процедуры соответствующее значение множителя Лагранжа λ , для которого были выполнены 20 реализаций по методу Монте – Карло так, как это было описано выше. Результаты экспериментов были обработаны так же как для двух других алгоритмов. Такой подход делает возможным сравнение всех алгоритмов в одинаковых условиях в смысле обеспечиваемого значения следа информационной матрицы Фишера, и, следовательно, достижимой точности оценивания идентифицируемых параметров модели объекта. Таким образом, анализ таблицы 1 позволит определить за счет каких ресурсов управляющих последовательностей были обеспечены одинаковые условия для идентификации.

Таблица 1

Алгоритм 1	δ	1	2	3	4	5
	След ИМФ	477	602	629	712	733
	Суммарная энергия управления	14,1	14,4	14,6	15,0	16,4
	Значение критерия качества	99	102	103	104±	105
Алгоритм 2	δ	1	2	3	4	5
	След ИМФ	529	543±90	573±132	828±157	960±158
	Суммарная энергия управления	14,6	15,2	16,6	18,6	19,8
	Значение критерия качества	109	112±40	114	117	124
Алгоритм 3	λ	0,132	0,225	0,375	0,414	0,559
	След ИМФ	567	619	697±100	813	971
	Суммарная энергия управления	16,3	17,8	18,3	19,3	21,4
	Значение критерия качества	101	102	104	106	124

Для первых двух алгоритмов параметр δ был использован для того, чтобы варьировать амплитуду идентифицирующего приращения. Из таблицы видно, что при больших значениях параметра δ суммарная энергия управления выше, и, как следствие, был обеспечен более высокий темп поступления информации (следа информационной матрицы Фишера). В целом показатели второго алгоритма несколько выше, чем у первого. Кроме того, статистические свойства псевдослучайного идентифицирующего приращения (близость к характеристикам белого шума) более благоприятны для идентификации. Значительно больший разброс характеристик второго алгоритма, проявившийся в виде значений среднеквадратического отклонения, объясняется тем, что на процесс его имитационного моделирования оказывают

воздействие два источника случайных сигналов. Это аддитивный шум в модели объекта управления, а также имитатор белого шума - псевдослучайный сигнал, используемый в качестве идентифицирующего приращения.

Обсуждение. Из рассмотрения таблицы 1 видим, что при одинаковых характеристиках идентифицирующего приращения в первых двух алгоритмах обеспечиваемые значения следа информационной матрицы Фишера близки. При имитации работы третьего алгоритма задаваемое значение параметра γ было установлено равным достигнутым значениям следа информационной матрицы Фишера для двух первых алгоритмов, после чего имитационное моделирование запускалось. По третьей строке таблицы видим, что при сравнимых значений следа информационной матрицы Фишера для всех алгоритмов, суммарная энергия управления у третьего алгоритма ниже, чем у первых двух. Это характерно для третьего алгоритма благодаря тому, что синтез управляющей последовательности производится в структуре цепи обратной связи, регулировать оптимальным образом распределение энергии управляющей последовательности между достижением цели управления и воздействием на функции чувствительности с целью приведения их к заданному значению.

Необходимо отметить, что первые два алгоритма достаточно широко применяются благодаря своим возможностям. Во – первых, при их использовании обеспечиваются условия идентифицируемости, во – вторых, их корреляционные свойства близки к характеристикам белого шума. Однако в этих алгоритмах вопрос подбора параметров идентифицирующего приращения, определяющего его свойства, неоднозначен и представляет самостоятельную задачу. В то же время в третьем алгоритме параметр ограничения на след информационной матрицы Фишера может задаваться исходя из требуемого значения суммы дисперсий оценок коэффициентов модели объекта.

При имитационном моделировании третьего алгоритма задание параметра γ производилось исходя из значений желаемого следа информационной матрицы Фишера, полученного для первых двух алгоритмов. Далее численно решалась задача условной оптимизации средствами пакета Матлаб. Полученные значения параметра λ использовались для имитации работы третьего алгоритма. Результаты 20 реализаций были обработаны и внесены в таблицу. Из ее рассмотрения видно, что показатели третьего алгоритма выше, чем у двух других. Кроме того, третий алгоритм имеет важное преимущество – с путем задания весов в матрице W есть возможность для более значимых параметров модели перераспределить энергию управлений с тем, чтобы соответствующие элементы информационной матрицы Фишера получили бы большие значения.

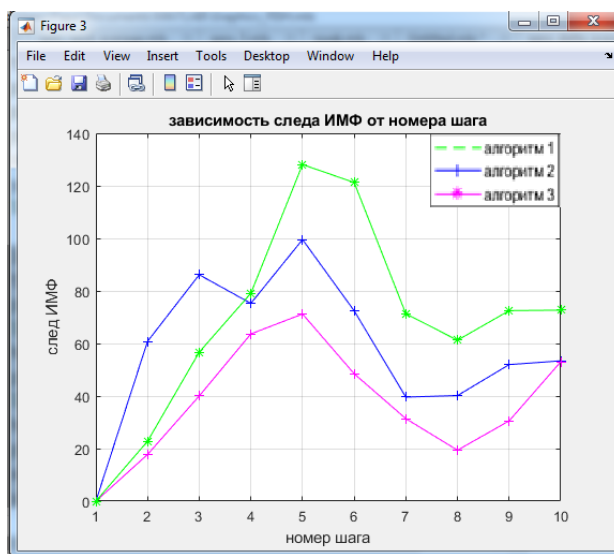


Рисунок 1. Зависимость следа ИМФ от номера шага

На рисунке 1 представлены графики зависимостей амплитуд управляющих воздействий от номера шага для представленных выше трех алгоритмов. Суммарные мощности каждого из алгоритмов приведены в таблице.

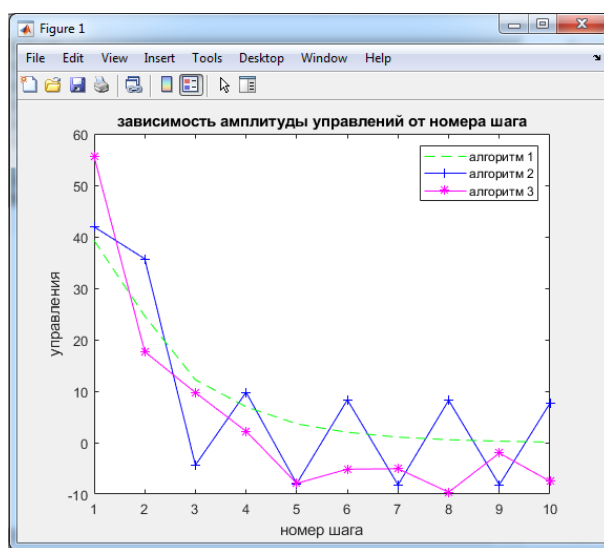


Рисунок 2. Зависимостей амплитуд управляющих воздействий от номера шага

Как это следует из рисунка 2, алгоритмы 1 и 2 имеют серьезный недостаток – так как это заложено в алгоритмах, величина идентифицирующих приращений в них постоянна и не зависит от номера шага интервала управления. Это не вполне логично, так как к концу интервала управления уже накапливается определенное количество информации, которая может быть использована на уточнение текущих оценок параметров модели. Уточнение оценок параметров делают возможным более точное приведение объекта управления к требуемому режиму, повышение или сохранение темпа получения новой информации не вполне оправдано. Поэтому было бы целесообразно к концу интервала изменить соотношение между целями управления и изучения в сторону уменьшения затрачиваемых ресурсов на цели идентификации.

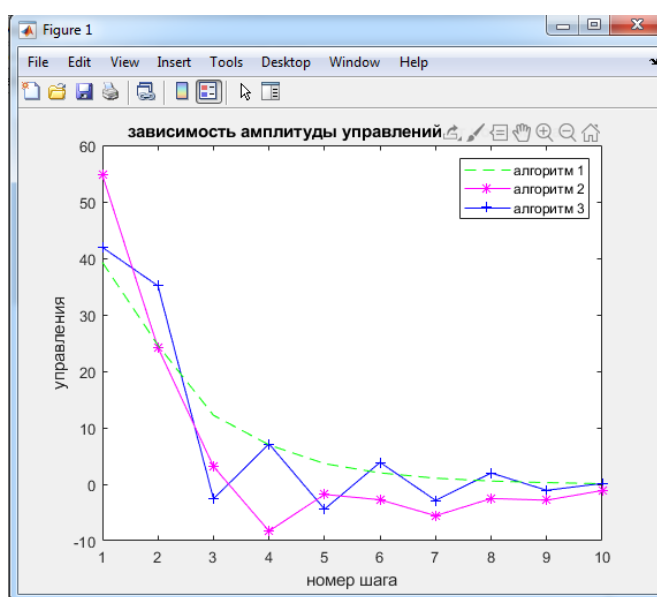


Рисунок 3. Зависимость амплитуды управления

Из ее рассмотрения видим (рисунок 3), что суммарная мощность алгоритма 1 и алгоритма 2, как и ожидалось, уменьшились, но суммарная мощность третьего алгоритма по – прежнему ниже, чем у двух других, но разница несколько уменьшилась. Значения критериев качества алгоритма 1 и алгоритма 2 также уменьшились, но значительно выше, чем у алгоритма 3. Это объясняется тем, что алгоритм 3 распределяет энергию управляющих воздействий между рисками действия и изучения субоптимальным образом, но делает это лучше, чем два других. Кроме того, среднеквадратическое отклонение показателей для алгоритма 2 существенно больше, чем у двух других. Это обстоятельство является следствием того, что в алгоритме 2 присутствует имитатор белого шума - псевдослучайная переменная, которая отсутствует в двух других алгоритмах.

Выводы. Решена задача управления линейной системой с квадратическим критерием качества, модель которой содержит неизвестные параметры. Для целенаправленного обеспечения поступления новой информации об объекте предложено на управляющую последовательность, синтезируемую на основе принципа детерминированной эквивалентности наложить дополнительное ограничение на след информационной матрицы Фишера. Поставленная задача решена методом динамического программирования, получены условия существования и единственности управляющей последовательности. Качество и свойства разработанного алгоритма исследовано с помощью метода статистического моделирования. Результаты имитационного моделирования в сопоставлении с другими известными подходами показали эффективность и гибкость алгоритма.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Тасанбаев С.Е., Есилова А.М., Арыстанбаев К.Е. Проблемы синтеза управляющей последовательности в условиях неопределенности// Материалы за XV международна научна практична конференция «Бъдещето въпроси от света на науката»: София - 2019. –С.44-51.
- [2] Фельдбаум А. А. Теория дуального управления. Автоматика и телемеханика, 1960, т. 21, №9, стр. 1240 – 1249; №11, стр. 1453 – 1464; 1961, т. 22, №1, стр. 3 – 16; №2, стр. 129 – 142.
- [3] Я. Бар – Шалом, Э. Ци. Концепции и методы стохастического управления. В кн. Фильтрация и стохастическое управление в динамически системах. Под ред. К. Т. Леондеса. М, Мир, 1980, с. 74 – 122.
- [4] Чубич В. М. Активная параметрическая идентификация стохастических динамических систем на основе планирования экспериментов. дисс. на соискание ученой степени доктора технических наук. Новосибирск, 2013.
- [5] Гроп Д. Методы идентификации систем. – М.: Мир, 1979. – 302 с.
- [6] Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя. М.: Наука, 1991. – 432 с.
- [7] Цыпкин Я. З. Информационная теория идентификации. М.: Наука. Физматлит, 1995. — 336 с.
- [8] R.K.Mehra. Optimal Input Signals for Parameter Estimation in Dynamic Systems-Survey and New Results. IEEE Transactions on Automatic Control, Vol-19,6,1974, pp.753-768.
- [9] Горский В. Г., Адлер Ю. П. , Талалай А. М. Планирование промышленных экспериментов (модели динамики). М. :Металлургия,1978,112с.
- [10] N.M.Filatov, H.Unbehauen. Survey of adaptive Dual Control Methods. IEE Proc. Control Theory Appl. Vol.147, №1, 2000, pp.118-128.
- [11] A.A.Lopes-Toledo. Optimal Policies for Identification of Stochastic Linear Systems. IEEE Trans. AC-20 (6), pp.754-766.
- [12] C.S.Padilla, J.B.Cruz. Sensitivity Adaptive Feedback with Estimation Redistribution. IEEE Transactions on Automatic Control, Vol-AC-23,3,pp.445-451.

¹С.Тасанбаев, ²К. Арыстанбаев, ²А.Умаров

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

²Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы, Шымкент, Қазақстан

e-mail: 201ukgu@mail.ru

БАСҚАРУ АЛГОРИТМДЕРІН СИНТЕЗДЕУДІҢ СУБОПТИМАЛДЫ ӘДІСІН ЖАСАУ

Андатпа. Осы жұмыста Фишердің ақпараттық матрицасының ізін есептеуі шығыс айнымалыларының сезімділік функциялары тұрғысынан жүзеге асырылады. Сезімділіктің тиісті функцияларын есептеуі кері байланыс тізбегінде жүзеге асырылады, бұл стандартты схемадан өзгеше динамикалық бағдарламалау әдісін қолдануға әкеледі. Айырмашылығы басқару тізбегін синтездеу кезінде сызықтық алгебралық теңдеулер жүйесін шешу қажеттілігінде жатады. Жұмыста мұндай басқару синтезінің схемасын қолдану негізделген, сонымен қатар осы жүйенің шешімінің болуы мен бірегейлігі үшін қажетті және жеткілікті жағдайлар алынды. Модельдің маңызды немесе аз маңызды параметрлері арасында сәйкестендіру сигналдарының энергиясын бөлуі салмақ коэффициенттерін өзгеру арқылы өзгереді. Фишердің ақпараттық матрицасының ізіне қосымша шектеу қою үшін детерминистік эквиваленттік принцип негізінде синтезделген басқару тізбегі ұсынылады.

Кілттік сөздер: сәйкестендіру, алгоритм, басқару, матрица, Фишер.

¹S.Tasanbaev, ²K.Arystanbayev, ²A.Umarov

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

²South Kazakhstan Medical Academy, Shymkent, Kazakhstan

e-mail: 201ukgu@mail.ru

DEVELOPMENT OF A SUBOPTIMAL METHOD FOR THE SYNTHESIS OF CONTROL ALGORITHMS

Abstract. The computation of the trace of the Fisher information matrix in this work is carried out in terms of the sensitivity functions of the output variables. It is essential that the computation of the corresponding sensitivity functions is performed in a feedback loop, which leads to the application of a dynamic programming method that differs from the standard scheme. The difference lies in the need to solve a system of linear algebraic equations in the synthesis of the control sequence. The use of such a control synthesis scheme in the work is justified, and necessary and sufficient conditions for the existence and uniqueness of the solution of the specified system are obtained. The distribution of the energy of identification signals between more and less important parameters of the model is varied by changing the weighting factors. It is proposed to impose an additional constraint on the trace of Fisher's information matrix on the control sequence synthesized on the basis of the principle of deterministic equivalence.

Key words: Identification, algorithm, control, matrix, Fisher.

Ж.К. Абдугулова*, Б.А. Бектұрған, Е.Б.Қабзитов

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

*e-mail: janat_6767@mail.ru

ТЕМІРБЕТОН БҰЙЫМДАРЫН ӨНДІРУГЕ АРНАЛҒАН ҚҰЮ МАТЕРИАЛДАРЫНЫҢ ПРОЦЕСТЕРІН БАСҚАРУДЫҢ ОҢТАЙЛЫ ЖҮЙЕСІН АВТОМАТТАНДЫРУ

Андатпа. Бұл мақалада темірбетон бұйымдарын өндірудің стенд, конвейер және агрегаттық әдістері қолданылады. Темірбетон бұйымдарын өндіруге қосылатын химиялық және минералды қоспаларды қолдана отырып, темірбетон бұйымдарын тасымалдау, жеткізу және ыңғайлы сақтау әдістері көрсетілген, темірбетон бұйымдарын әзірлеудің математикалық моделі ұсынылды. Математикалық модельдеу әдістері, автоматты басқару және алгоритмдер теориясы пайдаланылады. Өндірістік процестерді модельдеу және жүйелік талдау кәсіби математикалық пакеттер қолданылады. Мөлшерлеу процесінің математикалық моделі ингредиенттердің жаппай шығуының бақылау әсерлеріне математикалық тәуелділігін белгілеуді қамтамасыз етеді, әр түрлі диспенсерлер үшін олардың өнімділігінің есептеу формулалары әр түрлі болады. Сұраныстың өзгеруіне байланысты дайын құрастырмалы өндіріс процесінің моделі жасалады, басқару параметрлері өзгермелі құрама темірбетон өндірісін басқарудың автоматтандырылған жүйесі қарастырылған.

Негізгі сөздер: темірбетон, цемент, конвейер, хоппер, стенд, болат, арматура.

Кіріспе. Қазіргі уақытта әртүрлі мақсаттарға арналған конструкциялар мен бұйымдар танымал. Ең танымал конструкциялардың бірі - темірбетон бұйымдары. Темірбетон бұйымдарын өндіру әдістері мыналарды қамтиды:

- күшейту;
- колонды қабылдау және таңбалау;
- қиылысуларды нысандарын;
- араластыру цехына бетон қоспасын дайындау, мөлшерлеу және тасымалдау;
- пішіндерді тазалау және майлау;
- дайын темірбетон бұйымдарын қоймаға жөнелту.

Қазақстанда «Темірбетон» ЖШС – электр желісі нысандары мен қосалқы станциялар құрылысын центрифугаланған және тербеліске ие темірбетон тіреулермен қамтамасыз ететін өндірістік кәсіпорын, сондай-ақ теміржол мен кәдуілгі құрылысқа арналған темірбетон бұйымдар мен конструкциялардың түр-түрін шығарады. Кәсіпорын Қазақстандағы бұйымдарды центрифугалық қалыптау технологиясына ие жалғыз компания. Өндіріс базасының аумағы, шығарылатын өнімнің саналуан түрі мен мөлшері жағынан «Темірбетон» ЖШС Қазақстанның Энергетика саласындағы ең ірі кәсіпорындар қатарына кіреді. Tassay TemirBeton ЖШС - компаниясы бетон, гипс және цемент өнімдерінің кең ассортиментін шығарады, сонымен қатар дайын бетонмен қамтамасыз етеді. Шымкент қаласы бойынша әр түрлі маркалы дайын бетондарды жеткізуді ұйымдастырады. Оңтүстік Қазақстанда құрылысқа қажетті бұйымдардың 80 пайызы өндіріледі. Бүгінгі таңда аймақта құрылысқа арналған жабдықтар, бұйымдар мен конструкциялар шығаратын 30 ірі және орта кәсіпорын, 125-тен астам цех жұмыс істейді. Солардың бірі - «Оңтүстік құрылыс сервис» ЖШС-гі. Шымкенттегі темір-бетон өнімдерін шығаратын индустриалды құрылыс комбинаты жұмыс істейді.

Құрылыстың тез өсуі және жетілдірілуі – келе жатқан ғасырдың маңызды тенденцияларының бірі. Тұрғын үй, қоғамдық және өндірістік ғимараттардың құрылысында бетон және темірбетон бұйымдары кеңінен қолданылады.

Қазіргі заманғы құрылыста шикізат түрі, ғимараттар мен құрылыстардың алдын-ала және монолитті құрылысында өндіріс технологиясы бойынша ерекшеленетін әртүрлі мақсаттағы бұйымдар мен конструкциялар кеңінен қолданылады. Ең жаппай құрылымдардың бірі - зауыттарда немесе полигондарда жасалған және құрылыс объектілеріне дайын түрде жеткізілетін темірбетон. Темірбетон бұйымдарын шығаратын кәсіпорындарда өндірілетін өнімнің сапасын тұрақтандыру үшін басқару жүйелері енгізілуде, бұл бетонның ең қымбат компоненті - цементті үнемдеуге мүмкіндік береді.

Нарық жағдайында мұндай кәсіпорындардың болуы өндіріс процесінде икемді өзгеру мүмкіндігінің болуын болжайды. Мәселен, өнімге сұраныстың күрт, бірақ қысқа мерзімді өсуімен қысқа мерзімде қойылатын талаптарға қол жеткізетін өнімдерді шығару үшін технологиялық желіні орнату қажет. Өнімге деген сұраныстың төмендеуімен-өндіріс шығындарын мүмкіндігінше азайту. Өндірілетін өнімнің сапасын тұрақтандыратын басқару жүйелерінен басқа, темірбетон зауыттары үшін қазіргі нарықтық жағдайға сәйкес кәсіпорынның өмірін қамтамасыз ете алатын өндірістік процесті басқарудың осындай стратегиясын жасауға мүмкіндік беретін автоматтандырылған басқару жүйелерін енгізу өзекті болып табылады.

Бұл мақаланың мақсаты кәсіпорынның егжей-тегжейлі сипаттамасын қарастыру, өндіріс процесінің негізгі кезеңдерін қарастыру үшін келесі міндеттерді шешу қажет:

1. Құрастырмалы темірбетон өндірісінің технологиялық процесін (ТР) басқару объектісі ретінде зерттеу:

- а) құрастырмалы темірбетон өндірісінің қолданыстағы технологияларын зерттеу;
- ә) технологиялық операцияларды зерттеу;
- б) бетонның сапасы мен қасиеттерінің көрсеткіштерін қарастыру;
- в) бетон қоспасы мен темірбетон бұйымдарының қасиеттерін бақылау және басқару мүмкіндігіне талдау жүргізу;
- г) темірбетон зауытының өндірістік процесіне ауыспалы сұраныстың әсерін зерттеу; өндірістік процесс режимдерінің өзгеруінің өнімнің сапасы мен өзіндік құнына әсерін зерттеу.

2. Өзгермелі сұраныс жағдайында құрастырмалы темірбетон өндірісінің технологиялық процесінің имитациялық моделін әзірлеу.

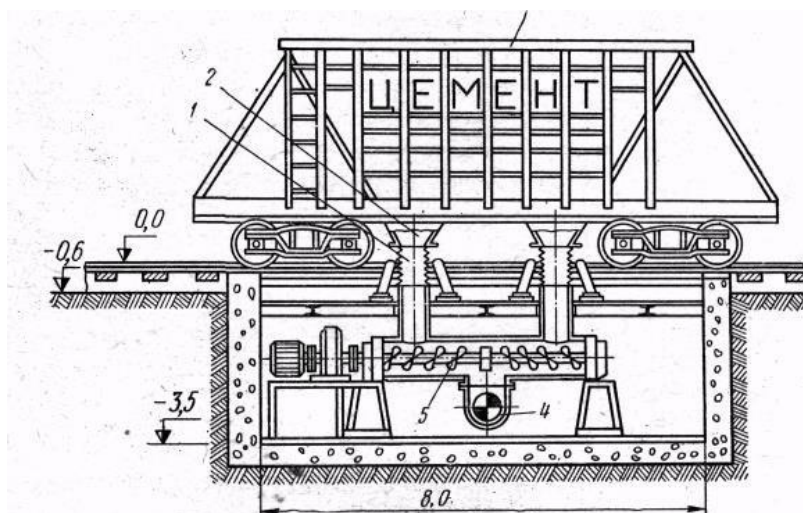
3. Басқарудың ауыспалы өлшемдерімен құрастырмалы темірбетон өндірісін басқарудың автоматтандырылған жүйесін әзірлеу:

- Технологиялық процестің математикалық моделі үшін басқарудың әртүрлі стратегияларын беру мүмкіндігін қамтамасыз ету;
- басқарудың әртүрлі стратегияларының өндірістік процестің нәтижелеріне әсерін зерттеу;
- өндірістік процеске сұраныстың өзгеруінің теріс әсерін азайту тәсілдерін анықтау;
- нақты кәсіпорынға әзірленген басқару жүйесін енгізу үшін қажетті іс-шаралар тізбесін әзірлеу;
- әзірленген басқару жүйесін енгізу перспективаларын қарастыру.

Материалдар және зерттеу әдістері. Математикалық моделдеу әдістері, автоматты басқару теориясы, алгоритмдер теориясы пайдаланылады. Өндірістік процестерді модельдеу және жүйелік талдау кәсіби математикалық пакеттерді (Scada, Simulink) қолдану арқылы жүргізіледі.

Шығарылатын өнімге өзгермелі сұраныстан туындаған басқарудың өзгеретін критерийлері жағдайында алдын-ала дайындалған темірбетон бұйымдарының өндірісін басқару жүйесі мен технологиялық процесіне талдау жасалады. Осы талдау негізінде құрастырмалы темірбетон бұйымдары өндірісін басқарудың автоматтандырылған жүйесі әзірленеді. Темірбетон бұйымдарын өндіру процессінде қолданылатын тәсілдер мен әдістер қарастыла отырып, анализ жасалады. Темірбетон бұйымдарын жасау үшін қолданылатын химиялық қоспалар зерттеледі.

Маневрлік локомотивпен "беру" вагондарды есептік немесе нақты мөлшерде тіркеу түсіру үшін түсіру жолына беріледі. Оларды одан әрі жылжыту және қабылдау құрылғысының үстіндегі көрме тарту шығырлары немесе жетек итергіштері арқылы жүзеге асырылады әдетте 5 немесе одан аз вагоннан платформадан беру үшін. Сурет 1 сәйкесінше, хоппер типтегі мамандандырылған вагондардан ауырлық және жабық вагоннан сору типіндегі пневматикалық жүк көтергіш цементті түсіру нұсқалары көрсетілген.

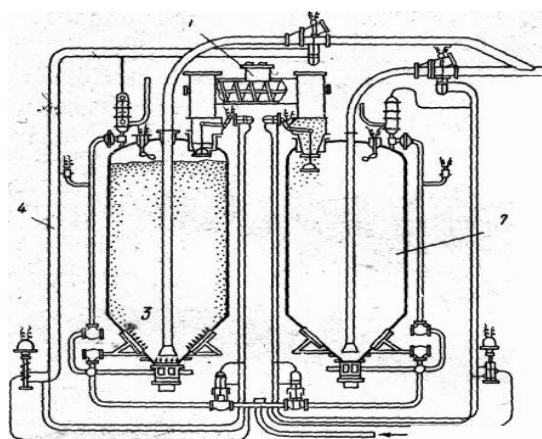


1-сурет. Бункерлік үлгідегі темір жол вагоны (хоппер) түсіру кезінде

1- икемді қабылдау жеңі; 2 - түсіру люгі; 3 - өздігінен түсірілетін вагон; 4 - бұрама немесе камералық сорғыға цемент беруге арналған көлденең бұрама транспортер; 5 - екі жақты бұрама транспортер.

Темір жол цистерна-цемент тасушыларынан түсіру одан әрі автомобиль цемент тасушыларынан түсіру технологиясына ұқсас жүзеге асырылады. Цементпен жұмыс істеу үшін сығылған ауаны кептіру керек, ол үшін алдымен май ұстайтын сүзгілер арқылы, содан кейін арнайы сүзгілер силикогель және басқалары арқылы өтеді.

Цементті қоймадан бетон араластырғыш тораптарға беру үшін шығыс бункерлері бойынша бөлінетін бетон араластырғыш тораптардың бункер үстіндегі бөлімшесіне пневмокөлікті пайдаланады (сурет 2).



2-сурет. Екі камералы пневматикалық сорғы

1-куат беретін шнек; 2-резервуар; 3-түбінің аэрацияланған учаскелері; 4-сығылған ауа құбыры.

Сонымен қатар, цемент қоймасын жабық вагондардан байланыстырғышты қабылдау үшін жабдықтаған кезде жеткізу қашықтығы 200 м-ге дейін, биіктігі 30 м-ге дейін және өнімділігі 100 т/сағ дейінгі пневмосасығыш сорғылар қолданылады.

"Хоппер" жабық вагондарынан толтырғыштарды түсіру ауырлық күшімен жүзеге асырылады. Түсіру процесін ынталандыру үшін ілулі вибраторларды қолдануға болады. Аударылмалы платформалар пневматикалық думпкалар осы платформалармен жабдықталған және түсіру үшін сығылған ауа желісіне қосылған пневматикалық көтергіштердің көмегімен "бортқа" түсіріледі.

Толтырғыштарды сақтау олардың араласуына жол бермей, түрлері, маркалары, фракциялары бойынша бөлек жүзеге асырылады. Сақтау кезінде толтырғыштарды ластауға және мұздатуға жол берілмейді. Толтырғыштарды сақтауға арналған қоймалардың түрлері.

Ашық қоймалар: қатарлық, қатарлық-эстакадалық, эстакадалық - траншеялық, қатарлық - сакиналық, эстакадалық - жартылай бункерлік - траншеялық, материалдарды сақтауға жалпы жақындаған кезде техникалық жарактандырудың әртүрлі дәрежесімен сипатталады - олар ашық және қоршаған ортаның тікелей әсеріне ұшырайды.

Сұрыптау - бастапқы материалды фракциялар бойынша бөлу, оларды кейіннен мөлшерлеу үшін агрегаттың минималды бос және нақты бетін қамтамасыз етеді, бұл бетондағы цемент шығынын азайтуға мүмкіндік береді.

Байыту - кеуектілік пен меншікті бетті барынша азайту мақсатында оның гранулометриялық құрамына жетіспейтін фракцияларды енгізу жолымен агрегаттың сапасын жоғарылатудың қатар жүретін немесе жеке іске асырылатын әдісі.

Толтырғыштарды жуу шанды, сазды және сазды фракцияларды алып тастауды көздейді, бұл оның дәндерінің бетін цемент тасымен байланыстыруды нашарлатады, бұл бетонның беріктігін төмендетеді. Сонымен қатар, олар бетон қоспаларының "су қажеттілігін" арттырады, өйткені олардың тепе-теңдігін қамтамасыз ету үшін су шығынын көбейту қажет, бұл бетонның кеуектілігінің жоғарылауымен бірге жүреді.

Минералды қоспалар келесі негізгі міндеттерді шешу үшін бетондарда қолданылады. Цементке бетонға дисперсті минералды қоспаларды енгізу бетондағы аралас байланыстырғыштың көлемін арттырады, агрегаттар қоспасының бос болуын және оның құрылымының құйылуын қамтамасыз етеді. Егер цементтің су қажеттілігі цементтің су қажеттілігінен аспаса және басқаша өссе, цемент белсенділігінің шамамен төмендеуі енгізілген қоспа массасының 1% - дан 1% - ға арақатынасын ескеру қажет.

Ауыспалы қанықтыру - кептіру, мұздату - еріту, тұз әсері аймағында пайдаланылатын бетонның, әсіресе сәндік немесе декоративтік бояуы бар бұйымдар (мысалы, тротуарлық және өзге де плиталар, борт тастары үшін тұздың пайда болуын төмендету үшін белсенді SiO_2 құрамында кемінде 85% массасы бар микрокремнезем – минералды қоспа ретінде, цемент массасының 5% мөлшерінде техникалық және экономикалық негіздемеде 10% дейін қолдану ұсынылады.

Минералдық қоспаларды жеткізуді, түсіруді, сақтауды олардың агрегаттық жай-күйіне байланысты жүзеге асырады. "Кесек" қоспалармен шлактар, пемзалар, туфтар және т.б. жұмыстар толтырғыштарды қабылдау және сақтау схемасы бойынша жүргізіледі. Ұнтақталғаннан кейін (негізінен шар диірмендерінде ұнтақтау) құрғақ (ұнтақ түрінде) - цемент схемасы бойынша. Ылғал ұнтақтау жағдайында алынған целлюлоза масса тасымалданады, жиналады және өнімді өндірудің осы технологиялық процесінің ерекшеліктеріне сәйкес қолданылады.

Бетонға арналған су. Цемент бетонын жабу үшін ағынды ауыз су және техникалық су қолданылады. Бетон және ерітінді қоспаларын дайындау, бетонды суару және агрегаттарды жуу үшін суға келесі талаптар қойылады. Су құрамында химиялық қосылыстар мен қоспалар болмауы тиіс, олар цемент қамырын орнату мерзіміне, бетонның қатаю жылдамдығына, беріктігіне, аязға төзімділігіне және су өткізбеушілігіне, арматураның коррозиясына кесте 1-де көрсетілген нормалардан асатын шектерде әсер етуі мүмкін.

1-кесте. Химиялық қосылыстар мен қоспалардың құрамын шектеу

Судың аты	Шекті құрамы, мг, л			
	Еритін тұздар	Ион сульфаты	Хлорид иондары	Өлшенген бөлшектер
1	2	3	4	5
1. Алдын ала кернеулі темір-бетон конструкцияларын және айдалатын ерітіндіні дайындау кезінде бетон қоспасын тығындау үшін	3000	2000	600	200
2. Бекітілмейтін арматурасы бар бетон және темірбетон конструкцияларын дайындау кезінде бетон қоспасын, сондай-ақ құрылыс сылақ ерітінділерін және арматураланған тас қалауға арналған ерітінділерді бекіту үшін.	5000	2000	2000	200
3. Биік жерлердің пайда болуын шектеу бойынша талаптар қойылмайтын бетон арматураланбаған конструкцияларды дайындау кезінде бетон қоспасын, сондай-ақ арматураланбаған тас қалауға арналған құрылыс ерітінділерін бекіту үшін.	10000	2000	4500	300
4. Толтырғыштарды дымқыл сұрыптауды және салқындатуды қоса алғанда, толтырғыштарды жууға арналған	5000	2700	2000	500
5. Конструкцияларды, омонолиз - лауға жататын жіктердің беттерін және су ағызатын конструкциялардың беттерін бетондау үзілістері кезінде жұмыс жіктерін суару үшін, сондай-ақ бетон массивін құбырмен салқындату үшін	3000	2000	600	200
6. Бетон және темірбетон конструкцияларының сыртқы беттерін суару үшін	5000	2700	2000	500
7. Бетон конструкцияларының сыртқы беттерін суару үшін (су төгетін құрылымдардың беттерін қоспағанда), егер бетінде түсулер мен биіктіктер пайда болуы мүмкін болса	35000	2700	20000	500

Алынған нәтижелер және нәтижелерді талқылау. Бұйымдарды дайындаудың технологиялық процессін ұйымдастырудың тәсілдері, технологиялық желілерді құрастыру шешімдері.Стендтік өндіріс әдісі: мәні, қолдану саласы, технологиялық желілердің типтері.

Мәні және қолдану саласы. Стенд әдісі немесе технология пішіндердің стендтер, борт жабдықтары, паллеттер қозғалмайтындығымен сипатталады, ал технологиялық процесті жүзеге асыру кезінде орындаушылар мен жабдықтар қозғалады. Дайындық операциялары тазалау, майлау, арматуралау негізінен арматураны алдын ала тарту арқылы, қалыптау бетонды беру, төсеу және тығыздау, қосымша операциялар мысалы, қалыпталған бұйымдардың бетонын гидро, жылу оқшаулау және т.б. және жылумен өңдеу стендте стационарлық жағдайда, яғни бұйымдарды бөлшектеу сәтіне дейін қозғалмай жүзеге асырылады.

Бұл жағдайда технологиялық циклдің барлық операциялары өнімді бөлшектеуден және термиялық өңдеуден бастап дәйекті түрде жүзеге асырылады. Нәтижесінде бұл әдіс технологиялық циклдің ең үлкен ұзақтығымен сипатталады конвейермен немесе агрегаттық-ҚазҰТЗУ хабаршысы №6 2021

ағындық әдістермен салыстырғанда. Бетонды қатайту термиялық өңдеу аяқталғаннан кейін қажетті ұзындыққа кесілген ұзын өлшемді, тұтас дайындалған өнім түрінде қалыптасатын алдын-ала керілген көп қуыс еден плиталарын өндірудің стендтік технологиясы дамыды.

Ұзын стендтер алдын ала керілген бұйымдарды пакеттік, созылмалы және теспей қалыптау, сондай - ақ кернеусіз арматурасы бар бұйымдарды жасауға арналған стендтерге бөлінеді.

Пакеттік стендтер тікелей қалыптау цехында алдын-ала арматураны дайындауға арналған тиісті жабдықтары бар мамандандырылған желілермен жабдықталғандығымен сипатталады. Мысалы, пакеттерді немесе сымнан жасалған жіптерді; өлшеуіш ұзындықтағы "қамшыға" дайындалатын өзекті арматурадан жасалған арматуралық элементтерді; арқаннан жасалған арматуралық элементтерді және т. б.

Созылған стендтер кернеулі арматураның стендтің пішініне және оның тіректеріне технологиялық желінің бір шетінен басталып, стенд сызығының бүкіл ұзындығы бойымен тартылатындығымен сипатталады және келесі кернеу үшін қарама-қарсы жақтың тіректеріне бекітіледі.

Палубасыз қалыптау стендтері ұзақ созылған стендтер тобына жатады. Олардың ерекшелігі-өнімнің конфигурациясын құрайтын стационарлық формалардың болмауы.

Өндірістік тәжірибеде қысқа стендтердің келесі түрлері қолданылады:

- стенд-арқалықтар, фермалар және басқа да бұйымдарды дайындауға арналған күштік қалыптар; олардың конструкциясы пішінді тіреулерге бекіте отырып тартылатын, Керілетін арматурадан күштерді қабылдауды қамтамасыз етеді. Дайындалатын бұйымдардың типажына байланысты күштік стенд-қалыптар бетонды жылумен өңдеуді жүзеге асыруға арналған бу жейделерімен жарақталуы, не қалыптаушы элементтердің функциясын жүзеге асыруы және булау құрылғыларында шұңқырлы камераларда немесе алмалы-салмалы қалпақтардың астында орналасуы мүмкін;

- стенд-жылжымалы тіректері бар формалар конструкциясы күштік формалармен салыстырғанда металл сыйымдылығы аз, өйткені арматураның керілу күші одан тәуелсіз тіректерді қабылдайды, ал пішін элементтері пішін құраушы жабдық болып табылады; бірақ бұл жағдайда шығарылатын тіректерге бекітілген арматуралық элементтердің ұзаруына байланысты кернеулі арматураның шығыны артады;

- стенд-камералар, олардың дизайны еденнің шұңқырлы камерасында пішіннің орналасуын қамтамасыз етеді, ал камера қабырғалары тірек ретінде қызмет етеді; шын мәнінде, бұл стенд формаларының алдыңғы нұсқасының бір түрі, сол кемшілігі бар-арматураны тұтынудың артуы.

Конвейерлік өндіріс әдісінің жалпы сипаттамасына бетон және темірбетон бұйымдарын өндірудің конвейерлік әдісінің мәні оларды өндірудің технологиялық процесі бір уақытта тиісті бекеттерде орындалатын элементтік циклдарға бөлінеді және бөлшектеу, қалыптарды дайындау, арматуралау және т. б. жатады.

Қалыптарды вагонеткаларды, тұғырларды, борт жабдықтамаларды посттан постқа ауыстыру ағынның есептік мәжбүрлі ырғағымен дискретті желілердің жекелеген нұсқаларында – үздіксіз жүзеге асырылады.

Әр түрлі конвейерлік желілердің жобалық шешімдерінде бір немесе екі қатарлы, бір немесе екі деңгейлі камералар; тунельді өтпелі еден, шығарылатын, тереңдетілген камералар; формаларды бұйымдармен тік көтеру-түсіру жылжытатын камералар; тік-ұяшықты формаларды бұйымдармен жеке орналастыратын өтпелі камералар; формаларды бүйірден жылжытатын; тунельді тұйық камералар; қалыптарды жеке қосатын термопакеттер және т. б. іске асырылады.

Конвейер желілерінің түрлері мен орналасу шешімдері.

Тігінен тұйықталған конвейерлер - бұйымдарды жылумен өңдеуге арналған тереңдетілген саңылаулы өту камераларымен жабдықталған технологиялық желілер. Қалыптар-вагоншаларды түсіруге, оларды жылумен өңдеу камераларына (итергіштерге)

беруге, технологиялық желінің жұмыс конвейеріне жылумен өңдеуден кейін көтеруге арналған шұңқырлар мен құрылғылардың болуымен сипатталады.

Жұмыс конвейері өндірілетін бұйымдарды дайындау үшін қажетті элементтік циклдердің технологиялық операциялары жүзеге асырылатын бекеттер жиынтығын білдіреді. Өндірістің агрегаттық-ағындық тәсілінің мәні және ұтымды қолдану саласы

Агрегаттық – ағындық немесе агрегаттық тәсіл темірбетон бұйымдары, конвейер сияқты, оларды өндірудің технологиялық циклін жеке мамандандырылған посттарда орындалатын элементтік циклдерге бөлуге негізделген.

Айырмашылықтар, біріншіден, қарапайым циклдерге аз бөлінеді, яғни ағынның ырғағы конвейерлік өндіріс әдісіне қарағанда аз посттармен ұзағырақ болады. Ең көп таралған жобалық шешімдерде өнімді өндірудің агрегаттық-ағындық әдісінің технологиялық желілері посттардың болуымен сипатталады: бөлшектеу-қалыптарды дайындау борт жабдықтары, арматуралау, қалыптау және термиялық өңдеу. Ағым ырғағының уақытын арттыру нәтижесінде осы желілердің өнімділігі бір типті бұйымдарды дайындау кезінде конвейерден төмен болады.

Екіншіден, посттар арасындағы формалардың қозғалысы крандармен жүзеге асырылады; сирек – қосымша механизмдермен немесе конвейер желілерін жабдықтауға тән құрылғыларды, мысалы, жетек рөлдерін - гангтарды, қалыптарды қолдана отырып. Бұл ағым ырғағының жоғарылауының себептерінің бірі.

Үшінші айырмашылық-өнімді термиялық өңдеу мерзімді жұмыс принципінің камераларында қондырғыларында жүзеге асырылады. Яғни, жылу агрегаттарының пайдаланылған нұсқасы үшін есептелген формалар санының жинақталуына қарай өнімдері бар паллеттер. Нәтижесінде өнімді өндірудің технологиялық циклы өндірістің конвейерлік әдісіне тән үздіксіз жұмыс принципі бар камераларда термиялық өңдеудің тәуелсіз жеке нұсқасымен салыстырғанда ұзартылады.

Сонымен қатар, өндірістің агрегаттық-ағындық әдісі технологияның "икемділігін" сипаттайды. Мұндай технологиялық желілер гетерогенді өнімдерді шығаруға өте қарапайым. Көбінесе бұл үшін тиісті борттық жабдықтың болуы жеткілікті. Шектеулер негізінен қалыптау бекеттерінің жабдықталуына, сондай-ақ бұйымдарды жылумен өңдеу камераларының габариттері мен жабдықталуына байланысты. Мамандандырылған технологиялық желілер өнімнің нақты түрлерін өндіру ерекшеліктеріне сәйкес жинақталады және жабдықтармен жабдықталады.

Нәтижелерді талқылау. Темірбетон бұйымдарын өндіру технологиясының бірнеше әдісі көрсетілген.

1. Стенд әдісі пішіндердің стендтер, борт жабдықтары, паллеттер қозғалмайтындығымен сипатталады, ал технологиялық процесті жүзеге асыру кезінде орындаушылар мен жабдықтар қозғалды.

2. Конвейер желілерінің тән ерекшелігі орындалатын операцияларға сәйкес оның бекеттерінің жабдықтары, сондай-ақ бұйымдарды жылумен өңдеу үздіксіз жұмыс істеу қағидатының камераларында (агрегаттарында) ұйымдастырылатындығы болып табылды.

3. Агрегаттық – ағындық тәсіл темірбетон бұйымдары, конвейер сияқты, оларды өндірудің технологиялық циклін жеке мамандандырылған посттарда орындалатын элементтік циклдерге бөлуге негізделген.

Бетон араластыру қондырғысын оңтайлы басқару мәселесін математикалық тұжырымдау. Мөлшерлеу процесінің математикалық моделі ингредиенттердің жаппай шығуының бақылау әсерлеріне математикалық тәуелділігін белгілеуді қамтамасыз етуі керек (қоректендіргіштің айналу жылдамдығы, шиберлердің орналасуы және т.б.) әр түрлі диспенсерлер үшін олардың өнімділігінің есептеу формулалары әр түрлі болады. Бетон араластырғыш қондырғыларда кеңінен қолданылатын барабан диспенсері үшін өнімділік формуласын қарастырыңыз:

$$Q = 0,06FLzn6kp \quad (1)$$

Q - диспенсердің өнімділігі;

F және L - тиісінше көлденең қиманың ауданы (м) және қалтаның ұзындығы (м);

z - барабандағы қалта саны;

k -бірлік үлесінде көрсетілген қалталарды толтыру коэффициенті (0,8);

p - қалтаны толтыратын сусымалы өнімнің көлемдік массасы, кг/м³.

Уақыт өте келе айнымалыларды басқару жүйесі үшін осы қатынастағы барлық айнымалылардың ішінде қалады - барабан төңкерістерінің саны, p - қалтаны толтыратын сусымалы өнімнің көлемдік массасы. Бірақ p - бұл тітіркендіргіш әсер болғандықтан, оның өзгеруін автоматтандырылған басқару жүйесі өтейді.

Демек, дифференциалды түрде массаның I шығуының барабанның айналу жиілігіне тәуелділігі жазылады:

$$dQ/dt = k \, dn/dt \quad (2)$$

Оңтайлы рецептті есептеу міндеті келесідей тұжырымдалады: цемент, құм, қиыршық тас, су, химиялық қоспалардан тұратын бетон қоспасы компоненттерінің массалық қатынасын есептеңіз, онда әр компоненттің кіріс шегі мен рецепт сапасының шектеулерін ескере отырып, оның минималды құны қамтамасыз етіледі. Рецепттің сапасы оған кіретін компоненттердің санына байланысты, цемент, құм және қиыршық тас мөлшері бойынша анықталады.

Мәселені шешу саласы әр компоненттің минималды және максималды кіріс стандарттарының мәндерімен шектеледі, олар негізінен бетон сапасына қойылатын талаптармен анықталады (кесте. 2). Осы бетонға арналған стандарттарға сәйкес сапа көрсеткіштерінің мәндерімен, сондай - ақ рецептура бойынша санның теріс болмау шарттарымен белгіленеді.

2-кесте. Қоспа ингредиенттерінің компоненттері мен өлшеу диапазоны

Бетонды компоненттер (%)	min	Max
Щебень x_1	0	40
Құм x_2	0	40
Су x_3	10	20
Цемент x_4	20	40
Хим. қоспа x_5	0	5

Бетон формуласына сәйкес бетон қоспасын құрастыру мәселесінің математикалық моделі қоспаның құнын сипаттайтын мақсатты функциядан (сызықтық форма) тұрады.

$$F(x_i) = \sum_{i=1}^n c_i x_i \quad (3)$$

Сызықтық теңдеулер мен теңсіздіктер түріндегі шектеулер жүйесі:

$$A_{jmin} \leq \sum_{i=1}^n a_{ij} x_j \leq A_{jmax}$$

$$B_{jmin} = x_i \leq B_{jmax}$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = 100$$

Бетон қоспасының дірілдеу режимдерін және олардың бетонның беріктігіне әсерін зерттеу

Бұйымдарды дайындау үшін қолданылатын бетон қоспалары көп жағдайда тығыздалады. Бетон қоспасының тығыздалуы бетонның қасиеттеріне араластырудан да үлкен әсер етеді. Тығыздау бетонның беріктігінің күрт төмендеуіне әкеледі, оның беріктігі мен басқа да қасиеттерін нашарлатады. Бетон қоспасын тығыздау үшін оған механикалық әсер етудің негізгі әдісі-діріл. Бетон қоспасының тығыздау сапасы дірілді өндеудің таңдалған режимімен, оның қарқындылығы мен ұзақтығымен, сондай-ақ таңдалған діріл режимінің параметрлерінің бетон қоспасының қасиеттеріне сәйкес келуімен анықталады.

Аса қатты қоспаларды тығыздау үшін тиегішпен дірілдеу, дірілді сығымдау және дірілді қалыптау қолданылады. Құбырларды қалыптастыру үшін центрифугалау жиі қолданылады. Бетон қоспасын тығыздаудың басқа әдістері де белгілі, бірақ оларға қойылатын талаптар бірдей — олар бетон қоспасын тығыздаудың белгілі бір дәрежесін қамтамасыз етуі керек. Кәдімгі ауыр бетон қоспасы үшін тығыздау коэффициенті, яғни нақты тығыздықтың есептелген тығыздыққа қатынасы кемінде 0,98 болуы керек және 1-ге жақындауы керек.

Есептеу мысалы, 1 м³ бетонға материалдарды тұтыну кезінде Сатып алынған қоспаның тығыздау коэффициентін анықтаңыз: цемент 285 кг, су 175 л, құм 650 кг, қиыршық тас 1200 кг. цементтің тығыздығы - 3 кг/л; құм - 2,6; қиыршық тас - 2,58; су - 1.

Шешімі. Тығыздау коэффициентін екі жолмен есептеуге болады.

1. Сығылған қоспаның 1 м³ құрамындағы материалдардың абсолютті көлемінің қосындысының қатынасы ретінде есептейміз.

Материалдардың абсолюттік көлемдерінің сомасы: $(285/3) + (175/1) + (650/2,6) + 1200/(2,58) = 985 \text{ л} = 0,985 \text{ м}^3$.

2. Орташа тығыздықтың қатынасы ретінде есептейміз. Есептелген орташа тығыздық: $m_v^p = (285 + 175 + 650 + 1200)/0,985 = 2347 \text{ кг/м}^3$.

Тәжірибелік (нақты) орташа тығыздық белгілі әдіспен анықталды және $m_v^\phi = 2300 \text{ кг/м}^3$ құрады.

$$K_{\text{тығ}} = \frac{m_v^\phi}{m_v^p} = \frac{2300}{2347} = 0,979.$$

Оның берілген қарқындылығына байланысты діріл параметрлерін таңдау графикі көрсетілген. Көлеңкеленген аймақ тәжірибеде жиі кездесетін діріл жиіліктері мен амплитудаларына сәйкес келеді.

Қабылданған тербеліс параметрлері бар әр бетон қоспасы үшін дірілдің оңтайлы ұзақтығы бар.

Дірілдің жеткіліксіз ұзақтығымен бетонның толық тығыздалмауы және оның беріктігінің төмендеуі байқалады, тым ұзақ діріл бетонның тығыздығы мен беріктігінің айтарлықтай жоғарылауын бермейді.

Арматураның бетонмен байланысы арматура мен бетон арасындағы байланыс бетіндегі үздіксіз байланыс деп аталады, бұл олардың бірлескен жұмысын қамтамасыз етеді. Арматураның бетонмен байланысы олардың өзара ығысуға төзімділігін анықтайды. Жалпы ығысу кедергісі келесі негізгі физика-механикалық факторлармен анықталады:

- арматураның шығыңқы жерлері мен кедір-бұдырларының болуына байланысты бетонның майысуға және кесуге кедергісі;
- арматуралық өзектерді қысу салдарынан үйкеліс күштері;
- цемент желімінің адгезиясы салдарынан арматураны бетонмен желімдеу арқылы.

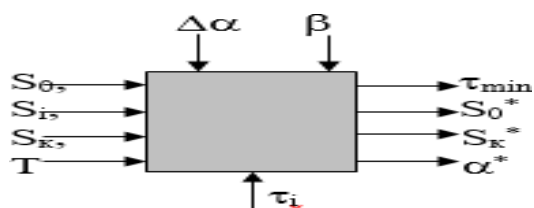
Арматуралық шыбықтар қалыптың қабырғалары арқылы өтетін жерлерде, мысалы, діріл кезінде цемент "сүтінің" ағып кетуіне жол бермеу үшін резеңке сақиналардың көмегімен тығыздау қажет. Ғимараттарды монолитті әдіспен салу кезінде немесе зауытта темірбетон

бұйымдарын жасау кезінде қалыпты жағдайда бетонның қатаюын тездету үшін цементті белсендірудің әртүрлі әдістері қолданылады: цементті құрғақ немесе дымқыл тәсілмен қосымша ұнтақтау (2-3% гипсті ұнтақтау кезінде қосымша енгізу мүмкіндігімен);

- пластификациялайтын қоспаларды, оның ішінде супер пластификаторлар қоспаларын пайдалану есебінен бітеу суын азайту;
- тез қататын немесе аса тез қататын байланыстырғыштарды қолдану;
- бетонның қатаюын тездететін химиялық қоспаларды енгізу.

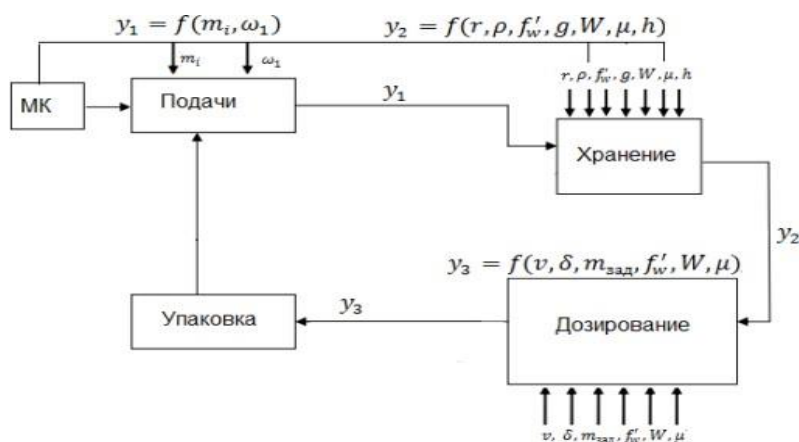
Кіріс, шығыс және бұзушы айнымалылардың тізімі

Шығыс сипаттамалары компонент элементтері мен заттарының консистенция дозаларында, S_0 , S_i , S_k сынамасының тең массасында, тұрақты араластыру кезеңінде бірінші және соңғы орташа квадраттық сәйкессіздігімен тұрақты араластыру $\Delta\alpha$ өзгерісінің сегменттері қалыптасады (сурет 3).



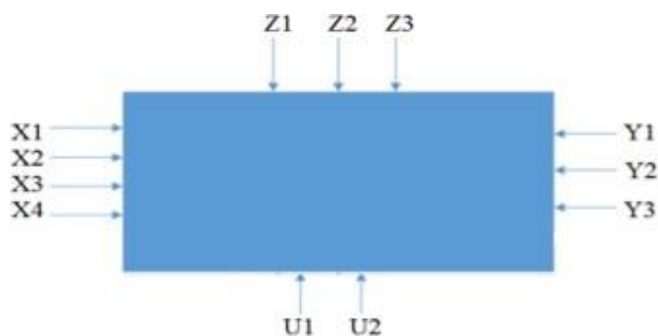
3-сурет. Жалпы процестің сипаттамалары

Өндіріс процесіндегі аралық операциялардың құрылымдық схемасы келесі сурет 4-те бейнеленген.



4-сурет. Өндіріс процесіндегі аралық операциялардың құрылымдық схемасы

Басқару объектісінің параметрлік түріндегі нысаны төмендегі сурет 5-те көрсетілген.



5-сурет. Басқару объектісінің параметрлік түріндегі нысаны

Мұндағы, X_1 -ылғалдылық мөлшері, W [%];

X_2 - бөлшектердің мөлшері;

X_3 - ағу коэффициенті, C_d ;

X_4 - тұтыну, q_1 [m^3];

U_1 - дозатордың айналым жылдамдығы, ω^1 [рад/сек];

U_2 -бункерге кіру жылдамдығы, ω^2 [рад/сек].

Шығыс сипаттамалары ретінде қарастырамыз:

Y_1 -масса (көлемдік шығын), q^2 [m^3];

Y_2 – тиімділік, Q [өнім/мин];

Y_3 – бункердегі саны, h [м].

Бұзушы факторлар ретінде қарастырылады:

Z_1 -шығу коэффициентін түрлендіру, C_d ;

Z_2 -тығыздықты түрлендіру, ρ [кг/ m^3];

Z_3 -таратқыштың айналым жылдамдығын түрлендіру ω^2 [рад / сек].

Материалдарды қоймаға түсіргеннен кейін араластыру цехының қабылдау бункерлеріне таспалы қоректендіргіштер бойынша жіберіледі. Ол бункерлердің үстінде орналасқан, материалды автоматты түрде алты қабылдау силосына бөледі. Әр бункерде деңгей сенсоры бар, деңгей сенсоры өз кезегінде бункерлерде бетон қоспасын дайындау үшін қажетті материалдың мөлшерін анықтайды.

Дозаның жалпы көлемі пневматикалық секторлық ысырма мен ленталық конвейерді қолдана отырып, рет-ретімен орындалады. Дозалау электрлік жүктеме жасушасын қолдану арқылы жүреді. Таспалы конвейерлердің белгілі бір саны кеңейтілген сазды немесе басқа агрегаттарды үлкен мөлшерлеу үшін импульстік сенсорларды қолданады. Су жылы су мен сумен жабдықтау ыдысынан бетон араластырғышқа жіберіледі. Суды тарату үшін пневматикалық клапан және жүктеме жасушасы бар электронды таразы қолданылады. Әрі қарай, су тарату құбыры арқылы қажетті араластырғышқа ағып кетеді.

Бетон цехы сығылған ауаны қажетті жеткізумен және атқарушы механизмдерге дайындық жүйесімен жабдықталған. Сығылған ауаны бақылау жүйесі майлау және тазалау үшін арнайы өнімдерді қамтиды, дыбыс сіңіру және сығылған ауаны беру жылдамдығын бақылайды. Басты элементтері бетон араластырғыш торабы болып табылады:

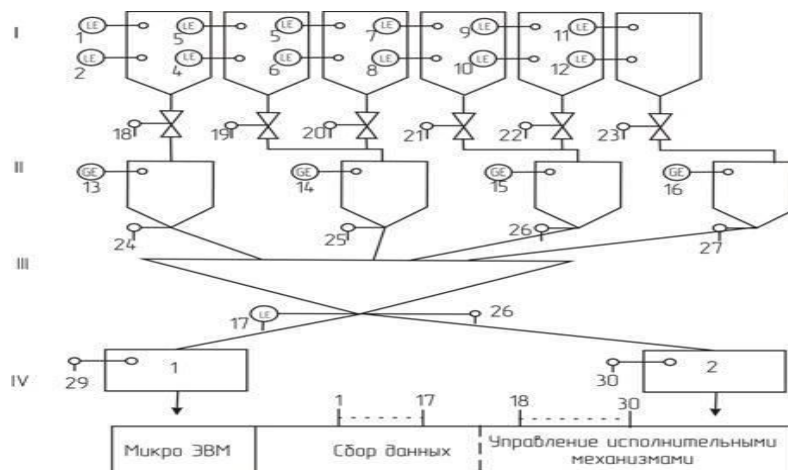
Тензометриялық сенсор – деформация шамасын электрлік сигналға түрлендіргіш. Сенсор пішінін қысу немесе созу кезінде қарсылық өзгереді, бұл деформация мөлшерін электр сигналына айналдырады.

Тензодатчиктерді тіректерде ұрлайды және мөлшерлегішке арнайы топсалы бекіткіштің қолдауымен қолданылады, соның салдарынан бөлшектерді тиеу кезінде мөлшерлегіштердің жанама қозғалысын өтеу үшін қажетті датчиктермен бірге жеткізіледі. Осылайша, жүктеме жасушасының Тік осі бойымен созылу күші процесі алынады.

Нақты салмақты өлшеу үшін штамм түрлендіргішті калибрлеу қажет. Калибрлеу бірінші рет қолданған кезде жасалуы керек және бөлшектерді өлшеудің қажетті дәлдігін сақтау үшін мезгіл-мезгіл жасалуы керек.

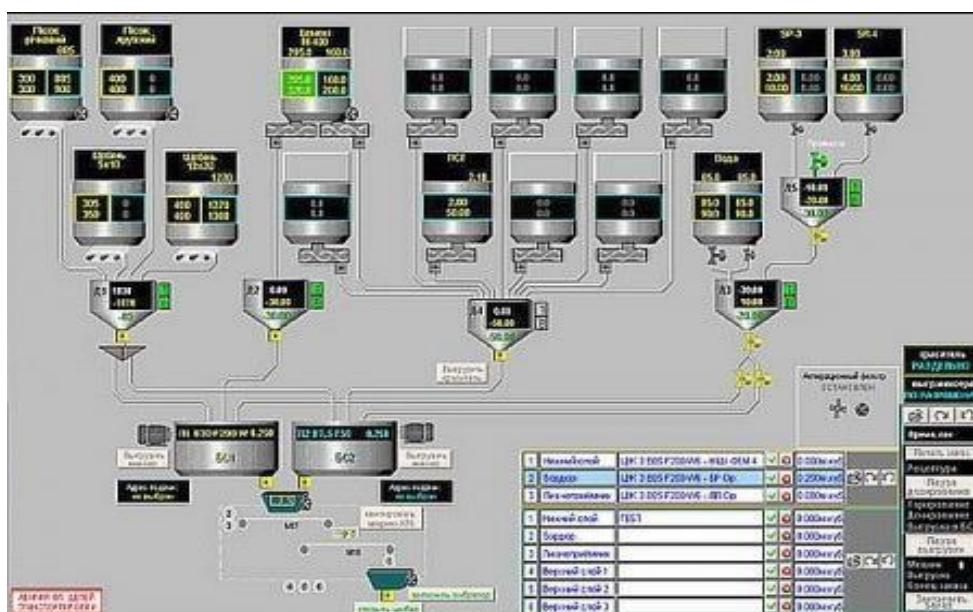
Бетон араластыру қондырғысын автоматтандырудың жеңілдетілген функционалды схемасы сурет 6-да көрсетілген.

Бетон қоспаларын дайындауға арналған өнімдерді мөлшерлеу және тасымалдаудың технологиялық процесін басқару жүйелерін автоматтандыру үшін қажетті SCADA Citect жүйесі таңдалды.



6-сурет. Бетон араластыру қондырғысын автоматтандырудың жеңілдетілген функционалды схемасы

SCADA Citect. ТП АБЖ (сурет 7) бетон қоспаларын өндірудің технологиялық процесін басқаруға және бақылауға және оларды автоматты және қолмен жұмыс режимінде жылжытуға мүмкіндік береді. Автоматтандырылған басқару жүйесі келесі жабдықтарды бақылауды жүзеге асырады: араластырғыштар, бетон қоспасының конвейерлері, сұйық және құрғақ материалдардың дозаторлары.



7-сурет. Бетон қоспаларын өндіру цехын тасымалдау және мөлшерлеудің қосалқы жүйелерінің АБЖ ТП схемасы

Автоматтандырылған басқару жүйесін енгізу технологиялық процесті келесідей ұсынады:

- Өнімнің мөлшерлеу процесін автоматты түрде басқару және бақылау және қажетті мөлшерге сәйкес дәл мөлшерлеуді қамтамасыз етеді;
- Дайын қоспаларды автоматты түрде тасымалдау және араластыру;
- Басқару пультінен қолмен режимде қоспаны түсіру және мөлшерлеудің технологиялық процесін диспетчерлік басқару;
- Апаттық жағдайлармен жұмыс істеу;
- Диспетчердің қажетті жұмысы үшін интуитивті-түсінікті интерфейс.

- Деректерді жинау және мұрағаттау.

Бағдарламалық-техникалық құралдар мыналардан тұрады:

1. салмақ терминалдары;

2. SCADA- Citect пакеті;

3. оператор панельдері;

4. "Q"сериялы "Mitsubishi Electric" фирмасының өнеркәсіптік

бақылаушылары. Қоспаларды мөлшерлеу АБЖ ТП мынадай деңгейлерге бөлінеді:

- Төменгі деңгей. Төменгі деңгейде дозаторлар мен тензометриялық датчиктер бар.

- Орташа деңгейі. Орташа деңгейде контроллерлер бар, араластыру және мөлшерлеу процесін басқаруға қажетті.

- Жоғарғы деңгейі. Жоғарғы деңгейде бетон қоспасының қозғалысын

және мөлшерін қолмен басқаруға және басқаруға арналған операторлық панельдер,

оларды мұрағаттау және диспетчерлік бақылау деректерін жинауға арналған SCADA- Citect жүйесі бар "АРМ" операторы бар.

Бетон қоспаларын жылжыту және мөлшерлеу АБЖ ТП-ның артықшылығы:

1. жылдам қайта бағдарламалау мүмкіндігі;

2. келіп түсетін ақпаратты алудың қажетті дәлдігінің КЕПІЛІ;

3. әр түрлі кіріс ақпаратын өңдеу мүмкіндігі, сондай-ақ әртүрлі басқару сигналдарын өңдеу.

Siemens контроллері

"Siemens" өнеркәсіптік контроллерлері ТП АБЖ құру үшін талаптарға сай келеді.

Төменгі деңгейде SIEMENS контроллері, дәлірек айтқанда SIMATIC S7-300 бар.

Негізгі сипаттамалары: "SIMATIC S7-300" контроллері қосылатын модульдік дизайнға ие. Қиындықтардың әртүрлі деңгейлері әртүрлі

Қорытынды. Темірбетон-екі негізгі компоненттен тұратын құрылыс материалы: болат арматура және бетон. Бетон сығымдау үшін өте жақсы жұмыс істейді. Арматура созылу үшін керемет жұмыс істейді. Арматураның созылу күші бетоннан 100-200 есе көп. ТБК - да бұл екі материал бір-бірін толықтырады және берілген шеңберде ұсталады. Егер екі материал бетон және болат арматура бір бүтін ретінде жұмыс істейтін болса, яғни егер біз сығылу аймағында және бүгілетін ТБК созылу аймағында бірдей беріктік алсақ, онда темірбетоннан жасалған құрылыстың иілу кезіндегі беріктігі бірнеше есе артады. Бұған қол жеткізу үшін белгілі бір секцияның арматуралық шыбықтары кернеуге ұшыраған ТБК бөлігіне енгізіледі. Осының арқасында темірбетон бұйымдары иілу кезінде бұзылмайды және көптеген деструктивті жүктемелерге төтеп бере алады.

1. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде шығарылатын өнімге өзгермелі сұраныс жағдайына тән басқарудың ауыспалы өлшемдерімен құрастырмалы темірбетон бұйымдарын өндіру процесін басқарудың автоматтандырылған жүйесін құру тұжырымдамасы әзірленді. Біздің елімізде ең көп таралған өндіріс әдісі басқару объектісі ретінде таңдалды.

2. Бетон өнімдерінің негізгі қасиеттері мен сапа көрсеткіштері қарастырылған. Қамтамасыз етілуі керек сапаның негізгі көрсеткіші ретінде бетонның сығылу беріктігі анықталды. Тұрақсыз сұраныс жағдайында бетон қоспасы мен темірбетон бұйымдарының қасиеттерін басқару мүмкіндігіне талдау жасалды. Негізгі технологиялық тәуелділіктер зерттелді. Темірбетон бұйымдарының өзіндік құнының құрылымына талдау жасалды. Тұрақсыз сұраныс жағдайында өндіріс процесі режимдерінің өзгеруінің өнімнің сапасы мен өзіндік құнына әсері зерттелді.

3. Шығарылатын өнімге өзгермелі сұраныс жағдайында өндірістік процесті зерттеу мүмкіндігін қамтамасыз ететін құрастырмалы темірбетон өндірісінің басқарылатын технологиялық процесінің математикалық моделі жасалды. Модельдеу нәтижелерін модельдеу және өңдеу үшін бастапқы деректерді анықтау құралдары жасалды.

Өндірістік процестерді автоматтандырудың негізгі мақсаты-шикізат және отын-энергетикалық ресурстарды үнемдеуді қамтамасыз ету, қол операцияларын қысқарту, агрегаттарды, процестерді және тұтастай өндірісті басқару кезінде еңбек жағдайларын жақсарту, яғни технологиялық қайта бөлудің, цехтың, кәсіпорынның техникалық-экономикалық көрсеткіштерін арттыру. Автоматтандыруға арналған заманауи микро-есептеу техникасының ерекше кең мүмкіндіктерін, атап айтқанда үлкен сыйымдылығы бар және оларда өте күрделі басқару бағдарламаларын сақтауға мүмкіндік беретін ықшам сақтау құрылғыларының болуын ескере отырып, микропроцессорлық технологияны қолдана отырып, өте жоғары автоматтандыру деңгейі бар машиналар жасауға болады.

"Хоппер" жабық вагондарынан толтырғыштарды түсіру ауырлық күшімен жүзеге асырылады. Түсіру процесін ынталандыру үшін ілулі вибраторларды қолдануға болады. Аударылмалы платформалар осы платформалармен жабдықталған және түсіру үшін сығылған ауа желісіне қосылған пневматикалық көтергіштердің көмегімен "бортқа" түсірілді. Дәстүрлі платформалар жүк түсіретін машиналардың көмегімен түсіріледі немесе көп шөмішті өздігінен жүретін порталды жүк түсіргіштер. Соның көмегімен, егер оларды төменгі люктер арқылы түсіру мүмкіндігі болмаса, жартылай вагондар түсірілді.

Қорыта келе, темірбетон бұйымдарын әзірлеудің математикалық моделі ұсынылды. Мөлшерлеу процесінің математикалық моделі ингредиенттердің жаппай шығуының бақылау әсерлеріне математикалық тәуелділігін белгілеуді қамтамасыз етуі керек, әр түрлі диспенсерлер үшін олардың өнімділігінің есептеу формулалары әр түрлі болады.

Бетон қоспасын тығыздау үшін оған механикалық әсер етудің негізгі әдісі-діріл. Бетон қоспасының тығыздау сапасы дірілді өндеудің таңдалған режимімен, оның қарқындылығы мен ұзақтығымен, сондай-ақ таңдалған діріл режимінің параметрлерінің бетон қоспасының қасиеттеріне сәйкес келуімен анықталды. Кіріс, шығыс және бұзушы айнымалылардың тізімі анықталды. Бетон қоспаларын дайындауға арналған өнімдерді мөлшерлеу және тасымалдаудың технологиялық процесін басқару жүйелерін автоматтандыру үшін қажетті SCADA Citect жүйесі таңдалды.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Белоусов А.С. Автоматизация производства и управление на заводах сборного железобетона и ДСК. -Стройиздат. Ленингр. отделение, 2015. -174 с.
- [2] Серия «Строитель». - Москва, 2016 г. // Электронная версия на сайте https://bookucheba.com/stroitelnoe-materialovedenie_1262/tehnologii-izgotovleniya-jelezobetonnyih-42796.html
- [3] Особенности технологии бетонирования в зимнее время — МегаЛекции. // Электронная версия на сайте <https://megalektsii.ru/s10995t3.html>
- [4] Система доступа к полному архиву законодательства СССР (2010-2012). // Электронная версия на сайте http://www.ussrdoc.com/ussrdoc_commu-nizm/usr_13729.htm
- [5] Рыжкова Ю.А. Планово-экономический отдел №12 – 2015 г. // Элек- тронная версия на сайте https://www.profiz.ru/peo/12_2015/sovershenstvo-vanie_proizv/
- [6] Ахвердов, И.Н. Железобетонные напорные центрифугированные трубы. – М.: Стройиздат, 2017. – 162с.
- [7] Колодзий, И.И. Производство сборных и железобетонных изделий. М.: Высшая школа, 2017. – 240с.
- [8] <https://24.kz/kz/teleproject/made-in-kz/item/444775-made-in-kz-i-temir-beton-b-jymdaryny-ndirisi>
- [9] https://shymkenttv.kz/kz/news/shagyn_orta_biznes_oko/temir-beton-ondirisi-in-zhetekshi-ondirushisi
- [10] Руководство по технологии изготовления предварительно напряженных железобетонных конструкций. - М.: Стройиздат, 2015.- 192с.

REFERENCES

- [1] Belousov A.S. Avtomatizacija proizvodstva i upravlenie na zavodah sbornogo zhelezobetona i DSK. -Strojizdat. Leningr. otделение, 2015. -174 s.
- [2] Serija «Stroitel». - Moskva, 2016 g. // Jelektronnaja versija na sajte https://bookucheba.com/stroitelnoe-materialovedenie_1262/tehnologii-izgotovleniya-jelezobetonnyih-42796.html
- [3] Osobennosti tehnologii betonirovanija v zimnee vremja — MegaLek- cii. // Jelektronnaja versija na sajte <https://megalektsii.ru/s10995t3.html>
- [4] Sistema dostupa k polnomu arhivu zakonodatel'stva SSSR (2010-2012). // Jelektronnaja versija na sajte http://www.ussrdoc.com/ussrdoc_commu-nizm/usr_13729.htm
- [5] Ryzhkova Ju.A. Planovo-jekonomicheskij otdel №12 – 2015 g. // Jelek- tronnaja versija na sajte https://www.profiz.ru/peo/12_2015/sovershenstvo-vanie_proizv/
- [6] Ahverdov, I.N. Zhelezobetonnye napornye centrifugirovannye truby. – M.: Strojizdat, 2017. – 162s.
- [7] Kolodziej, I.I. Proizvodstvo sbornyh i zhelezobetonnyh izdelij. M.: Vysshaja shkola, 2017. – 240s.
- [8] <https://24.kz/kz/teleproject/made-in-kz/item/444775-made-in-kz-i-temir-beton-b-jymdaryny-ndirisi>
- [9] https://shymkenttv.kz/kz/news/shagyn_orta_biznes_oko/temir-beton-ondirisinin-zhetekshi-ondirushisi
- [10] Rukovodstvo po tehnologii izgotovlenija predvaritel'no naprjazhennyh zhelezobetonnyh konstrukcij. - M.: Strojizdat, 2015.- 192s.

Ж.К.Абдугулова*, Б.А.Бектурган, Е.Б. Кабзитов

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

*e-mail: janat_6767@mail.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. В данной статье используются стендовые, конвейерные и агрегатные методы производства железобетонных изделий. Показаны способы транспортировки, доставки и удобного хранения железобетонных изделий с применением химических и минеральных добавок, включаемых в производство железобетонных изделий, предложена математическая модель разработки железобетонных изделий. Используются методы математического моделирования, теории автоматического управления и алгоритмов. Моделирование производственных процессов и системный анализ используются профессиональные математические пакеты. Математическая модель процесса дозирования обеспечивает установление математической зависимости массового выхода ингредиентов от контрольных воздействий, для разных дозаторов расчетные формулы их производительности различны. В зависимости от изменения спроса разрабатывается модель процесса производства готового сборного железобетона, предусмотрена автоматизированная система управления производством сборного железобетона с переменными параметрами управления.

Ключевые слова: железобетон, цемент, конвейер, бункер, стойка, сталь, арматура.

Zh.K. Abdugulova*, B.A. Bekturgan, E.B Kabzitov

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

*e-mail: janat_6767@mail.ru

AUTOMATION OF THE OPTIMAL CONTROL SYSTEM CONTROL SYSTEM FOR THE PRODUCTION OF REINFORCED CONCRETE PRODUCTS

Abstract. This article uses bench, conveyor and aggregate methods of production of reinforced concrete products. The methods of transportation, delivery and convenient storage of reinforced concrete products with the use of chemical and mineral additives included in the production of reinforced concrete products are shown, a mathematical model of the development of reinforced concrete products is proposed. Methods of mathematical modeling, automatic control theory and algorithms are used. Modeling of production processes and system analysis uses professional mathematical packages. The mathematical model of the dosing process provides the establishment of a mathematical dependence of the mass yield of ingredients on the control effects, for different dispensers the calculation formulas of their performance are different. Depending on the change in demand, a model of the production process of finished precast concrete is being developed, an automated control system for the production of precast concrete with variable control parameters is provided.

Keywords: reinforced concrete, cement, conveyor, hopper, rack, steel, reinforcement.

**¹З.С. Утемаганбетов, ¹Г.Н. Нигметова, ¹Б.Т. Урбисинова, ¹Р.Б. Асилбаева,
²М.А. Тукибаева***

¹ Yessenov University, Актау, Казахстан

² Университет иностранных языков и деловой карьеры, Алматы, Казахстан

*e-mail: makhabbat.tukibaeva@mail.ru

МЕТОД ПЕРЕНОСА КРАЕВЫХ УСЛОВИЙ (АЛГОРИТМ ТОМАСА) ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ СМЕШАННОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Аннотация. Предложен новый алгоритм, который является альтернативой методу прогонки для численного решения линейных дифференциальных уравнений второго порядка с закрепленными краевыми условиями. Алгоритм имеет более широкую область применимости, чем известный метод прогонки и работает как при положительных, так и при отрицательных коэффициентах уравнения. Основной целью данной работы является получение рекуррентных формул аналогичных формулам прогонки, для численного решения краевой задачи дифференциальных уравнений второго порядка. Наиболее важным является вопрос о наличии прогоночных формул, когда коэффициент при решении в уравнении имеет отрицательный знак или является знакопеременным. В работе показана согласованность и вычислительная устойчивость разностных схем представляемых посредством предлагаемых рекуррентных формул. Результаты, полученные в данной статье, подтверждаются расчетными данными.

Ключевые слова: метод прогонки, смешанные краевые задачи, трехдиагональная матрица, вычислительная погрешность, граничные условия, метод конечных разностей, узловые точки, метод немонотонной прогонки.

Введение. Применения широко распространенных конечно-разностных, проекционно-сеточных и многих других методов для численного решения краевых задач для дифференциальных уравнений, в конечном этапе решения приводит к применению метода прогонки. Поэтому метод прогонки занимает важное место среди наиболее часто применяемых численных методов.

Метод прогонки, предназначен для решения разностных уравнений, которые получаются при написании разностных соотношений для дифференциальных уравнений. Вычислительная устойчивость метода прогонки гарантируется при условии, когда имеет место свойство диагонального преобладания матрицы системы разностных уравнений. В свою очередь, для соответствующих дифференциальных уравнений это свойство означает, что коэффициент при искомом решении должен быть положительным. Методы прогонки при условии, когда вышеуказанное свойство устойчивости выполнено хорошо зарекомендовали себя как широко применяемое средство численного решения краевых задач дифференциальных уравнений второго порядка. К данному моменту существуют различия в оценках условий устойчивости метода прогонки (вплоть до решительной критики, [1]), но, тем не менее, этот класс методов в целом положительно принят и является одним из основных инструментов специалистов-вычислителей, о чем свидетельствует описание этих методов в учебниках. Несомненно, решающую роль сыграла более чем, 50-летняя практика применения методов прогонки к решению конкретных задач. К сожалению, строгого обоснования применимости методов этого класса желает оставлять лучшего, так как в совокупности строгих результатов имеются существенный пробел. Например, в работе [2] приводится подробный анализ формул прогонки и излагается о трудностях при замыкании вычислительного алгоритма, как следствие того, что формулы прямой прогонки в начальной точке ведут себя как обратная величина к шагу сетки.

Примеры, когда метод прогонки дает неудовлетворительные результаты при решении краевых задач, имеются множество в разных источниках. В частности, таких примеров можно найти в [3.4]. Причем неудовлетворительный результат может получиться и в том случае, когда все условия применимости метода прогонки выполнены.

Такая неблагоприятная ситуация может быть следствием накопления вычислительных погрешностей. При расчетах с достаточно крупными шагами h , влиянием вычислительной погрешности на решение часто можно пренебречь. Однако все же стоит иметь в виду, что при решении системы разностных уравнений соответствующей краевой задаче методом прогонки может происходить накопление вычислительной погрешности. Известно, что при $h \rightarrow 0$, вычислительная погрешность может возрастать пропорционально $1/h^2$. Таким образом, при достаточно малых значениях шага h возможна катастрофическая потеря точности. Такая недопустимая потеря точности происходит из-за того, что уже на этапе составления разностных уравнений происходит существенное искажение искомого решения [3]. То есть, такая ситуация является следствием недостатка метода конечных разностей, а не следствием метода прогонки, что полностью соответствует изложенному в книге Бабенко К.И. [1].

Метод классической прогонки предназначен для решения конечно-разностных уравнений, матрицы которых имеет трехдиагональный вид. Но, если для таких матриц не выполнены условия диагонального преобладания, то обоснование вычислительной устойчивости метода прогонки не представляется возможным. Следовательно, применение классической прогонки для решения таких систем не совсем правомерно. Поэтому для таких случаев напрашивается применения метода «немонотонной прогонки», который является методом Гаусса с выбором главного элемента. Однако при попытке применить «немонотонную прогонку» может быть нарушен трёхдиагональность исходной матрицы, поэтому «немонотонную прогонку» не применяет для ленточных матриц [5]. Анализ устойчивости счета при выборе ведущего элемента и возможность недопустимого роста некоторых коэффициентов необходимых для счета приведен в работе [4].

На основе вышеприведенных обстоятельств можно придти к выводу, что следовало бы, иметь в арсенале вычислительной математики серию рекуррентных формул, аналогичных формулам прогонки но, тем не менее, которая представляла бы собой некую альтернативу к формулам классической прогонки. При этом желательно, чтобы предлагаемые формулы были вычислительно устойчивыми для широкого класса задач, чем это имеет место для известных вариантов методов прогонки.

Цель настоящей работы - получение рекуррентных формул аналогичных формулам прогонки, для численного решения краевой задачи дифференциальных уравнений второго порядка, когда метод прогонки может привести к неутешительным результатам. В частности, особенно важным является вопрос о наличии прогоночных формул, когда коэффициент при решении в уравнении (имеет отрицательный знак или является знакопеременным) и граничные условия не удовлетворяют условиям устойчивости широко применяемого метода прогонки.

Постановка задачи. Рассматривается дифференциальное уравнение второго порядка

$$(k(t)y'(t))' - q(t)y(t) = f(t), \quad 0 \leq t \leq 1 \quad (1)$$

со следующими краевыми условиями

$$k(0)y'(0) - \alpha_0 y(0) = \beta_0 \quad (2)$$

$$k(1)y'(1) - \alpha_1 y(1) = \beta_1 \quad (3)$$

где $\alpha_0, \alpha_1, \beta_0, \beta_1$ - действительные числа, $\beta_0, \beta_1 \in \mathbb{R} =] - \infty, + \infty [$.

Будем считать, что коэффициенты уравнения $f(t), q(t)$ - непрерывны на отрезке $[0, 1]$, коэффициент $k(t)$ непрерывно дифференцируем на $[0, 1]$, и $k(t) \geq k_0 > 0$.

Для исследования вопросов численного решения данной краевой задачи разобьем отрезок $[0, 1]$ на N частей, введением узловых точек $0 = t_0 < t_1 < \dots < t_N = 1$.

Если обозначить через h расстояния между узлами (шаг сетки), то $h = \frac{1}{N}$, $t_n = \frac{n}{N}$, ($n = 0, 2, \dots, N$), где N - целое число отрезков разбиения (шаг сетки может быть и неравномерным).

В дальнейшем будем обозначать через $y(t_n)$ значение точного решения краевой задачи (1) - (3) в точке t_n , а через y_n и y'_n - соответствующее приближенное решение и ее производную, построенное с помощью рассматриваемого численного метода. Также для удобства будем пользоваться обозначениями вида

$$k(t_n) = k_n, \quad \mu_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} q(t)dt, \quad \sigma_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} f(t)dt, \quad l_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} \frac{dt}{k(t)}, \quad n = 1, 2, \dots, N.$$

Необходимо получить рекуррентные прогоночные формулы численного решения краевой задачи (1)-(3) и исследовать их на предмет согласованности и устойчивости, и тем самым указать условия применимости полученных формул.

3. Рекуррентные формулы для численного решения краевой задачи (1) – (3), в случае когда $q(t) \geq 0$, $\alpha_0 > 0$.

Описание алгоритма.

В случае когда $q(t) \geq 0$, $\alpha_0 > 0$, для численного решения краевой задачи (1) – (3) могут быть использованы следующие рекуррентные формулы:

Формулы прямого хода:

$$a_0 = \alpha_0, \quad a_n = \frac{a_{n-1} + \mu_n}{1 + a_{n-1}l_n}, \quad (4)$$

$$v_0 = \beta_0, \quad v_n = \frac{v_{n-1} + \sigma_n}{1 + a_{n-1}l_n} \quad (5)$$

для всех $n = 1, 2, \dots, N$.

Формула обратного хода:

$$y_N = \frac{\beta_1 - v_N}{a_N - \alpha_1}, \quad y_{n-1} = \left(1 - \frac{ha_n}{k_n(1 + a_{n-1}l_n)}\right)y_n - \frac{hv_n}{k_n(1 + a_{n-1}l_n)}, \quad (6)$$

для всех $n = N, N-1, \dots, 1$, при условии, что $a_N \neq \alpha_1$.

Доказательство согласованности. Для этого покажем, что при $h \rightarrow 0$, из приведенных рекуррентных формул (4) - (6) можно получить задачу Коши для трех дифференциальных уравнений первого порядка, которая в свою очередь, является эквивалентной исходной краевой задаче (1) – (3).

Из формулы (4) имеем $a_n + a_n a_{n-1} l_n = a_{n-1} + \mu_n$ или $a_n - a_{n-1} = \mu_n - a_n a_{n-1} l_n$. Поделив обе части этого выражение на h и переходя к пределу при $h \rightarrow 0$, можно получить дифференциальное уравнение который носит название Рикатти

$$a'(t) + \frac{1}{k(t)} a^2(t) = q(t), \quad a(0) = \alpha_0 \quad (7)$$

Рассуждая совершенно аналогично, можем убедиться в том, что дифференциальными аналогами соответствующим рекуррентным формулам (5) - (6) являются следующие дифференциальные уравнения

$$v'(t) + \frac{1}{k(t)} a(t)v(t) = f(t) \quad v(0) = \beta_0, \quad (8)$$

$$k(t)y'(t) - a(t)y(t) = v(t) \quad y(1) = \frac{v(1) - \beta_1}{\alpha_1 - a(1)} \quad (9)$$

при условии, что $a(1) \neq \alpha_1$, где последнее уравнение системы интегрируется справа налево. Обоснование того, что решение $y(t)$ полученной дифференциальной системы также является решением краевой задачи (1)-(3) можно найти в книгах [2] (стр. 439), [6] (стр. 34-35). Там же проводится некоторый анализ этой системы, тем не менее, соответствующие к ним дискретные формулы для численного решения не приводятся. Данный пункт настоящей статьи, в определенном смысле восполняет этот пробел.

Доказательство устойчивости. Теперь убедимся, в том, что вышеприведенные рекуррентные формулы являются вычислительно устойчивыми. Заметим, что по условию

$$\mu_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} q(t)dt \geq 0, \quad \alpha_0 > 0 \text{ и отсюда, как видно из формулы (4) следует, что } a_n \geq 0, \text{ значит,}$$

выполняется неравенство $\frac{1}{1 + a_{n-1}l_n} \leq 1$, для всех $n = 1, 2, \dots, N$.

Это обстоятельство обеспечивает устойчивость счета по формулам (4) – (5). В формуле (6) множитель при y_n может быть преобразован к виду

$$1 - \frac{ha_n}{k_n(1 + a_n l_n)} = \frac{k_n(1 + a_n l_n) - ha_n}{k_n(1 + a_n l_n)} = \frac{k_n \left(1 + \frac{ha_n}{k_n} + O(h^2) \right) - ha_n}{k_n(1 + a_n l_n)} = \frac{1}{1 + a_n l_n} + O(h^2)$$

Поскольку, по условию $l_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} \frac{dt}{k(t)} dt \geq 0$ и $a_n \geq 0$, то выполняется неравенство $\frac{1}{1 + a_n l_n} \leq 1$ для

всех $n = N, N-1, \dots, 1$, что гарантирует устойчивость счета по формуле обратного хода (6). Заметим, что приведенные рекуррентные формулы (4) - (6) аппроксимирует исходную краевую задачу с первым порядком точности. При необходимости, могут быть выписаны аналогичные к этим формулам рекуррентные формулы, которые обеспечивают более высокую точность, чем приведенные, но целью этого пункта данной работы является обоснования корректности формул (4)-(6), которые являются основой при построении алгоритма для численного решения задачи (1)-(3), в случае когда $q(t) \leq 0$.

Сведение краевой задачи (1) - (3) к задаче Коши (7) – (9) и последующее ее решение называется методом дифференциальной прогонки или методом простой факторизации и в том случае когда, в уравнении (1) $q(t) \geq 0$ был предметом исследования многих авторов. Среди них Гельфанд, Локуциевский, Марчук, Ридли и т.д. К развитию метода прогонки применительно к задачам разного характера внесли весомые вклады многие видные математики. Среди них: Абрамов А.А., Бахвалов Н.С., Владимиров В.С., Воеводин А.Ф., Годунов С.К., Отелбаев М.О., Дегтярев Л.М., Сафронов И.Д. и другие. В результате в данный момент существует много модификаций метода прогонки такие как: классическая, потоковая, циклическая, ортогональная, немонотонная прогонки. Все они предназначены для решения систем уравнений, возникающих при аппроксимации краевых задач, и являются модификациями метода классической прогонки, и каждый из них может быть выбран для решения конкретного класса задач.

Численный пример.

В качестве численного примера рассмотрим краевую задачу $y''(t) - 25y(t) = 0$, $0 \leq t \leq 1$, $y'(0) - y(0) = 1$, $y'(1) - y(1) = 1$. В условиях этого примера; $k(t) \equiv 1$, $q(t) \equiv 25$, $f(t) \equiv 0$ $\alpha_0 = \alpha_1 = \beta_0 = \beta_1 = 1$. При численном расчете с шагом $N = 100$, по формулам (4)-(6), абсолютная величина наибольшей погрешности равна $\delta = 0.003$.

4. Рекуррентные формулы для численного решения краевой задачи (1) – (3) в случае когда $q(t) \leq 0$, $\alpha_0 < 0$.

Описание алгоритма.

Организация прямого хода.

Счет начнем по следующим формулам, которых назовем формулами прямого хода для отрицательного «входа»

$$b_n = \frac{b_{n-1} + l_n}{1 + b_{n-1}\mu_n}, \quad b_0 = \frac{1}{\alpha_0}; \quad d_n = \frac{d_{n-1} + b_{n-1}\sigma_n}{1 + b_{n-1}\mu_n}, \quad d_0 = \frac{\beta_0}{\alpha_0}; \quad n = 1, \dots, \theta_1.$$

(10) где θ_1 , - такой номер, что для всех $n = 1, \dots, \theta_1 - 1$, значения $b_n \leq 0$, и $b_{\theta_1} > 0$. То есть, здесь тот номер n , для которого впервые становится, $b_{\theta_1} > 0$ обозначен θ_1 (если такого номера θ_1 , не существует, то расчет по этим формулам будет вестись до правого конца отрезка). Формулы

(10) предназначены для отрицательного «входа», поэтому положим $a_{\theta_1} = \frac{1}{b_{\theta_1}} > 0$, $v_{\theta_1} = \frac{d_{\theta_1}}{b_{\theta_1}}$, и

счет начнем по следующим формулам, которых назовем формулами прямого хода для положительного «входа»

$$a_n = \frac{a_{n-1} + \mu_n}{1 + a_{n-1}l_n}, \quad a_{\theta_1} = \frac{1}{b_{\theta_1}}; \quad v_n = \frac{v_{n-1} + \sigma_n}{1 + a_{n-1}l_n}, \quad v_{\theta_1} = \frac{d_{\theta_1}}{b_{\theta_1}}; \quad n = \theta_1 + 1, \dots, \theta_2. \quad (11)$$

где θ_2 , - такой номер шага, что для всех $n = \theta_1 + 1, \dots, \theta_2 - 1$, значения $a_n \geq 0$, и $a_{\theta_2} < 0$.

Так как входное значение a_n , для формул (11) на номере θ_2 становится отрицательным, с

помощью соотношений $b_{\theta_2} = \frac{1}{a_{\theta_2}}$, $d_{\theta_2} = \frac{v_{\theta_2}}{a_{\theta_2}}$ переходим к формулам (10). То есть счет

продолжим по формулам прямого хода для отрицательного «входа»

$$b_n = \frac{b_{n-1} + l_n}{1 + b_{n-1}\mu_n}, \quad b_{\theta_2} = \frac{1}{a_{\theta_2}}; \quad d_n = \frac{d_{n-1} + b_{n-1}\sigma_n}{1 + b_{n-1}\mu_n}, \quad d_{\theta_2} = \frac{v_{\theta_2}}{a_{\theta_2}}; \quad n = \theta_2 + 1, \dots, \theta_3.$$

где θ_3 , - такой номер, что для всех $n = \theta_2 + 1, \dots, \theta_3 - 1$, значения $b_n \leq 0$, и $b_{\theta_3} > 0$ (если такого номера θ_3 , не существует, то расчет по этим формулам будет вестись до правого конца отрезка). Далее, при необходимости вышеописанная процедура повторяется и в следующих возможных точках перехода. Таким образом, до завершения прямого хода могут быть осуществлены множества переходов, между формулами прямых ходов для отрицательного и положительного «входов». Количество таких переходов зависит от величины функции $q(t)$.

Если обозначим и θ_k - тот номер, на котором последний раз совершался переход из формул (10) к формулам (11) или наоборот, то множества индексов, представляющий собой «номера шагов перехода» можно обозначить через $\{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k\}$. И соответственно, множество индексов от 1 до N , разбивается на подинтервалы; $[0, \theta_1]$, $[\theta_1 + 1, \theta_2]$, $[\theta_3 + 1, \theta_4]$, $\dots$, $[\theta_{k-2} + 1, \theta_{k-1}]$, $[\theta_{k-1} + 1, \theta_k]$, $[\theta_k + 1, N]$.

В терминах введенных обозначений можно утверждать, что переход из (10) к (11) и обратно, осуществляется с помощью соотношений $a_{\theta_j} = \frac{1}{b_{\theta_j}}$, $v_{\theta_j} = \frac{d_{\theta_j}}{b_{\theta_j}}$, здесь θ_j - номер индекса, начиная

с которого осуществляется указанный переход ($j = 1, 2, \dots, k$), где j - номер перехода.

Итак, поочередное использование формул (10) и (11) прямого хода для отрицательного и для положительного «входов», позволяет вести расчет до правого конца рассматриваемого

отрезка и тем самым завершить «прямой ход». При этом на последнем отрезке, где ведется прямой ход расчета, то есть на $[\theta_k + 1, N]$, возможны следующие два взаимоисключающих случая:

- 1 расчет ведется по формулам (10) прямого хода для отрицательного «входа».
 - 2 расчет ведется по формулам (11) прямого хода для положительного «входа».
- Организация обратного хода

В первом случае, положим $z_N = \frac{\beta_1 - \alpha_1 d_N}{1 - \alpha_1 b_N}$ (при условии, что $b_N \neq \frac{1}{\alpha_1}$) и начнем

обратный расчет по следующим формулам, которых назовем формулами обратного хода для отрицательного «входа»

$$z_{n-1} = \frac{z_n + \mu_n d_{n-1} - \sigma_n}{1 + b_{n-1} \mu_n}, \quad y_{n-1} = b_{n-1} z_{n-1} - d_{n-1}; \quad n = N, N-1, \dots, \theta_k + 2, \theta_k + 1. \quad (12)$$

Далее, начиная с шага θ_k , продолжим счет, по следующей рекуррентной формуле которого удобно назвать формулой обратного хода для положительного «входа».

$$y_{n-1} = \left(1 - \frac{h a_n}{k_n (1 + a_n l_n)} \right) y_n - \frac{h v_n}{k_n (1 + a_n l_n)}; \quad n = \theta_k, \dots, \theta_{k-1} + 2, \theta_{k-1} + 1. \quad (13)$$

Для продолжения расчета на множестве индексов $[\theta_{k-1}, \theta_{k-2} + 1]$, в обратном направлении, потребуются переход к формулам обратного хода для отрицательного «входа» (12). Последние два значения $y_{\theta_{k-1}+1}$ и $y_{\theta_{k-1}}$ рассчитанные по формуле (13), позволяет найти

значение $z_{\theta_{k-1}}$ по формуле $z_{\theta_{k-1}} = \frac{y_{\theta_{k-1}+1} - y_{\theta_{k-1}}}{h k_{\theta_{k-1}}}$.

Далее, для всех индексов от $n = \theta_{k-1}$, до $n = \theta_{k-2} + 1$, расчет ведется по формулам (12). На следующем интервале $[\theta_{k-2}, \theta_{k-3} + 1]$, расчет осуществляется справа налево по формулам (13). Таким образом, чередуя формулы обратного хода для отрицательного «входа» (12) и положительного «входа» (13), могут быть найдены все искомые значения y_n , ($n = N-1, \dots, 1$). При этом, где потребуется перейти из (13) к формулам (12), переход осуществляется по формуле $z_{\theta_j} = \frac{y_{\theta_j+1} - y_{\theta_j}}{h k_{\theta_j}}$, где θ_j - номер индекса, начиная с которого осуществляется переход ($j = k, k-1, \dots, 0$), j - номер перехода.

Во втором случае, полагается, что $y_N = \frac{\beta_1 - v_N}{a_N - \alpha_1}$, (при условии $a_N \neq \alpha_1$) и расчет продолжается по формулам (13) то есть, по формулам обратного хода для положительного «входа» от индекса N , до индекса $\theta_k + 1$. На индексе θ_k , где необходимо перейти к (12), вычисляем значение по формуле; $z_{\theta_k} = \frac{y_{\theta_k+1} - y_{\theta_k}}{h k_{\theta_k}}$, и расчет продолжится по формуле (12) для

всех индексов интервала $[\theta_k, \theta_{k-1} + 1]$, справа налево. Далее, организовав данный численный процесс обратного хода совершенно аналогично предыдущему случаю, то есть, чередуя формулы обратных ходов для отрицательного и положительного «входа», можно получить все интересующие значения y_{n-1} , ($n = N, N-1, \dots, 1$).

Доказательство согласованности. Рассмотрим следующую систему дифференциальных уравнений 1-го порядка

$$b'(t) + q(t)b^2(t) = \frac{1}{k(t)}, \quad b(0) = \frac{1}{\alpha_0}. \quad (14)$$

$$d'(t) + q(t)b(t)d(t) = b(t)f(t), \quad d(0) = \frac{\beta_0}{\alpha_0}; \quad (15)$$

$$z'(t) - q(t)b(t)z(t) = f(t) - q(t)d(t), \quad z(1) = \frac{\beta_1 - \alpha_1 d(1)}{1 - \alpha_1 b(1)}. \quad (16)$$

при условии, что $b(1) \neq \frac{1}{\alpha_1}$. Здесь последнее уравнение системы интегрируется справа налево. Если известно, решение этой системы, то решение исходной краевой задачи запишется в виде

$$y(t) = b(t)z(t) - d(t) \quad (17)$$

Действительно, если продифференцируем это выражение и воспользуемся уравнениями системы (14)–(16), то получим $y'(t) = \frac{z(t)}{k(t)}$ или $k(t)y'(t) = z(t)$. Значит

$$(k(t)y'(t))' = z'(t) = f(t) - q(t)d(t) + q(t)b(t)z(t) = f(t) + q(t)(b(t)z(t) - d(t)) = f(t) + q(t)y(t)$$

то есть получим исходное уравнение. Если теперь положим $b(0) = \frac{1}{\alpha_0}$, $d(0) = \frac{\beta_0}{\alpha_0}$; то краевое условие на левом конце отрезка выполняется автоматически. Для определения начального значения для $z(t)$, в точке $t = 1$ имеем $y(1) = b(1)z(1) - d(1)$ и $y'(1) = \frac{z(1)}{k(1)}$. Отсюда с учетом

краевого условия (3) получается $z(1) = \frac{\beta_1 - \alpha_1 d(1)}{1 - \alpha_1 b(1)}$ при условии, что $b(1) \neq \frac{1}{\alpha_1}$. Тем самым,

было показано, что функция $y(t) = b(t)z(t) - d(t)$ является решением краевой задачи (1)–(3), где $b(t)$, $d(t)$, $z(t)$ решение дифференциальной системы (14) – (16). Обратно, из краевой задачи (1)–(3), можно получить систему (14)–(16), следующим образом. Искомое решение будем искать в виде $y(t) = b(t)z(t) - d(t)$, где $b(t)$, $d(t)$ – пока неизвестные функции (прогоночные коэффициенты), для которых необходимо получить дифференциальные уравнения. Тогда если в уравнении (1) положим $k(t)y'(t) = z(t)$, то получим уравнение (16). Далее, с учетом только, что введенных соотношений и уравнения (16) будем иметь

$$k(t)y'(t) = k(t)[(b(t)z(t) - d(t))]' = k(t)[b'(t)z(t) + b(t)z'(t) - d'(t)] = \\ k(t)[k(t)b'(t) + k(t)q(t)b^2(t)]y'(t) + q(t)b(t)d(t) - b(t)f(t) + d'(t)$$

После приведения подобных членов имеем равенство

$$[k(t)b'(t) + k(t)q(t)b^2(t) - 1]y'(t) + q(t)b(t)d(t) - b(t)f(t) + d'(t) = 0.$$

Приравнявая коэффициенты к нулю при $y'(t)$ и единице, получим два дифференциальных уравнения для прогоночных коэффициентов, то есть уравнения (14)–(15).

Из выражение (17) при $t = 0$ и из краевого условия на левом конце получим $z(0)(1 - \alpha_0 b(0)) + \alpha_0 d(0) = \beta_0$. Пологая здесь $b(0) = \frac{1}{\alpha_0}$, получаем $d(0) = \frac{\beta_0}{\alpha_0}$.

Начальное значение для $z(t)$ получается аналогично. Тем самым, было показано, что краевая задача (1)–(3) и система дифференциальных уравнений (14)–(16) имеют одинаковые решение.

В системе (14) – (16) можно произвести следующую замену в тех точках, полагая, что функция $b(t)$, нигде не обращается в ноль

$$a(t) = \frac{1}{b(t)}, \quad v(t) = \frac{d(t)}{b(t)}, \quad y(t) = b(t)z(t) - d(t). \quad (18)$$

В результате придем к другой системе дифференциальных уравнений 1-го порядка

$$a'(t) + \frac{1}{k(t)} a^2(t) = q(t) \quad (19)$$

$$v'(t) + \frac{1}{k(t)} a(t)v(t) = f(t) \quad (20)$$

$$k(t)y'(t) - a(t)y(t) = v(t) \quad (21)$$

которая, как и предыдущая система является эквивалентной исходной краевой задаче (что, может быть показано, аналогично тому, как это было сделано с системой (14)-(16)). Начальные значения для системы дифференциальных уравнений (19)-(21) определяются из соотношений (18). Как видно из (18), при необходимости может быть, осуществлен обратный переход от системы (19)-(21) к (14)-(16), с помощью соотношений

$$b(t) = \frac{1}{a(t)}, \quad d(t) = \frac{v(t)}{a(t)}, \quad z(t) = a(t)y(t) + v(t).$$

Переходя к пределу при $h \rightarrow 0$, в рекуррентных формулах $\{b_n, d_n\}$ из (10) получаем дифференциальные уравнения (14)-(15). Аналогично, переход к пределу при $h \rightarrow 0$ в рекуррентной формуле (12) дает уравнение (16). Точно также, можем убедиться в том, что дифференциальными аналогами соответствующим рекуррентным формулам (11), (13) являются дифференциальные уравнения представляемой системой (19) - (21). Обоснование того, что решение $y(t)$ каждой из систем (14)-(16) и (19)-(21) является и решением краевой задачи (1)-(3) было приведено выше.

Доказательство устойчивости. По условию $\mu_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} q(t)dt \leq 0$, и по построению алгоритма, в формулах для $\{b_n, d_n, z_n\}$ значение $b_{n-1} \leq 0$, и значит, выполняется неравенство $\frac{1}{1+b_{n-1}\mu_n} \leq 1$. Это обстоятельство обеспечивает устойчивость счетам по формулам (10) и (12).

Аналогично устойчивость счета по формулам (11) гарантирует неравенство $\frac{1}{1+a_{n-1}l_n} \leq 1$,

которое всегда выполняется в силу того, что по условию задачи имеет место неравенство

$$l_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} \frac{dt}{k(t)} > 0 \quad \text{и} \quad \text{по условию алгоритма} \quad a_{n-1} \geq 0. \quad \text{Таким образом, выполнения условия}$$

устойчивости видно во всех формулах непосредственно, кроме формулы (13). В формуле (13), множитель при y_n может быть преобразован к виду

$$1 - \frac{ha_n}{k_n(1+a_n l_n)} = \frac{k_n(1+a_n l_n) - ha_n}{k_n(1+a_n l_n)} = \frac{k_n \left(1 + \frac{ha_n}{k_n}\right) - ha_n}{k_n(1+a_n l_n)} + O(h^2) = \frac{1}{1+a_n l_n} + O(h^2)$$

Поскольку, по построению алгоритма $a_n \geq 0$, то выполняется неравенство $\frac{1}{1+a_n l_n} \leq 1$.

Из приведенных выше рассуждений следует, что вышеописанный алгоритм является корректным, если выполнено условие $b_N \neq \frac{1}{\alpha_1}$, при реализации первого из указанных возможных случаев. А условие $a_N \neq \alpha_1$, гарантирует корректность алгоритма при реализации

второго из случаев на конце расчетного отрезка. Если эти условия не выполнены, то можно начать расчет с правого конца отрезка то есть организовывать процесс «встречной прогонки».

5. Рекуррентные формулы для численного решения краевой задачи (1) – (3) в случае когда $q(t) \leq 0$, $\alpha_0 > 0$.

В этом случае, расчет начинается по формулам (11) с начальными значениями $a_0 = \alpha_0$, $v_0 = \beta_0$ и далее процесс численного решения организуется аналогично предыдущему случаю, то есть когда $q(t) \leq 0$, $\alpha_0 < 0$, который подробно было изложено выше.

Численные примеры

1. В качестве численного примера рассмотрим краевую задачу $y''(t) + 81y(t) = 0$, $0 \leq t \leq 1$, $y'(0) + 10y(0) = 10$, $y'(1) - y(1) = 1$. В условиях этого примера; $k(t) \equiv 1$, $q(t) \equiv -81$, $f(t) \equiv 0$, $\alpha_0 = -10$, $\alpha_1 = 1$, $\beta_0 = 10$, $\beta_1 = 1$. При численном расчете с шагом $N = 100$, по вышеуказанному алгоритму, абсолютная величина наибольшей погрешности равна $\delta = 0.436$. Такая низкая точность является следствием того, что в этом примере функция $q(t)$ и количество шагов N - величины одного порядка. Тем не менее, такая точность не противоречит гарантируемому первому порядку точности излагаемого метода. А при расчете с шагом $N = 1000$, та же самая погрешность равна $\delta = 0.058$.

2. В качестве следующего численного примера рассмотрим краевую задачу $y''(t) + 81y(t) = 0$, $0 \leq t \leq 1$, $y'(0) + 100y(0) = 10$, $y'(1) - y(1) = 1$. В условиях этого примера; $k(t) \equiv 1$, $q(t) \equiv -81$, $f(t) \equiv 0$, $\alpha_0 = 100$, $\alpha_1 = 1$, $\beta_0 = 10$, $\beta_1 = 1$. При численном расчете с шагом $N = 100$, по вышеуказанному алгоритму, абсолютная величина наибольшей погрешности равна $\delta = 0.085$. А при расчете с шагом $N = 1000$, та же самая погрешность равна $\delta = 0.021$.

6. Рекуррентные формулы для численного решения краевой задачи (1) – (3) в случае, когда $q(t)$ является знакопеременной функцией.

Так как, в рамках данного алгоритма происходит перенос краевых условия в выбранные узловые точки внутри рассматриваемого отрезка, поэтому на любой из узловых точек $t_k \in [0, 1]$ могут быть реализованы следующие возможные сценарий:

1) $a_{k-1} \geq 0$, $q(t) \geq 0$. В этом случае, может быть применен алгоритм указанный в пункте (3). А также применимы формулы классической прогонки.

2) $a_{k-1} \leq 0$, $q(t) \geq 0$. Тогда, если $|a_{k-1}| \leq \sqrt{q_k}$, то начиная с – шага k счет ведется слева направо по формулам (11), но если $|a_{k-1}| > \sqrt{q_k}$, то по формулам (10). В рамках вышеуказанных условий, как следует из дифференциального аналога этих формул (формулы (14), (19)) происходит резкий монотонный рост значений a_n и b_n , и в результате за «малое» количество шагов они становятся положительными. И значит, для формул (10) - (11), условие устойчивости нарушается только на «малом» количестве шагов, что не влияет на результаты конечного счета. Обратный счет по этим формулам осуществляется, как указано в пункте (4).

3) $a_{k-1} < 0$, $q(t) \leq 0$. Расчет происходит по алгоритму, изложенному в пункте (4).

4) $a_{k-1} > 0$, $q(t) \leq 0$. Расчет происходит по алгоритму, изложенному в пункте (5).

Заключение. В данной работе предложены рекуррентные формулы для численного решения краевой задачи (1)-(3), которые имеют более широкую область применимости, чем метод прогонки, при решении краевых задач дифференциальных уравнений второго порядка. Формулы применимы вне зависимости от знака коэффициента $q(t)$ при решении $y(t)$. Результаты, полученные в данной статье, подтверждаются расчетными данными.

Приведенной метод имеет первый порядок точности и является абсолютно устойчивым, то есть его устойчивость не зависит от величины шага h . Один из далеко идущих целей данной работы является изложение одношагового численного метода решения краевой задачи (1)-(3), при минимальных требованиях на условия гладкости коэффициентов уравнения. Поэтому акцент данной работы делается на вывод рабочих рекуррентных формул предоставляющих возможности работы с уравнениями с разрывными (т. е. кусочно-непрерывными) коэффициентами и в ряде случаев с коэффициентами, имеющими интегрируемые особенности. Возможности современных ЭВМ позволяет работать при достаточно малых шагах h , и тем самым методы первого порядка точности могут быть вполне пригодным рабочим инструментом обеспечивающих необходимую точность для численного решения большинства практических задач. Например, в гидродинамике с успехом используется разности «против потока» имеющий первый порядок точности. Повышения порядка точности метода предполагает существование более ограничительных условий на коэффициенты исходной краевой задачи. Если все же возникает необходимость повышения точности решения, то может быть использован метод Рунге повышения точности или другие общеизвестные методы.

Изложенный алгоритм может иметь хорошие перспективы для распараллеливания счета. Есть возможность обобщить идей метода изложенного в настоящей работе на другие типы краевых условий, а также для краевых задач для дифференциальных уравнений более высоких порядков. После небольшой модификаций представленный здесь метод может быть использован и для численного решения линейных уравнений частных производных. Ради справедливости хотелось бы отметить, что первоначальная идея вышеизложенного метода принадлежит Отелбаеву М.О. [7] и получила развитие в работах [8]-[10].

Недостатки и преимущества излагаемого здесь метода, могут быть выяснены на основе практики применения этого метода специалистами по вычислительной математике.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бабенко К.И. Основы численного анализа. //Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002.
- [2] Бахвалов Н.С. Численные методы. - М.: Наука, 1973. – 654 с.
- [3] Амосов А. А., Дубинский Ю. А., Копченкова Н. В. Вычислительные методы для инженеров. М.: «Высшая школа». 1994.
- [4] Ильин В.П., Кузнецов Ю.И. Трехдиагональные матрицы и их приложения. - М.: Наука, 1985.
- [5] Калиткин Н.Н., Альшина Е.А., Численные методы. Книга 1, Численный анализ. М.: Издательский центр «Академия», 2013. - 304 с. - (Университетский учебник. Серия Прикладная математика и информатика).
- [6] На Ц. Вычислительные методы решения прикладных граничных задач: Пер. с англ.—М.: Мир, 1982—296 с.
- [7] Утемаганбетов З.С., Отелбаев М.О. О численном методе решения краевых задач для дифференциальных уравнений второго порядка. //В кн.: Актуальные вопросы математики и методики преподавания математики. (часть II) Алматы, 1995.
- [8] Utemaganbetov Z. C. Alternative and Expanded Version of the Sweep Method for the Numerical Solution of the First Boundary Value Problem for Second-Order Linear Differential Equations. Life Science Journal 2013;10 (12s), pp 603-611.
- [9] Utemaganbetov Z. C., Diyarova L. D., Nigmatova. G. N. Alternative and Expanded Version of the Sweep Method for the Numerical Solution of the Second and Third Boundary Value Problem for Second-Order Linear Differential Equations (сдан в печать). Life Science Journal 2014;11(8s)
- [10] Метод переноса краевых условий численного решения 1-ой краевой задачи для линейных дифференциальных уравнений второго порядка (Утемаганбетов З.С., Нигметова Г.Н., Урбисина Б.Т.) Вестник КазНТУ Серия физико-математическая, №5, 2015, 493-501 бб.

REFERENCES

- [1] Babenko K.I. Osnovy chislennogo analiza. //Moskva-Izhevsk: NITs «Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika», 2002.
- [2] Bakhvalov N.S. Chislennyye metody. - M.: Nauka, 1973. – 654 s.
- [3] Amosov A. A., Dubinskii Yu. A., Kopchenova N. V. Vychislitel'nye metody dlya inzhenerov. M.: «Vysshaya shkola». 1994.
- [4] Il'in V.P., Kuznetsov Yu.I. Trekhdiagonal'nye matritsy i ikh prilozheniya. - M.: Nauka, 1985.
- [5] Kalitkin N.N., Al'shina E.A., Chislennyye metody. Kniga 1, Chislennyi analiz. M.: Izdatel'skii tsentr «Akademiya», 2013. - 304 s. - (Universitetskii uchebnyk. Seriya Prikladnaya matematika i informatika).
- [6] Na Ts. Vychislitel'nye metody resheniya prikladnykh granichnykh zadach: Per. s angl.—M.: Mir, 1982—296 s.
- [7] Utemaganbetov Z.S., Otelbaev M.O. O chislennom metode resheniya kraevykh zadach dlya differentsial'nykh uravnenii vtorogo poryadka. //V kn.: Aktual'nye voprosy matematiki i metodiki prepodavaniya matematiki. (chast' II) Almaty, 1995.
- [8] Utemaganbetov Z. C. Alternative and Expanded Version of the Sweep Method for the Numerical Solution of the First Boundary Value Problem for Second-Order Linear Differential Equations. Life Science Journal 2013;10 (12s), pp 603-611.
- [9] Utemaganbetov Z. C., Diyarova L. D., Nigmatova. G. N. Alternative and Expanded Version of the Sweep Method for the Numerical Solution of the Second and Third Boundary Value Problem for Second-Order Linear Differential Equations (сдан в печать). Life Science Journal 2014;11(8s)
- [10] Metod perenosa kraevykh uslovii chislennogo resheniya 1-oi kraevoi zadachi dlya lineinykh differentsial'nykh uravnenii vtorogo poryadka (Utemaganbetov Z.S., Nigmatova G.N., Urbisinova B.T.) Vestnik KazNTU Seriya fiziko-matematicheskaya, №5, 2015, 493-501 bb.

¹Z.S. Utemaganbetov, ¹G.N. Nigmatova, ¹B.T. Urbisinova, ¹R.B. Asilbaeva, ²M.A. Tukibayeva*

¹Yessenov University, Aktau, Kazakhstan

²University of Foreign Languages and Business Career, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: makhabbat.tukibaeva@mail.ru

BOUNDARY CONDITION TRANSFER METHOD (THOMAS ALGORITHM) NUMERICAL SOLUTION OF A MIXED BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR SECOND-ORDER LINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS

Abstract. A new algorithm is proposed, which is an alternative to the run-through method for the numerical solution of second-order linear differential equations with fixed boundary conditions. The algorithm has a wider scope of applicability than the well-known run-through method and works for both positive and negative coefficients of the equation. The main purpose of this work is to obtain recurrent formulas similar to the run-through formulas for the numerical solution of the boundary value problem of second-order differential equations. The most important question is whether there are run-through formulas when the coefficient in the solution in the equation has a negative sign or is alternating. The paper shows the consistency and computational stability of the difference schemes represented by the proposed recurrent formulas. The results obtained in this article are confirmed by the calculated data.

Keywords: sweep method, mixed boundary value problems, tridiagonal matrix, computational error, border conditions, finite difference method, nodal points, non-monotonic sweep method.

¹З.С. Утемаганбетов, ¹Г.Н. Нигметова, ¹Б.Т. Урбисинова, ¹Р.Б.Асилбаева, ²М.А.Тукибаева*

¹ Yessenov University, Актау, Қазақстан

²Шет тілдер және іскерлік карьера университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: makhabbat.tukibaeva@mail.ru

ЕКІНШІ РЕТТІ СЫЗЫҚТЫҚ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕР ҮШІН АРАЛАС ШЕКАРАЛЫҚ ЕСЕПТІ САНДЫҚ ШЕШУДІҢ ШЕКТІ ЖАҒДАЙЛАРЫН БЕРУ ӘДІСІ (ТОМАС АЛГОРИТМІ)

Аннотация. Бекітілген шектік жағдайлары бар екінші ретті сызықтық дифференциалдық теңдеулерді сандық шешу үшін қуалау әдісіне балама болып табылатын жаңа алгоритм ұсынылды. Алгоритм белгілі қуалау әдісіне қарағанда кеңірек қолдану аймағына ие және теңдеудің коэффициенттері оң және теріс болуына байланыссыз жұмыс істейді. Бұл жұмыстың негізгі мақсаты екінші ретті дифференциалдық теңдеулердің шектік есебін сандық шешу үшін қуалау формулаларына ұқсас рекуренттік формулаларын алу болып табылады. Ең бастысы, теңдеудегі шешім коэффициенті теріс белгіге ие болған кезде немесе ауыспалы болып табылатын формулалардың болуы туралы мәселе. Жұмыста ұсынылған рекуренттік формулалар арқылы берілген айырымдық сұлбаларының үйлесімділігі мен есептеу тұрақтылығы көрсетілген. Мақаладағы алынған нәтижелер есептік деректермен расталады.

Негізгі сөздер: қуалау әдісі, аралас шекаралық есептер, үшдиагоналды матрица, есептеу қателігі, шекаралық шарттар, шекті айырым әдісі, тораптық нүктелер, бірсарынды емес қуалау әдісі.

М.Т.Жугинисов, Д.М.Жарылқан*

Т. Ә. Бәсенов атындағы сәулет және құрылыс институты, Satbayev University,

Алматы, Қазақстан

*e-mail: didar.zharylkan@gmail.com

ФОСФОР ҚОЖЫНЫҢ ЛЕНГЕР КЕН ОРНЫ САЗЫНЫҢ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Керамикалық кірпіш құрамдарын жасау мақсатында осы жұмыста Ленгер сазының қасиеттеріне фосфор қожының әсері зерттелді. Ленгер сазына фосфор қожысы 20, 30 және 40 пайыз мөлшерде қосылған массалар әзірленіп, стандартты үлгілер-цилиндрлер дайындалды. Үлгілерді 1000, 1100 және 1150 °C температураларда күйдірілді. Күйдірілген үлгілердің қасиеттері анықтау барысында фосфор қожының мөлшері мен күйдіру температураның шамасының әсері байқалды. Экспериментальды түрде оңтайлы температурада күйдіруге ұшыраған үлгілердің орташа тығыздығы 1870-2100 кг/м³ болды, ал сынақ нәтижелері бойынша сығылу беріктілігі 24,3 - 29,89 МПа болды. Оңтайлы болып 30 пайыз фосфор қожысы қосылған және 1100 °C температурада күйдірілген үлгісі саналды.

Негізгі сөздер: фосфор қожысы, саз, керамикалық масса, кептіру, күйдіру, тығыздық, беріктік.

Кіріспе. Тұрғын үй ғимараттарының энергия тиімділігін арттыру соңғы он бес жылдықта құрылыс индустриясын дамытудың негізгі бағыттарының біріне айналды. Бүгінгі таңда қоғамның даму деңгейінің басты критерийі ретінде өндірілетін өнімнің көп бөлігі техногендік қалдықтарды пайдалану арқылы жасалуда. Техногендік қалдықтардың негізінде құрылыс материалдарын өндіру энергиялық, ресурсты тиімді тиімді болуы керек. Бұл аталмыш салада энергия үнемдейтін үйлердің құрылысы жылу қорғау үшін жаңа құрылымдық шешімдерді, технологиялар мен материалдарды қолдануды көздейді [1].

Кәзіргі таңда фосфор қожысын керамикалық бұйымдар технологиясында қолдану бойынша зертеулер жүргізілген. Зертеушілер [2-7] фосфор қожысын пайдаланып керамикалық тақтайшалар құрамдарын жасаған. Сонымен қатар фосфор және домна қожыларын шикі зат ретінде қолданып керамикалық қабырға бұйымдардың технологиясы әзірленген [8-12].

Фосфор қожысын керамикада пайдалану материалдың тығыздығын ғана арттырып қоймай өнімнің жылу сақтау әсеріне де біршама үлесін қосты. Жоғары сапалы керамикалық кірпіш үшін фосфор қожысын қолдану оның беріктілігін жоғарлатуға мүмкіндік бере отырып, табиғи саздың пайыздық үлесін біршама төмендетуге мүмкіндік береді. Өнімнің сапасын арттыру құрылыста сұранысты арттыруды, технологиялық параметрлерді қатаң сақтауды, өңдеуді жақсартуды, әртүрлі қоспаларды, соның ішінде басқа өндірістердің қалдықтарын енгізу арқылы ұтымды жолмен өндіруге мүмкіндік береді.

Материалдар мен әдістер. Негізгі шикізат ретінде Түркістан облысындағы Ленгер кен орнының сазы қолданды. Химиялық құрамы бойынша саздар біртекті болып табылады және бояғыш оксидтердің көп мөлшері бар жартылай қышқыл сорттарға жатады. Балшықтар жоғары дисперсті, отқа төзімді, орташа иілімді (илімділік саны 8,9-22,7). Отқа төзімділігі 1360-1580°C, кептіру сезімталдық коэффициенті 0,8, сығылуға беріктігі 700-1635 кг/см². Темір оксидінің жоғары мөлшері 4 - 7%, алюминий оксидінің мөлшері Al₂O₃ (20-28 %). Қаптау плиткаларын өндіруге жарамды. Қосымша ретінде Шымкент фосфор зауытының түйіршіктелген (суда күрт салқындатылған) қожысы пайдаланды. Фосфор қожысы химиялық және минералогиялық құрамы негізінен фосфорит кенінің түріне және балқыту процесіне байланысты. Оның құрамында негізгі оксидтері SiO₂ (32,1-41,2 %) және CaO (39,4-52,4%).

Керамикалық массаны дайындау алдында Ленгір сазы мен фосфор қожысын кептіргіш шкафында 3 сағат бойы 95-100 °С - та үздісіз кептіріліп алынды. Кептірілген саз 1,0 мм електен өтізілді, фосфор қожысы 0,315 мм електен өткізіп алынды.

Керамикалық бұйымдардың қасиеттерін зерттеу және анықтау үшін диаметрі 50 мм және биіктігі 50 мм цилиндр үлгілері дайындалды.

Сазға фосфор қожысы 20, 30 және 40 % қосылды, алдымен құрғақ күйде масса мұқият түрде араластырылды, содан кейін қажетті мөлшерде су қосып иілімді масса жасалды. Цилиндрлі үлгілер ИП – 1А – 500 прессінде 4-6 кН қысым арқылы қалыпталды. Қалыпталған үлгілер тұрақты салмаққа келгенше кептіргіште кептірілді.

Кептірілген үлгілер СНОЛ 1,6/1300 маркалы муфель пешінде 1000, 1100 және 1150°С температурада күйдірілді. Пештегі температураның көтерілу жылдамдығы 5 °С/мин. соңғы температурада 1 сағат ұсталды (2-сурет). Салыстырмалы нәтижелерге қол жеткізу үшін сондай температураларда фосфор қожысын қоспай 100 пайыздық саздан да үлгілер жасалды. Беріктікті анықтау [13, 14] сілтемеге сәйкес жүзеге асырылады.

Өнімдердің фазалық құрамын зерттеу үшін рентгенофазалық талдау әдісі қолданылады. Рентгенофазалық талдау (РФА) СиКа-сәулелі ДРОН-3 дифрактометрінде жүргізілді. Әдістердің сезімталдығы 1 пайыздан 2 пайызға дейін. РФТ (РФА) талдауын фосфор қожысы, баяу балқитын саз және үлгілердің 100 отв/мм елегінен ұнтақталып өткізілді. Дифрактограммаларды түсіндіру ICDD картотекасының деректерін: Pdf2 (opa Diffraction File) Release 2022 ұнтақты дифрактометриялық деректер базасын және үлгілердің ұнтағының таза минералдардың дифрактограммаларын пайдалана отырып жүргізілді.

Нәтижелер. Күйгеннен кейін таза саздан жасалған үлгілердің қасиеттерін зерттеу барысында үлгінің тығыздығы 1745-2300 кг/м³ және қысу беріктігі 12,5-29,89 МПа аралығында көрсетті.

Күйдіру температурасына байланысты орташа тығыздықтың мәні өзгерген, 1000°С-та 100 пайыз саздан жасалған үлгінің орташа тығыздығы 1969 кг/м³ пен беріктік мәні 20,1 МПа, 20 пайыз фосфор қожысын қосқандағы үлгіде орташа тығыздығы 1864 кг/м³ пен беріктік мәні 18,27 МПа көрсеткен, 30 пайыз фосфор қожысын қосқандағы үлгіде орташа тығыздығы 1809 кг/м³ пен беріктік мәні 15,25 МПа, ал 40 пайыз фосфор қожысын қосқандағы үлгіде орташа тығыздығы 1800 кг/м³ пен беріктік мәні 12,50 МПа. Сонымен бұл жағдайда үлгілерде фосфор қожысының мөлшері жоғарлаған сайын олардың беріктілігі мен тығыздығы төмендеді.



1-сурет. Фосфор қожысын қосып қалыптағаннан кейінгі үлгілер

Ленгір сазына 20,30 және 40 пайыз фосфор қожысын қосқандағы және 1100 °С-да күйдірілген үлгілер қасиеттері: 100 пайыз саздан жасалған үлгінің орташа тығыздығы 2133 кг/м³ пен беріктік мәні 19,81 МПа, ал 20 пайыз фосфор қожысын қосқандағы үлгіде орташа тығыздығы 2105 кг/м³ пен беріктік мәні 29,03 МПа көрсетті; 30 пайыз фосфор қожысын қосқандағы үлгіде орташа тығыздығы 1973 кг/м³ төмендеп, беріктік мәні 29,89 МПа

жоғарылаған, бұл үлгі эксперимент барсындағы ең жоғары көрсеткіш, аталмыш беріктік М300 кірпіш маркасына сәйкес келеді, ал 40 пайыз фосфор қожысын қосқандағы үлгіде орташа тығыздығы 1872 кг/м^3 пен беріктік мәні 24,23 МПа, бұл көрсеткіш М 250 кірпіш маркасына сай келеді [15].

Эксперименттің келесі қадамы, үлгілер 1150°C -да күйдіріліп сыналды. 100 пайыз саздан жасалған үлгінің орташа тығыздығы 2309 кг/м^3 пен беріктік мәні 24,33 МПа. Фосфор қожысы қосылған үлгілер деформацияға ұшырағаны байқалды: денелері ісініп жарықшалар пайда болды. Соған байланысты үлгілердің тығыздығы мен сығылуға берітілігі төмендеді (кесте 1). 20 пайыз фосфор қожысын қосқандағы үлгіде орташа тығыздығы 1995 кг/м^3 пен беріктік мәні 16,36 МПа көрсетті. 30 пайыз фосфор қожысын қосқандағы үлгіде орташа тығыздығы 1745 кг/м^3 пен беріктік мәні 18,70 МПа, ал 40 пайыз фосфор қожысын қосқандағы үлгіде орташа тығыздығы 1789 кг/м^3 пен беріктік мәні 17,29 МПа шамада болды.



2-сурет. Фосфор қожысын қосып күйдірілгеннен кейінгі үлгілер

1-кестеде фосфор қожысының қоспасымен саз негізінде 1000 , 1100 және 1150°C температурада күйдіргеннен кейін үлгілердің құрамы мен қасиеттері келтірілген.

Эксперимент барысында, 1000°C - да күйдірілген үлгілер, 100 пайыз саз бен 20,30,40 пайыз фосфор қожысын қосқанда үлгілердің арасында сығу беріктігінің төмендегенің байқаймыз (1-кесте). Біздің пікіріміз бойынша, 1000°C – да сазбен фосфор қожысы арасында қатты түрдегі реакциялар өтпеді. Бұл жағдайда фосфор қожысы кристалдандыру процессіне ұшырап, азғындырғыш рөлін атқарды. Ал 1100°C – да күйдірілген үлгілер, әлдеқайда жақсы нәтижені көрсетті. Біріншіден олар жақсы күйдірілді, екіншіден жарықтар болмады. Сонын ішінде баяу балқитын сазға 30 пайыз фосфор қожысын қосқандағы үлгі 1000°C – тағы күйдірілген үлгімен салыстырғанда екі есеге жоғары беріктілікті көрсетті. Осы температурада сазбен фосфор қожысы арасында қатты түрдегі реакциялар жүрді. Соның нәтижесінде сұйық фаза пайда болып жеңтектеу процесі артып үлгілердің беріктігі күрт түрде жоғарлады. 1150°C – да күйдірілген үлгілердің беріктігі төмен болды, олар біріншіден, фосфор қосылған үлгілерде жоғары жарықтар түзілді, алайда фосфор қожысы қосылмаған үлгіде жарықтар байқалмады. Екіншіден ісіну процесінде цилиндр үлгілер деформацияға ұшырады. Оны себебі, біздің пікіріміз бойынша, 1150°C саз бен фосфор қожының химиялық әрекеттесуі қарқынды түрде өтеді. Нәтижесінде сұйық фаза мөлшері көбейеді, газдар түзеліп бөлініп шығады да температураның әсерінен жұмсарған үлгіні қопсытады, сонымен көлемі ұлғаяды және жарықшалар пайда болып, үлгінің беріктілігі күрт төмендейді.

1100°C температурада күйдірілген үлгілердің сығылуға беріктігі ең жоғары болды. Соның ішінде оңтайлы болып 30 пайыз фосфор қожысы қосылған № 2.3 үлгі саналады.

1-кесте. Баяу балқитын сазға фосфор қожысының қосу негізінде күйдіргеннен кейін үлгілердің қасиеттері

Үлгілер №	Күйдіру температурасы, °C	Фосфор қожысының пайыздық үлесі	Үлгінің тығыздығы, кг/м ³	Үлгінің беріктігі, МПа
1.1	1000°C	0 %	1969,37	20,1
1.2		20 %	1864,70	18,27
1.3		30 %	1809,50	15,25
1.4		40 %	1800,00	12,50
2.1	1100°C	0 %	2133,00	21,81
2.2		20 %	2105,42	29,03
2.3		30 %	1973,00	29,89
2.4		40 %	1872,85	24,23
3.1	1150°C	0 %	2309,59	24,33
3.2		20 %	1995,80	16,36
3.3		30 %	1745,24	18,70
3.4		40 %	1789,50	17,29

Рентгенодифрактометриялық талдау көмегімен керамикалық үлгілердің фазалардың сандық қатынасы анықталды. Негізгі фазалар үшін мазмұнды есептеу жүргізілді. Кестеде аз мөлшерде және тек 1-2 дифракциялық рефлексстердің немесе нашар кристалданудың болуына байланысты сәйкестендіру мүмкін емес қоспалар көрсетілген. Бар фазаларды анықтауға мүмкіндік беретін тән дифракциялық шағылысулар атап өтілді.

Рентгенофазалық талдау үшін 4 үлгі әзірленді. Атап айтсақ:

№1 Ленгір сазы;

№2 Фосфор қожысы;

№3 2.1 үлгісі (1100 °C күйдірілген, құрамында 100 % саз);

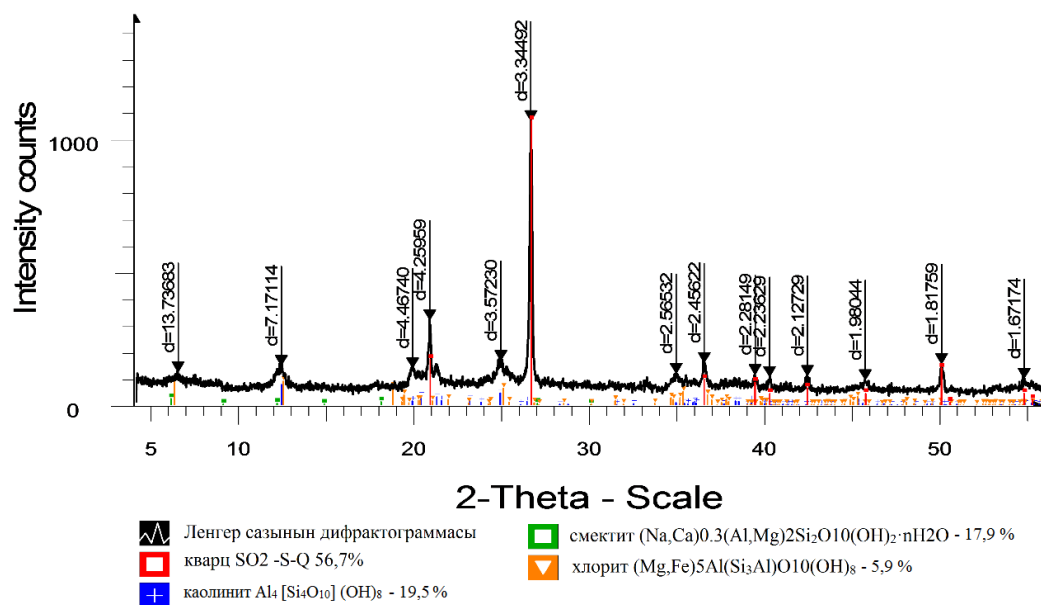
№4 2.3 үлгісі (1100 °C күйдірілген, құрамында 30% фосфор қожысы бар);

№1 Баяу балқитын Ленгір сазы (шикізат күйінде)

2-кесте. Ленгір сазының рентгендік фазалық талдауының нәтижелері

Минерал	Формуласы	Концентрациясы, %
кварц	SiO ₂	56.7
каолинит	Al ₄ [Si ₄ O ₁₀](OH) ₈	19.5
сметтит	(Na,Ca) _{0.3} (Al,Mg) ₂ Si ₂ O ₁₀ (OH) ₂ ·nH ₂ O	17.9
хлорит	(Mg,Fe) ₅ Al(Si ₃ Al)O ₁₀ (OH) ₈	5.9

Дифрактограммасы толығырақ 3 – суретте көрсетілген.



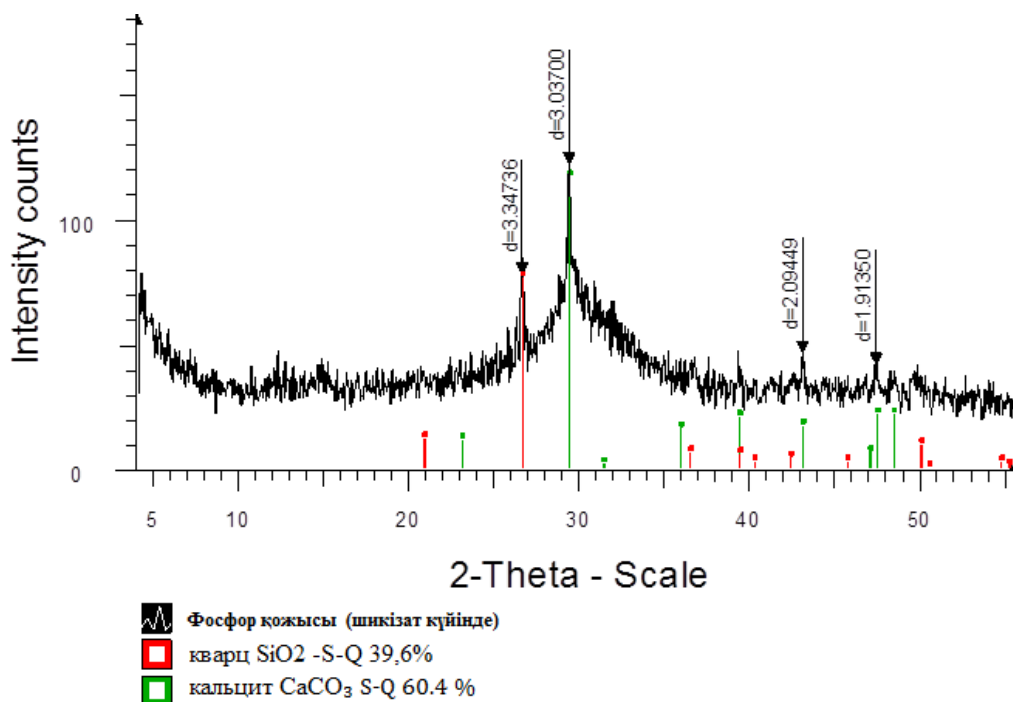
3-сурет. Ленгір сазының дифрактограммасы

№2 Фосфор қожысы (шикізат күйінде)

3-кесте. Фосфор қожысының рентгендік фазалық талдауының нәтижелері

Минерал	Формуласы	Концентрациясы, %
кварц	SiO ₂	39,6
кальцит	CaCO ₃	60,4

Фосфор қожысының дифрактограммасы толығырақ 4 – суретте көрсетілген.



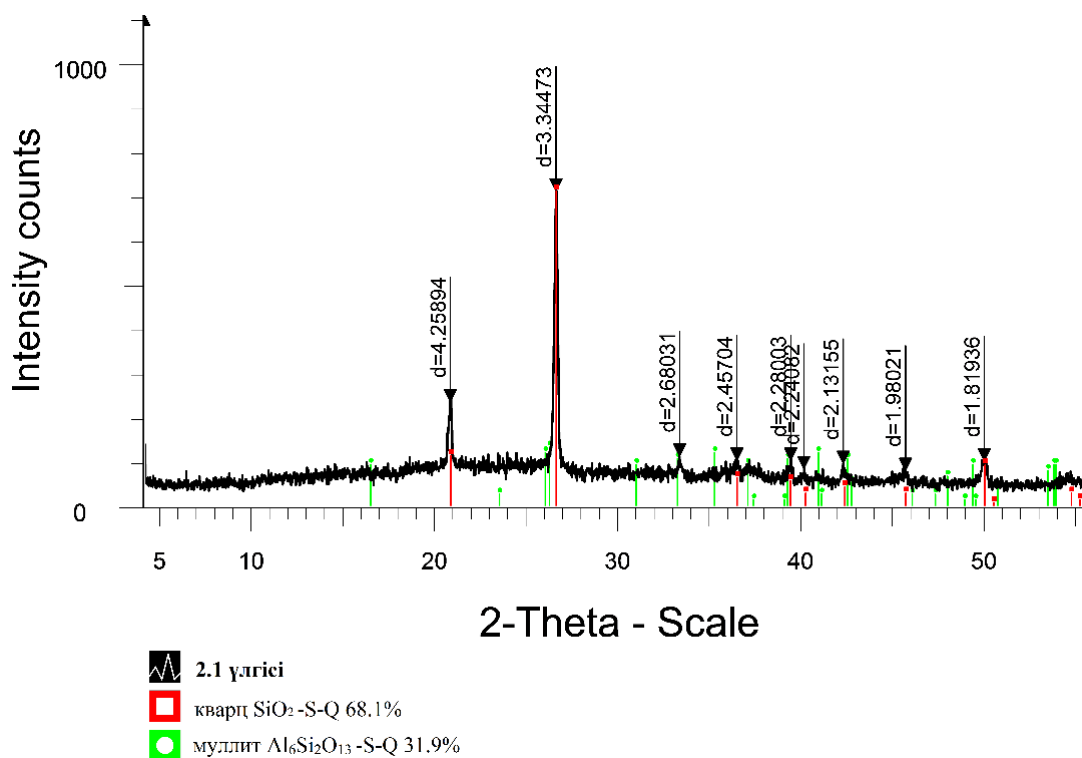
4-сурет. Фосфор қожысының дифрактограммасы

№3 2.1 үлгісі (1100 °C – тағы құрамында 100% саз, фосфор қожысы қосылмаған)

4-кесте. 2.1 үлгінің рентгендік фазалық талдауының нәтижелері

Минерал	Формуласы	Концентрациясы, %
кварц	SiO_2	68,1
муллит	$\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$	31,9

Толығырақ дифрактограммасы 5 – суретте көрсетілген.



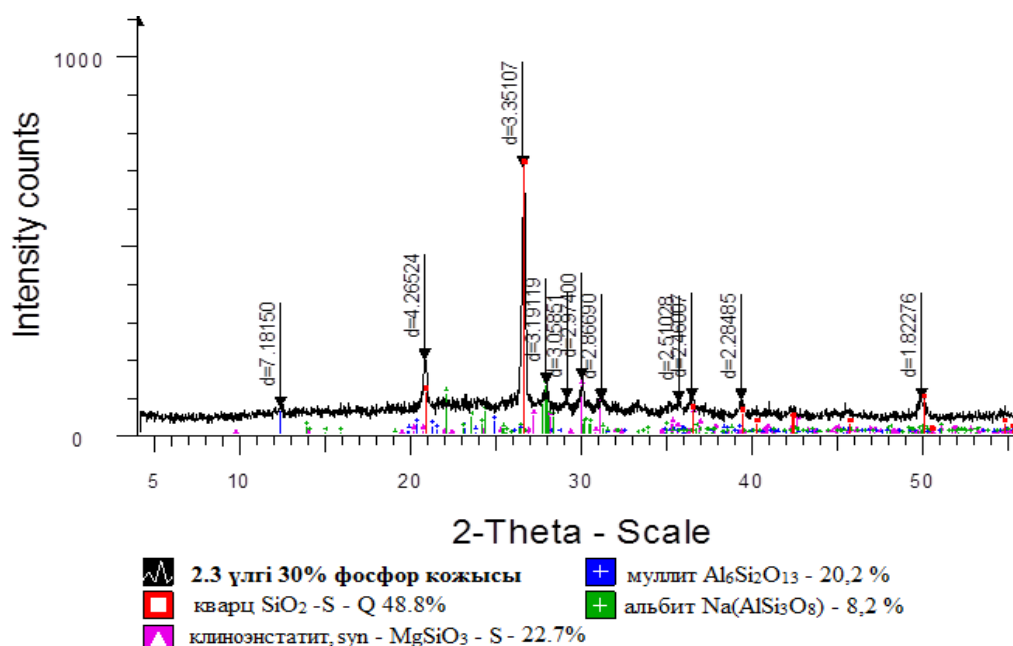
5-сурет 1100 °C температурада күйдірілген үлгінің дифрактограммасы

№4 2.3 үлгісі (1100 °C – тағы құрамында 70% саз, 30% фосфор қожысы)

5-кесте. 2.3 үлгінің рентгендік фазалық талдауының нәтижелері

Минерал	Формуласы	Концентрациясы, %
кварц	SiO_2	48,8
клиноэнстатит	MgSiO_3	22,7
муллит	$\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$	20,2
альбит	$\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$	8,2

Толығырақ дифрактограммасы 6 – суретте көрсетілген.



6-сурет. 30% фосфор қожысы қосылған үлгінің дифрактограммасы

Қорытынды. Қазіргі таңда фосфор қожысын керамикалық бұйымдар технологиясында қолдану бойынша зертеулер жүргізілген. Фосфор қожысын пайдаланып керамикалық тақтайшалар мен қабырға бұйымдардың технологиясы әзірленген. Табиғи шикі зат ретінде жергілікті неше түрлі саздар қолданған.

Керамикалық кірпіш құрамдарын әзірлеу мақсатында осы жұмыста Ленгір сазының қасиеттеріне фосфор қожының әсері зерттелді. Рентгенодифрактометриялық талдау көмегімен Ленгір сазының құрамында кварц, каолинит, смектит және хлорит минералдары бар екені байқалды. Фосфор қожысында кварц және кальцит минералдары анықталды.

Ленгір сазына фосфор қожысы 20, 30 және 40 пайыз мөлшерде қосылған массалар әзірленіп, үлгілер дайындалды. Үлгілерді 1000, 1100 және 1150 °C температураларда күйдірілді. Күйдірілген үлгілердің қасиетері анықтау барысында фосфор қожының әсері байқалды.

1000 °C – да сазбен фосфор қожысы арасында қатты түрдегі реакциялар өтпеді. Бұл жағдайда фосфор қожысы кристалдандыру процессіне ұшырап, азғындырғыш рөлін атқарды. Сол себеппен таза саздан жасалған үлгімен салыстырғанда үлгілерде фосфор қожысының мөлшері жоғарлаған сайын олардың беріктілігі мен тығыздығының төмендеуіне алып келді.

1100 °C температурада сазбен фосфор қожысы арасында қатты түрдегі реакциялар жүрді. Соның нәтижесінде сұйық фаза пайда болып жеңтектелу процесі артып үлгілердің беріктігі күрт түрде жоғарылады. Сонын ішінде Ленгір сазына 30 пайыз фосфор қожысын қосылған үлгі 1000 °C – тағы күйдірілген үлгімен салыстырғанда екі есеге жоғары беріктілікті көрсетті.

1150 °C температурада таза саздан жасалған үлгіде сыртқы өзгерістер байқалмады. Фосфор қожысы қосылған үлгілер деформацияға ұшырағаны байқалды: денелері ісініп жарықшалар пайда болды. Осы температурада саз бен фосфор қожының химиялық әрекеттесуі қарқынды түрде өтедіде сұйық фаза мөлшері көбейеді, сонымен қатар газдар түзеліп бөлініп шығады да жұмсарған үлгі қопсытылады, сонымен оның көлемі ұлғаяды және жарықшалар пайда болып үлгінің беріктілігі күрт төмендейді.

Сонымен зерттеу нәтижесінде Ленгір сазына фосфор қожының мөлшері мен күйдіру температураның әсері байқалды. Оңтайлы болып 30 пайыз фосфор қожысы қосылған және 1100 °C температурада күйдірілген үлгісі саналады. Оның фазалық құрамында кварц (SiO_2), клиноэнстатит (Mg_2SiO_3), муллит ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$), альбит ($\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$) бар екені анықталды. Оңтайлы құрамдағы керамикалық массаны кірпіш дайындауға ұсынуға болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Дворкин Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – Ростов Н/Д. : Феникс, 2007. – 363 б.
- [2] Kundu P., Das S. I. dr. Utilisation of phosphorus plant Slag in ceramic wall tiles Cent Glass and Ceram Res. Inst. Bull. 1979, 26, №1-4, P. 60-63.
- [3] Тихомирова С.А. Опыт использования шлаков в производстве облицовочных плиток //Экспресс-информация. Керамическая промышленность. Серия 5, Вып. 4, ВНИИЭСМ, 1980, С. 7-10.
- [4] Рыщенко М.И., Трусова Ю.Д., Олифиренко Н.Г. и др. Исследование фосфорного шлака в производстве керамических облицовочных плиток //Экспресс-информация. Керамическая промышленность. Серия 5. Вып. 12, ВНИИЭСМ, 1981, С. 23-27.
- [5] Балакирев А.А., Миркин М.И. Фосфорный шлак для изготовления облицовочных плиток //Технология неорганических веществ и минеральных удобрений. Материалы ХП Всесоюзной научно-технической конференции. Чимкент, 1981, С. 422-424.
- [6] А.С. 924001. СССР. Керамическая масса для изготовления облицовочных изделий //Гайко Е.М., Золотухин Н.В. Оpubл. 30.04.83. Б.И. №16.
- [7] Жугинисов М.Т., Жунусов С.М., Сартаев Д.Т., Орынбеков Е.С. Технология и свойства шлакокерамических плиток для пола. Вестник КазНТУ им. К.И. Сатпаева. № 4 (98). 2013 г. С. 47-53.
- [8] Золотухин Н.В., Гайко Е.М. Использование шлака электротермофосфорного производства для изготовления керамических стеновых изделий. //Строительные материалы из местного сырья и отходов промышленности Казахстана. Алма-Ата, 1981, С. 94-96.
- [9] Золотухин Н.В., Гайко Е.М. Крупноразмерные керамические изделия на основе шлаков электротермофосфорного производства // Комплексное использование минерального сырья. Алма-Ата: Наука, 1984, №2, С. 87-89.
- [10] А.С. 802235. СССР. Сырьевая смесь и способ изготовления стеновых строительных изделий //Бобрик В.М., Сахаров В.С. Оpubл. 7.02.81.
- [11] Киргизбаев А.Т. Разработка составов и технология стеновой керамики скоростного обжига на основе доменных шлаков. Автореф. канд. техн. наук. Алматы, 2002. 20 с.
- [12] Жугинисов М.Т., Мырзахметов М.М., Акмалаев К. А. Разработка технологии керамического кирпича с применением фосфорного шлака. Труды международного форума «Инженерное образование и наука в 21 веке: Проблемы и перспективы», посвященного 80-летию КазНТУ им. К.И. Сатпаева. 22-24 октября 2014, Т.1. С. 477- 482.
- [13] Черкасов, С.В. Материаловедение: Лабораторный практикум /С.В.Черкасов, Л.Н.Адоньева; Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. - Воронеж, 2010. - 88 с.
- [14] Практикум по технологии керамики: Учеб. Пособие для вузов /Н.Т. Андрианов, А.В. Беляков и др. под ред. И.Я. Гузмана - М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2004. – 195 с
- [15] ГОСТ 530 – 2012. Кирпич и камни керамические. Технические условия.

REFERENCES

- [1] Dvorkin L.I. Stroitel'nye materialy iz othodov promyshlennosti / L.I. Dvorkin, O.L. Dvorkin. – Rostov N/D. : Feniks, 2007. – 363 b.
- [2] Kundu P., Das S. I. dr. Utilisation of phosphorus plant Slag in ceramic wall tiles Cent Glass and Ceram Res. Inst. Bull. 1979, 26, №1-4, P. 60-63.
- [3] Tihomirova S.A. Opyt ispol'zovaniya shlakov v proizvodstve oblicovocnyh plitok //Jekspres-informacija. Keramicheskaja promyshlennost'. Serija 5, Vyp. 4, VNIIEsM, 1980, S. 7-10.
- [4] Ryshhenko M.I., Trusova Ju.D., Olifirenko N.G i dr. Issledovanie fosfornogo shlaka v proizvodstve keramicheskikh oblicovocnyh plitok //Jekspres-informacija. Keramicheskaja promyshlennost'. Serija 5. Vyp. 12, VNIIEsM, 1981, S. 23-27.
- [5] Balakirev A.A., Mirkin M.I. Fosfornyj shlak dlja izgotovlenija oblicovocnyh plitok //Tehnologija neorganicheskikh veshhestv i mineral'nyh udobrenij. Materialy HP Vsesojuznoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. Chimkent, 1981, S. 422-424.
- [6] A.S. 924001. SSSR. Keramicheskaja massa dlja izgotovlenija oblicovocnyh izdelij //Gajko E.M., Zolotuhin N.V. Opubl. 30.04.83. B.I. №16.
- [7] Zhuginisov, M.T. Zhunusov S.M., Sartaeв D.T., Orynbeков E.S. Tehnologija i svojstva shlakokeramicheskikh plitok dlja pola. Vestnik KazNTU im. K.I. Satpaeva. № 4 (98). 2013 g. S. 47-53.

[8] Zolotuhin N.V., Gajko E.M. Ispol'zovanie shlaka jelectrotermofosfornogo proizvodstva dlja izgotovlenija keramicheskikh stenovykh izdelij. //Stroitel'nye materialy iz mestnogo syr'ja i othodov promyshlennosti Kazahstana. Alma-Ata, 1981, S. 94-96.

[9] Zolotuhin N.V., Gajko E.M. Krupnorazmernye keramicheskie izdelija na osnove shlakov jelectrotermofosfornogo proizvodstva // Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ja. Alma-Ata: Nauka, 1984, №2, S. 87-89.

[10] A.S. 802235. SSSR. Syr'evaja smes' i sposob izgotovlenija stenovykh stroitel'nykh izdelij //Bobrik V.M., Saharov V.S. Opubl. 7.02.81.

[11] Kirgizbaev A.T. Razrabotka sostavov i tehnologija stenovoj keramiki skorostnogo obzhiga na osnove domennykh shlakov. Avtoref. kand. tehn. nauk. Almaty, 2002. 20 s.

[12] Zhuginisov M.T., Myrzahmetov M.M., Akmalayev K. A. Razrabotka tehnologii keramicheskogo kirpicha s primeneniem fosfornogo shlaka. Trudy mezhdunarodnogo foruma «Inzhenernoe obrazovanie i nauka v 21 veke: Problemy i perspektivy», posvjashhennogo 80-letiju KazNTU im. K.I. Satpaeva. 22-24 oktjabrja 2014, T.1. S. 477- 482.

[13] Cherkasov, S.V. Materialovedenie: Laboratornyj praktikum /S.V.Cherkasov, L.N.Adon'eva; Voronezh. gos. arh.-stroit. un-t. - Voronezh, 2010. - 88 s.

[14] Praktikum po tehnologii keramiki: Ucheb. Posobie dlja vuzov /N.T. Andrianov, A.V. Beljakov i dr. pod red. I.Ja. Guzmana - M.: OOO RIF «Strojmaterialy», 2004. – 195 s

[15] GOST 530 – 2012. Kirpich i kamni keramicheskie. Tehnicheskie uslovija.

М.Т.Жугинисов, Д.М.Жарылкан*

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

*e-mail: didar.zharylkan@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОСФОРНОГО ШЛАКА НА СВОЙСТВА ГЛИНЫ ЛЕНГЕРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Аннотация. С целью разработки составов керамического кирпича в настоящей работе исследовано влияние фосфорного шлака на свойства Ленгерской глины. В Ленгерскую глину добавляли фосфорный шлак в количестве 20, 30 и 40 процентов и готовили стандартные образцы-цилиндры. Образцы обжигали при температурах 1000, 1100 и 1150 °С. При определении свойств обожженных образцов наблюдалось влияние количества фосфорного шлака и величины температуры обжига. Экспериментально средняя плотность образцов, подвергшихся обжигу при оптимальной температуре, составляла 1870-2100 кг/м³, а прочность на сжатие по результатам испытаний составляла 24,3 - 29,89 МПа. Оптимальным считается образец с добавлением 30-процентного фосфорного шлака и полученного обжигом при температуре 1100 °С.

Ключевые слова: фосфорный шлак, глина, керамическая масса, сушка, обжиг, плотность, прочность.

M.T. Zhuginisov, D.M.Zharylkan*

Institute of Architecture and Construction named after T. Basenova, Satbayev University,

Almaty, Kazakhstan, *e-mail: didar.zharylkan@gmail.com

STUDY OF THE EFFECT OF PHOSPHORUS SLAG ON PROPERTIES OF CLAY OF Lenger DEPOSIT

Abstract.In order to develop the compositions of ceramic bricks, the influence of phosphoric slag on the properties of Lenger clay is investigated in this work. Phosphoric slag in the amount of 20, 30 and 40 percent was added to Hungarian clay and standard samples-cylinders were prepared. The samples were fired at temperatures of 1000, 1100 and 1150 °C. When determining the properties of the fired samples, the influence of the amount of phosphoric slag and the value of the firing temperature was observed. Experimentally, the average density of samples subjected to firing at an optimal temperature was 1870-2100 kg/m³, and the compressive strength according to the test results was 24.3 - 29.89 MPa. A sample with the addition of 30% phosphoric slag and obtained by firing at a temperature of 1100 °C is considered optimal.

Keywords: phosphoric slag, clay, ceramic mass, drying, annealing, density, strength.

МАЗМҰНЫ

Жер туралы ғылымдар

<i>Силачева Н.В., Кудабоева А.Д.</i> КҮШТІ ЖЕР ҚОЗҒАЛЫСЫ ҮШІН ӘЛСІРЕТУ МОДЕЛЬДЕРІН ТАҢДАУ ТУРАЛЫ.....	3
<i>Мустафин Т., Кулпешов Б., Зейнуллин А., Мустафин С., Тойгожинова А.</i> БЕТБЕЛГІ НЫСАНЫНЫҢ ЖАҒДАЙЫН КЕШЕНДІ БАҒАЛАУ МӘСЕЛЕСІ ТУРАЛЫ.....	9
<i>Рысбеков К., Yinli Bi., Демеуов С., Муканова Г., Жакыпбек Ы.</i> АШЫҚ ТАУ-КЕН ЖҰМЫСТАРЫН ЖҮРГІЗУ АУДАНЫНДА ТОПЫРАҚТЫҢ АУЫР МЕТАЛДАРМЕН ЛАСТАНУЫН БАҒАЛАУ.....	14
<i>Бисенгалиева А.М., Дюсегалиева К.О., Қыдырбек Р.Ы.</i> РАДИОАКТИВТІ ШЫҒАРЫНДЫЛАРДЫҢ БАТЫС ӨңІРДІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫНА ӘСЕРІ.....	26
<i>Жамашева А.Е., Идрисова Д.Г., Рахмашев З.Ж., Кәрім И.М., Ермуратова Ж.Е.</i> ҚЫШҚЫЛДЫҚ ӨНДЕУ КЕЗІНДЕГІ АҒЫН БАҒЫТТАУШЫ АГЕНТТЕРДІҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ТӘСІЛДЕРІ.....	34
<i>Оспанова Г.Ш., Саипов А.А., Нұрымова Р.Д.</i> НҰР-СҰЛТАН ҚАЛАСЫНЫҢ АЗЫҚ-ТҮЛІК БЕЛДЕУІ АУМАҒЫНЫҢ КӨЛКІТКІ-ГЕОГРАФИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫ.....	44

Физика-математика ғылымдары

<i>Шотаева Е.Ж., Рыспаева М.Ж., Березовская И.Э.</i> МОДЕЛЬДІ ЖАНУ КАМЕРАСЫНДА БҮРКУ БҰРЫШЫНА ТӘУЕЛДІ БЕНЗИННІҢ ЖАУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ.....	53
--	----

Химия-металлургия ғылымдары

<i>Толеуова А.Р., Достоева А.М., Белов Н.А.</i> КРАН ДӨҢГЕЛЕКТЕРІНІҢ ЖҰМЫСЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ.....	58
<i>Мухамбетғалиев Е.К., Жүнісқалиев Т.Т., Смағұлов А.Қ., Смаилов С.А.</i> AL-MN-SA-SI ЖОҒАРЫ БЕЛСЕНДІ ЭЛЕМЕНТТЕРІНЕН КҮРДЕЛІ ҚОРЫТПАНЫ БАЛҚЫТУ ПРОЦЕСІН ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ.....	64
<i>Келаманов Б.С., Есенғалиев Д.А., Тажиев Е.Б., Заякин О.В.</i> Ti-Zr-Al-Si ЖҮЙЕСІН ТЕРМОДИНАМИКАЛЫ-ДИАГРАММДЫ ТАЛДАУ ӘДІСІМЕН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ФЕРРОСИЛИКОЦИРКОНИЙ ҚОРЫТПАНЫҢ ФАЗАЛЫҚ ҚҰРАМЫ.....	71
<i>Елубай М., Масакбаева С., Айтқалиева Г., Раделюк И.</i> КҮЛ-ҚОЖ ҚАЛДЫҚТАРЫН ҚАЙТА ӨНДЕУ.....	79
<i>Панова Е.Н., Аубакиров Е.А., Ибраева Л.С.</i> «ҚАЗАТОМӨНЕРКӘСІП» ҰАК» АҚ КӘСІПОРЫНДАРЫНЫҢ БІРІНІҢ БҰРҒЫЛАУ ШЛАМЫН КЕШЕНДІ ЗЕРТТЕУ.....	85
<i>Диков А.С., Ларионов А.С., Жаканбаев Е.А., Дикова Л.А., Сансызбаева А.Ж., Акаев С.О.</i> МАГНЕТРОНДЫ ТҮНДІРУ КЕЗІНДЕГІ ТИТАН НИКЕЛИДІНІҢ ТӨСЕНІШІНДЕГІ ТАНТАЛ ЖАБЫНЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ-ФАЗАЛЫҚ КҮЙЛЕРІ.....	95

Техникалық ғылымдар

<i>Асхатулы А., Еділхан Д., Бердышева Д.</i> МАШИНЫЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІНІҢ АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК САЛАСЫНДАҒЫ ҚОЛДАНЫСЫ.....	100
<i>Хасенов А.К.</i> АЛМАТЫ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫН ТАБИҒИ ГАЗҒА АУЫСТЫРУ ПЕРСПЕКТИВАСЫ.....	107
<i>Жугинисов М.Т., Рахметуллы А.А., Оралтаева А. Р.</i> ТАБИҒИ ЖӘНЕ ТЕХНОГЕНДІК ШИКІЗАТ НЕГІЗІНДЕГІ ЖЕҢІЛ ТОЛТЫРҒЫШТАР ТЕХНОЛОГИЯСЫ БОЙЫНША ЗЕРТТЕУЛЕРГЕ ТАЛДАМАЛЫҚ ШОЛУ.....	123

<i>Құсайынов Д.І.</i>	
ӨНІМНІҢ САПАСЫН БАҚЫЛАУ МЕН СЕРТИФИКАТТАУДЫ ҰЙЫМДАСТЫРУ	129
<i>Шоқубасов А.Б.</i>	
ҚАЗІРГІ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ҚҰРАМДЫ ЖАСАУДА МАШИНАДАН ОҚУ РӨЛІН ЗЕРТТЕУ	134
<i>Тасанбаев С., Арыстанбаев К., Умаров А.</i>	
БАСҚАРУ АЛГОРИТМДЕРІН СИНТЕЗДЕУДІҢ СУБОПТИМАЛДЫ ӘДІСІН ЖАСАУ	140
<i>Абдугулова Ж.К., Бектұрған Б.А., Қабзитов Е.Б.</i>	
ТЕМІРБЕТОН БҰЙЫМДАРЫН ӨНДІРУГЕ АРНАЛҒАН ҚҰЮ МАТЕРИАЛДАРЫНЫҢ ПРОЦЕСТЕРІН БАСҚАРУДЫҢ ОҢТАЙЛЫ ЖҮЙЕСІН АВТОМАТТАНДЫРУ	147
<i>Утемаганбетов З.С., Нигметова Г.Н., Урбисина Б.Т., Асылбаева Р.Б., Тукибаева М.А.</i>	
ЕКІНШІ РЕТТІ СЫЗЫҚТЫҚ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУЛЕР ҮШІН АРАЛАС ШЕКАРАЛЫҚ ЕСЕПТІ САНДЫҚ ШЕШУДІҢ ШЕКТІ ЖАҒДАЙЛАРЫН БЕРУ ӘДІСІ (ТОМАС АЛГОРИТМІ).....	162
<i>Жугинисов М.Т., Жарылқан Д.М.</i>	
ФОСФОР ҚОЖЫНЫҢ ЛЕНГЕР КЕН ОРНЫ САЗЫНЫҢ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ	174

СОДЕРЖАНИЕ

Науки о Земле

<i>Силачева Н.В., Кудабаева А.Д.</i>	
О ВЫБОРЕ МОДЕЛЕЙ ЗАТУХАНИЯ СИЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ГРУНТА	3
<i>Мустафин Т., Кулпешов Б., Зейнуллин А., Мустафин С., Тойгожсинова А.</i>	
О ПРОБЛЕМЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА ЗАКЛАДКИ.....	9
<i>Рысбеков К., Yinli Bi, Демеуов С., Муқанова Г., Жакыпбек Ы.</i>	
ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ В РАЙОНЕ ПРОВЕДЕНИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ	14
<i>Бисенғалиева А.М., Дюсегалиева К.О., Кыдырбек Р.Ы.</i>	
ВЛИЯНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ВЫБРОСОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ ЗАПАДНОГО РЕГИОНА	26
<i>Жамашева А.Е., Идрисова Д.Г., Рахмашев З.Ж., Карим И.М., Ермуратова Ж.Е.</i>	
МЕХАНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПОТОКООТКЛОНЯЮЩИХ АГЕНТОВ ПРИ КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКЕ.....	34
<i>Оспанова Г.Ш., Саипов А.А., Нурымова Р.Д.</i>	
ТРАНСПОРТНО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО ПОЯСА Г. НУР-СУЛТАН.....	44

Физико-математические науки

<i>Шотаева Е.Ж., Рыспаева М.Ж., Березовская И.Э.</i>	
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРЕНИЯ БЕНЗИНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УГЛА РАСПЫЛА В МОДЕЛЬНОЙ КАМЕРЕ СГОРАНИЯ.....	53

Химико-металлургические науки

<i>Толеуова А.Р., Достоева А.М., Белов Н.А.</i>	
ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ КРАНОВЫХ КОЛЕС	58
<i>Мухамбетғалиев Е.К., Жүнісқалиев Т.Т., Смағұлов А.Қ., Смаилов С.А.</i>	
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫПЛАВКИ СПЛАВА ИЗ ВЫСОКОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ AL-MN-CA-SI.....	64
<i>Келаманов Б.С., Есенғалиев Д.А., Тажиев Е.Б., Заякин О.В.</i>	
ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ Ti-Zr-Al-Si МЕТОДОМ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИ- ДИАГРАММНОГО АНАЛИЗА И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ СПЛАВА ФЕРРОСИЛИКОЦИРКОНИЯ.....	71

<i>Елубай М., Масакбаева С., Айткалиева Г., Раделюк И.</i> ПЕРЕРАБОТКА ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ.....	79
<i>Панова Е.Н., Аубакиров Е.А., Ибраева Л.С.</i> КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БУРОВОГО ШЛАМА ОДНОГО ИЗ ПРЕДПРИЯТИЙ АО «НАК «КАЗАТОМПРОМ».....	85
<i>Диков А.С., Ларионов А.С., Жаканбаев Е.А., Дикова Л.А., Сансызбаева А.Ж., Акаев С.О.</i> СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ СОСТОЯНИЯ ПОКРЫТИЙ ИЗ ТАНТАЛА НА ПОДЛОЖКЕ ИЗ НИКЕЛИДА ТИТАНА ПРИ МАГНЕТРОННОМ ОСАЖДЕНИИ.....	95

Технические науки

<i>Асхатулы А., Едилхан Д., Бердышева Д.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	100
<i>Хасенов А.К.</i> ПЕРСПЕКТИВА ПЕРЕВОДА АЛМАТИНСКИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ПРИРОДНЫЙ ГАЗ.....	107
<i>Жугинисов М.Т., Рахметуллы А.А., Оралтаева А.Р.</i> АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ТЕХНОЛОГИИ ЛЕГКИХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ.....	123
<i>Кусаинов Д.И.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И СЕРТИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИИ.....	129
<i>Шокубасов А.Б.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	134
<i>Тасанбаев С., Арыстанбаев К., Умаров А.</i> РАЗРАБОТКА СУБОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА СИНТЕЗА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ.....	140
<i>Абдугулова Ж.К., Бектурган Б.А., Кабзитов Е.Б.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	147
<i>Утемаганбетов З.С., Нигметова Г.Н., Урбисина Б.Т., Асилбаева Р.Б., Тукибаева М.А.</i> МЕТОД ПЕРЕНОСА КРАЕВЫХ УСЛОВИЙ (АЛГОРИТМ ТОМАСА) ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ СМЕШАННОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА.....	162
<i>Жугинисов М.Т., Жарылқан Д.М.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОСФОРНОГО ШЛАКА НА СВОЙСТВА ГЛИНЫ ЛЕНГЕРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	174

CONTENTS

Earth sciences

<i>Silacheva N., Kudabayeva A.</i> ABOUT GROUND MOTION PREDICTION EQUATIONS SELECTION.....	3
<i>Mustafin T., Kulpeshov B., Zeinullin A., Mustafin S, Toigozhinova A.</i> ABOUT A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE STATE OF FILLING MATERIAL.....	9
<i>Rysbekov K., Yinli Bi, Demuevov H.S., Mukanova G., Zhakypbek Y.</i> ASSESSMENT OF SOIL POLUTION BY HEAVY METALS IN THE AREA OF OPEN MINING WORKS.....	14
<i>Bissengaliyeva A.M., Dyussegaliyeva K.O., Kydyrbek R.Y.</i> INFLUENCE OF RADIOACTIVE EMISSIONS ON THE ENVIRONMENTAL SITUATION OF THE WESTERN REGION.....	26
<i>Zhamasheva A.E., Idrisova D.G., Rakhmashev Z.Zh., Karim I.M., Ermuratova ZH.E.</i> MECHANICAL METHODS OF FLOW-DIVERTING AGENTS DURING ACID TREATMENT.....	34

<i>Ospanova G.Sh., Saipov A.A., Nurymova R.D.</i> TRANSPORT AND GEOGRAPHICAL POSITION OF THE FOOD BELT TERRITORY OF NUR-SULTAN CITY.....	44
--	----

Physical and mathematical sciences

<i>Shotayeva Ye., Ryspayeva M., Berezovskaya I.</i> INCREASING THE EFFICIENCY OF GASOLINE COMBUSTION DEPENDING ON THE SPRAY ANGLE IN A MODEL COMBUSTION CHAMBER.....	53
--	----

Chemical and metallurgical sciences

<i>Toleuova A.R., Dostayeva A.M., Belov A.N.</i> OPTIMIZATION OF CRANE WHEELS OPERATION.....	58
<i>Mukhambetgaliyev Ye. K., Zhuniskaliyev T.T., Smagulov A.K., Smailov S.A.</i> THERMODYNAMIC MODELING OF THE COMPLEX ALLOY MELTING FROM HIGH-ACTIVE AL-MN-CA-SI ELEMENTS.....	64
<i>Kelamanov B.S., Yessengaliyev D. A., Tazhiyev Ye.B., Zayakin O.V.</i> STUDY OF THE Ti-Zr-Al-Si SYSTEM BY THERMODYNAMIC-DIAGRAM ANALYSIS AND PHASE COMPOSITION OF FERRUM-SILICON-CYRCONIUM ALLOY.....	71
<i>Yelubay M., Massakbayeva S., Aitkaliyeva G., Radelyuk I.</i> PROCESSING OF ASH AND SLAG WASTE.....	79
<i>Panova Y.N., Aubakirov Y.A., Ibrayeva L.S.</i> COMPREHENSIVE RESEARCH OF DRILL SLUDGE ONE OF THE ENTERPRISES OF JSC «NAC «KAZATOMPROM».....	85
<i>Dikov A.S., Larionov A.S., Zhakanbayev E.A., Dikova L.A., Sansyzbayeva A. Zh., Akaev S.O.</i> STRUCTURAL AND PHASE STATES OF TANTALUM COATINGS ON A TITANIUM NICKELIDE SUBSTRATE UNDER MAGNETIC DEPOSITION.....	95

Technical Sciences

<i>Askhatuly A., Yedilkhan D., Berdysheva D.</i> USE OF MACHINE LEARNING IN INFORMATION SECURITY.....	100
<i>Khasenov A.K.</i> THE PROSPECT OF CONVERTING ALMATY POWER PLANTS TO NATURAL GAS.....	107
<i>Zhuginisov M.T., Rakhmetulla A.A., Oraltayeva A.R.</i> ANALYTICAL REVIEW OF RESEARCH ON THE TECHNOLOGY OF LIGHT AGGREGATES BASED ON NATURAL AND MAN-MADE RAW MATERIALS	123
<i>Kusainov D.I.</i> ORGANIZATION OF QUALITY CONTROL AND PRODUCT CERTIFICATION.....	129
<i>Shokubassov A.B.</i> EXPLORING THE ROLE OF MACHINE LEARNING IN MODERN SOFTWARE DEVELOPMENT.....	134
<i>Tasanbaev S., Arystanbayev K., Umarov A.</i> DEVELOPMENT OF A SUBOPTIMAL METHOD FOR THE SYNTHESIS OF CONTROL ALGORITHMS.....	140
<i>Abdugulova Zh.K., Bekturgan B.A., Kabzitov E.B.</i> AUTOMATION OF THE OPTIMAL CONTROL SYSTEM CONTROL SYSTEM FOR THE PRODUCTION OF REINFORCED CONCRETE PRODUCTS.....	147
<i>Utemaganbetov Z.S., Nigmatova G.N., Urbisinova B.T., Asilbaeva R.B., Tukibayeva M.A.</i> BOUNDARY CONDITION TRANSFER METHOD (THOMAS ALGORITHM) NUMERICAL SOLUTION OF A MIXED BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR SECOND-ORDER LINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS.....	162
<i>Zhuginisov M.T., Zharylkan D.M.</i> STUDY OF THE EFFECT OF PHOSPHORUS SLAG ON PROPERTIES OF CLAY OF LINGER DEPOSIT	174

Редактор:
Г.А. Буршукова
Верстка на компьютере:
Л.Т. Касжанова

Заказ № 302

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