

ҚарТУ | KTU | ҚарТУ



1953

ISSN 1609-1825 (PRINT)

ISSN 2710-3382 (ONLINE)

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ • ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА

№3
2021



- ◆ Проблемы высшей школы
- ◆ Машиностроение. Металлургия
- ◆ Геотехнологии. Безопасность жизнедеятельности
- ◆ Строительство. Транспорт
- ◆ Экономика
- ◆ Энергетика. Автоматика. Информационно-коммуникационные технологии



республикалық
журналы

республиканский
журнал

УНИВЕРСИТЕТ
ЕҢБЕКТЕРІ

ТРУДЫ
УНИВЕРСИТЕТА



3 (84)
2021

2000 жылдан бастап шығарылады
Мерзімділігі жылына 4 рет

Издается с 2000 года
Периодичность 4 раза в год

Журнал Қазақстан Республикасының Инвестициялар және даму министрлігінің жанындағы Байланыс, ақпараттандыру және ақпарат комитетінде тіркелген (тіркеу куәлігі № 15375–ж 27.05.2015 ж.)

Журнал зарегистрирован в Комитете связи, информатизации и информации при Министерстве по инвестициям и развитию Республики Казахстан (регистрационное свидетельство № 15375–ж от 27.05.2015 г.)

МЕНШІК ИЕСІ

«Қарағанды техникалық университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы
(Қарағанды қаласы)

СОБСТВЕННИК

Некоммерческое акционерное общество
«Карагандинский технический университет»
(г. Караганда)

Главный редактор

Ю.Н. Пак

д-р техн. наук, профессор

Редакционный совет

- Пак Ю.Н.** академик КазНАЕН, д-р техн. наук, проф. кафедры геологии и разведки месторождений полезных ископаемых КарТУ (председатель) (Казахстан)
- Куликов В.Ю.** зав. кафедрой нанотехнологии и металлургии КарТУ, академик МАИН, к.т.н., проф. (зам. председателя) (Казахстан)
- Калинин А.А.** зав. кафедрой информационно-вычислительных систем КарТУ, PhD (ответственный секретарь) (Казахстан)
- Абдиров А.М.** первый заместитель председателя правления по академической деятельности – ректор КАТУ им. С. Сейфуллина, д-р пед. наук, проф. (Казахстан)
- Байджанов Д.О.** проф. кафедры строительных материалов и технологий КарТУ, академик МАИН, д-р техн. наук (Казахстан)
- Брейдо И.В.** зав. кафедрой автоматизации производственных процессов КарТУ, академик МАИН, КазНАЕН, д-р техн. наук, проф. (Казахстан)
- Бирюков В.В.** декан факультета инженерной экономики и менеджмента КарТУ, д-р экон. наук (Казахстан)
- Бранко Каталинич** проф. Венского университета технологий, д-р техн. наук, President IAE-CEB, Professor Dr.sc. Dr.mult.h.c., Prof.h.c., President of DAAAM International (Австрия)
- Выжва С.А.** директор института геологии Киевского национального университета им. Т. Шевченко, д-р геол.-мин. наук, проф. (Украина)
- Дрижд Н.А.** проф. кафедры разработки месторождений полезных ископаемых КарТУ, д-р техн. наук (Казахстан)
- Демин В.Ф.** проф. кафедры разработки месторождений полезных ископаемых КарТУ, д-р техн. наук (Казахстан)
- Жетесова Г.С.** комплаенс-офицер КарТУ, проф. кафедры технологического оборудования, машиностроения и стандартизации, академик КазНАЕН, д-р техн. наук (Казахстан)
- Ибатов М.К.** председатель Правления – ректор КарТУ, академик КазНАЕН, НИА РК, иностранный член Академии горных наук РФ, д-р техн. наук, проф. (Казахстан)
- Исагулов А.З.** исполнительный директор КарТУ, академик МАИН, КазНАЕН, НАН ВШК, д-р техн. наук, проф. (Казахстан)
- Ибраев М.К.** проф. кафедры химии и химических технологий КарТУ, д-р хим. наук (Казахстан)
- Кошебаета Г.К.** проф. кафедры экономики и менеджмента предприятия КарТУ, д-р экон. наук (Казахстан)
- Кадыров А.С.** проф. кафедры транспортной техники и логистических систем КарТУ, д-р техн. наук (Казахстан)
- Кудрявцев С.С.** доцент кафедры химии и химических технологий КарТУ, канд. биол. наук (Казахстан)
- Нугужинев Ж.С.** директор КазМИРР, советник Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН), д-р техн. наук, проф. (Казахстан)
- Ожигин С.Г.** проф. кафедры разработки месторождений полезных ископаемых КарТУ, иностранный член Академии горных наук РФ, д-р техн. наук (Казахстан)
- Портнов В.С.** проф. кафедры геологии и разведки месторождений полезных ископаемых КарТУ, академик МАИН, иностранный член Академии горных наук РФ, д-р техн. наук (Казахстан)
- Шеров К.Т.** проф. кафедры технологических машин и оборудования КАТУ им. С. Сейфуллина, д-р техн. наук (Казахстан)
- Шкутина Л.А.** проф. кафедры дошкольной и психолого-педагогической подготовки КарУ им. Е.А. Букетова, д-р пед. наук (Казахстан)
- Шоланов К.С.** проф. кафедры автоматизации производственных процессов КарТУ, академик НИА РК, КАЗНАЕН, д-р техн. наук (Казахстан)

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ	5
ИСКАКОВА Г.К., КЛЮЧКО Р.Н. Социокультурный контекст понимания и реализации прав человека в условиях новых вызовов	5
ALSHYNBAEVA Zh., GANIEVA F. Training of Future Teachers of Vocational Education in the Implementation of Dual Training.....	11
BASHIROV A., KHANOV T. The Reasons for the Low Efficiency of Students' Research Work at the University	18
SAMASHOVA G., KURUMBAYEV S., SADIROVA G., SHAMSHIDENOVA N. The Use of Effective Methods of Technology of Critical Thinking	25
РАЗДЕЛ 2. МАШИНОСТРОЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ	29
GAVRILIN A., KHAYRULLIN A. Mathematical Modeling of Dynamic Processes That Occur During Vortex Boring of Deep Holes with a Multi-Pass Cutter	29
КАСЕНОВ А.Ж., МАЗДУБАЙ А.В., ИТЫБАЕВА Г.Т., МУСИНА Ж.К., ТАКАРИНА А.Ж. Дөңгелек пішінді кескіштерді параметрлеу	37
МУСАЕВ М.М., ШЕРОВ К.Т., РАКИШЕВ А.К., КАРСАКОВА Н.Ж. Расчет упругой муфты универсального устройства на базе токарного станка для реализации технологии фрезоточения	42
NIKONOVA T., DAICH L., DANDYBAEV E., SICHKARENKO A., BAIMULDIN M. Overview of Methods for Measuring Polymer Film Thickness to Create an Automated Real-Time Control System	48
ИСКАКОВ Р.М., ИСЕНОВ С.С., ЗАИЧКО Г.А. Системный анализ ударно-раскалывающего измельчения в молотковой дробилке	54
NIKONOVA T., ZHETESSOVA G., SHKAMAT E., ZHUNUSPEKOV D., MATESHOV A. Analysis of Factors Affecting the Cracking Resistance of Steels for Rods	61
БОГОМОЛОВ А.В., ЖАКУПОВА А.Т., ЖАКУПОВ А.Н. Технологические решения в непрерывной разливке трубных заготовок	68
KARELIN V., YUDAKOVA A., MIKLASHEVICH D. Corrosion Study of Materials for Electrolyzer Used for Pyrochemical Reprocessing of Spent Nuclear Fuel Based on Cold Crucible Technique.....	72
ИБАТОВ М.К., ЖОЛДУБАЕВА Ж.Д., ИСАФҰЛОВ А.З., ИСИН Д.К., МАЖИТОВА Л.А. Полимерлі матрицаның қайталануымен алынған керамикадан жасалған кеуекті материалдар.....	78
ЩЕРБАКОВА Е.П., ДОСТАЕВА А.М., КВОН С.С., ТЫРТЫКАЕВА К.Т. Анализ мировых трендов производства деталей грунтовых насосов.....	82
КОЙШИНА Г.М., ЖОЛДАСБАЙ Е.Е., КУРМАНСЕЙТОВ М.Б., ТАЖИЕВ Е.Б. Выбор и обоснование технологии комплексной переработки изгари с получением товарных продуктов	87
РАЗДЕЛ 3. ГЕОТЕХНОЛОГИИ. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	94
МИЗЕРНАЯ М.А., ДЬЯЧКОВ Б.А., МИРОШНИКОВА А.П., ЗИКИРОВА К.Т., ЕСКАЛИЕВ Е.Т. Особенности геологического строения, магматизма и рудообразования месторождений Бакырчикского рудного поля.....	94
VYZHVA S., SHABATURA A., PASTUSHENKO T. Approaches to Reduce the Use of Radioisotope Sources in the Logging of Oil and Gas Wells in Ukraine and Kazakhstan within the Framework of the Policy of Reducing Radiation Hazard.....	100
ДЬЯЧКОВ Б.А., МИЗЕРНАЯ М.А., ЗИМАНОВСКАЯ Н.А., АГАЛИЕВА Б.Б., ЕРКИНБЕК Е.А. Закономерности формирования и оценка перспектив сподуменовых пегматитов Калба-Нарымской зоны (Восточный Казахстан)	108
AKIMBEKOVA B., KAIYRBAYEVA M., ZHORABEK A., MALYBAEVA M. Complexing Reagents Effect on Sulfide Ores Flotation.....	113
SATTAROVA G., BALABAS L., OSTANIN A. Analyzing and Developing Measures to Reduce Industrial Injuries in the Abayskaya Mine.....	119
ZHUMABEKOV A., PORTNOV V., LIU ZHEN Seismic Interpretation and Assessment of the Structural Factor on Example of the North Mangyshlak Basin	124
ВЫЖВА С.А., ОНИЩУК В.И., ОНИЩУК И.И., РЕВА Н.В. Методические принципы геофизического исследования оползневых территорий в условиях лесостепной зоны Украины	129
MUSINA G., OZHIGIN D., OZHIGIN S., DOLGONOSOV V., OZHIGINA S. Analysis of the Environmental Situation in Coal-Mining Areas Using Satellite Data	140

АБИКЕНОВА А.А., МЫРЗАХАНОВА А.З., БЕГИМБЕТОВА А.С., БЕЛОЕВ Х.И. Исследование влияния параметров технологического процесса при производстве электрооборудования на выбросы в окружающую среду.....	146
РАЗДЕЛ 4. СТРОИТЕЛЬСТВО. ТРАНСПОРТ	153
УТЕПБЕРГЕНОВА Л.М., ТОЛКЫНБАЕВ Т.А., АБДУКАЛИКОВА Г.М., ЕЛЕУСИНОВА А.Е. Ғимараттардың энергия тиімділігі мәселелері.....	153
ЕСИРКЕПОВА А.Б., ШЕРОВ К.Т., СЕРОВА Р.Ф., ОКИМБАЕВА А.Е., МАШКИН Н.А. Темірбетон бұйымдарын дайындау үшін қалдық кесінділерден қосылған арматуралық өзекшелерді үзілуге сынау.....	160
ИБРАГИМОВ К.И., АРТЫКБАЕВ Д.Ж., БАЙБОЛОВ К.С., НАЗАРОВ К.И. Полевые деформационные штамповые опыты.....	166
КУНАЕВ В.А., ТИМУХИНА Е.Н., ГЕОРГИАДИ И.В. Определение параметров и разработка конструкции сливного резервуара установки для гидрофобизации шлакового щебня с погружным нагревателем.....	172
KADYROV A., SAKHAROV R., ZHUNUSBEKOVA Zh., GANYUKOV A., SUYUNBAYEV Sh. Establishing Forces of Soil Resistance to Cutting with Milling Working Bodies.....	178
ZHUMABEKOV A., BYKADOROV S., ABDRAKHMANOV M. Assessment of the Structural Reliability of the Braking System Affecting Road Safety.....	184
ЕСБОСЫНОВ Қ.Т. Техникалық қызмет көрсету мен жөндеу үшін қосалқы бөлшектердің айналым қорын есептеудің әдістемесі.....	191
РАЗДЕЛ 5. ЭКОНОМИКА	196
ТЕМИРОВА А.Б., ЮСУПОВА С.А., ТОЛЫСБАЕВА М.С. Особенности внедрения системы учета электронных трудовых договоров в Республике Казахстан.....	196
ШАЙМЕРДЕНОВА Р.Т. Мемлекеттің бюджеттік түсімдерін жоспарлау.....	201
RAUANDINA G., BUTRIN A., TAZHIBEKOVA K., ZHUMANBAYEVA T. Improving Production Cost Management in Industry.....	207
КУЛЬЖАКАЕВ Н.Б., КУЛЬЖАКАЕВ Е.Н. Экономическое обоснование глубокой переработки углей месторождения Кайнама.....	214
РАЗДЕЛ 6. ЭНЕРГЕТИКА. АВТОМАТИКА. ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ...	221
ЕСМАГАМБЕТОВ Б.-Б.С. Оптимизация служебной информации и помехоустойчивость в информационно-измерительных системах со сжатием данных.....	221
МУНТАЕВ Н.А., ЖАРТЫБАЕВА М.Г., ОРАЛБЕКОВА Ж.О., ЛАМАШЕВА Ж.Б., СЫДЫБАЕВА М.А. Задачи создания робототехнического комплекса и базы данных для экологического мониторинга.....	227
УТЕРОВ Ye., ANISKIN A., TULEBEKOVA A., ZHARASSOV Sh., ALDUNGAROVA A. RSSI Performance of Maturity Sensor Based on LoRaWAN Network.....	232
МАШРАПОВ Б.Е., МУСАЕВ Ж.Б. Определение индукции магнитного поля снаружи оболочки трехфазного токопровода.....	241
САЙФУЛИН Р.Ф., КАЛИНИН А.А., <u>БРЕЙДО И.В.</u> , КОТОВ Е.С. Использование буферного источника электроэнергии на базе суперконденсатора для пуска асинхронного электропривода под нагрузкой.....	246
KOZHANOV M., LA L., AMIROV A., KALININ A., GERHARDT E. Application of Evolutionary-Oriented Methods for Designing Interdisciplinary Educational Programs.....	252
ӘДІЛХАН А.Б., СМАГУЛОВА А.С. Android қосымшаларын әзірлеуде Java мен Kotlin бағдарламалау.....	258
МЕХТИЕВ А.Д., БУЗЯКОВ Р.Р., КИМ П.М., АЛЬКИНА А.Д. Исследование параметров индукционного электровакуумного нагревателя парового электрообогревателя низкого давления.....	262
NOGAY A., USKENBAEV D., TATKEYEVA G., ALEKSANDROVSKY V., ZHETPISBAEV K., USKENBAEV A. Investigation of the Effect of Laser and Optical Radiation on the Formation and Properties of High-Temperature Superconducting Compounds.....	268
ШАХАТОВА А.Т., МИРФАЛИҚЫЗЫ Т. Анализ современных программных обеспечений для интерпретаций радарограмм.....	275
КАЙБАСОВА Д.Ж., ЕСЛЯМОВ А.М. Ұсыныс жүйе түрлеріне салыстырмалы талдау.....	280
БЕЙСЕНБИ М.А., ТЕМИРБЕК А. m-кірісі және n-шығысы бар адаптивті басқару жүйесінің негізгі контурларының реттелетін регуляторларының синтезі.....	286
ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ	291
4 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ	292

Проблемы высшей школы



DOI 10.52209/1609-1825_2021_3_5

УДК 347.1(065)

Социокультурный контекст понимания и реализации прав человека в условиях новых вызовов

¹*ИСКАКОВА Гульнар Кожазгуловна, д.полит.н., профессор, gulisk@iaar.kz,*

²*КЛЮЧКО Римма Николаевна, к.ю.н., доцент, зав. кафедрой, r.kliuchko@grsu.by,*

¹*Независимое агентство аккредитации и рейтинга, Казахстан, 020000, Нур-Султан, пр. Б. Момышулы 2, ВП 4Г,*

²*Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Республика Беларусь, 230023, Гродно, ул. Ожешко, 22,*

**автор-корреспондент.*

Аннотация. Цель статьи – представить анализ существующих подходов к пониманию и реализации прав человека в западном и восточных обществах, их различий. Методологической основой статьи является либеральная концепция прав человека, рассматривающая в качестве важнейшего фундаментального принципа прав человека принцип универсальности, предполагающий и различие. Данная концепция получила отражение в международных стандартах прав человека, признанных большинством государств-членов Организации Объединенных Наций. Особое внимание уделяется дискуссии о проблеме универсальности прав человека и влиянии культуры и традиций на их понимание. При этом автор обращается к особенностям ценностных основ восточных обществ, в которых значительно влияние таких традиционных ценностей, как община, семья, труд. Рассматривается влияние пандемии COVID – 2019 на реализацию основных прав человека в современных условиях. В фокусе внимания – роль государства, его политики в обеспечении таких социальных прав человека, как право на образование и медицинскую помощь в условиях пандемии.

Ключевые слова: права человека, государство, культура, традиция, образование, пандемия, социальная сфера, государство, политика.

Введение

При обсуждении актуальных проблемы реализации прав человека возникают вопросы, над которыми размышляют политики, общественность и, конечно, исследователи: «Как могут обеспечиваться права человека в мире и обществе, характеризующемся многообразием культур? Как получить признание и равное уважение культурного многообразия и целостности в условиях глобализации и интегрирующегося мира? Как обеспечить основные права и свободы человека в условиях пандемии COVID – 2019?». При поиске ответов на эти вопросы авторами учитываются известные процессы глобальных изменений (в форме международно-правовых стандартов, цифровизации и др.) и регионализации (в форме признания и уважения интересов и особенностей региона и образующих его государств).

Теория вопроса

Проявлением определенного противоречия между универсальным характером глобальной цивилизации и ее культурной ориентацией стала достаточно напряженная ситуация между универсализмом прав человека и культурными особенностями различных обществ. Несмотря на влияние западных ценностей, остаются достаточно существенными различия между Западом и Востоком в понимании прав человека. Либеральная концепция прав человека, рассматривая определенные универсальные принципы и нормы, относит к важнейшим фундаментальным принципам прав человека принцип универсальности, предполагающий и различие. Известно, что нормы, заложенные в Международном Пакте об экономических, социальных и культурных правах, участниками которого стали около 140 государств, являются в определенной степени универсальными, поскольку отражены в международных стандартах и признаны большинством государств мира. В свою очередь, в каждом государстве провозглашенные в международно-правовых актах права человека реализуются в конкретно-исторической форме. Последняя в значительной степени определяется такими факторами, как традиция, культура, сформированными политической системой и политическим режимом и др.

Обсуждение вопроса

Политики и ученые ряда восточных стран определяют категорию «права человека» как явление, характерное лишь для западных обществ и не соответствующее национальной культуре и традициям восточных обществ, а значит, права человека относительны, а не всеобщие. В итоговой Декларации Региональной конференции стран Африки (1993 г.) универсальность любой модели прав человека отвергается вообще [1]. Страны Афро-Азиатского региона, критикуя принцип универсальности прав человека, считали, что он отражает лишь европейские ценности и не учиты-

вает национальные, религиозные, исторические особенности каждого государства или группы государств, а Всеобщая Декларация прав человека, представляющая иудейско-христианские традиционные взгляды, не может применяться мусульманами и не соответствует системе ценностей незападных обществ. По их мнению, нельзя считать, что стандарты и модели прав человека, принятые международным сообществом, являются единственными и нельзя требовать, чтобы все страны руководствовались этими моделями. Особо критически к концепции универсальности прав человека отнеслись представители Китая, Кубы, Индонезии, Сирии, Пакистана [2].

Как следствие, различия в правовом статусе личности, выраженные в разных ценностях, декларируемых в странах рыночного Запада и традиционного Востока, лежат в основе противостояния народов Центральной и Восточной Азии внедрению в их жизнь западных ценностей. Если западная культура культивирует стремление человека быть субъектом-организатором деятельности, то в восточных культурах субъектом деятельности чаще всего оказывается целостная группа, которая и является носителем реальных прав, а индивид имеет определенные права, являясь частью этой группы. Активность человека воспринимается только в ее негативном смысле, как нарушение равновесия и гармонии мира, поэтому не деятельность, а недеяние считалось единственно истинным способом взаимодействия человека и мира [3, с. 109]. Зависимость человека от своей социальной группы особенно прослеживается в исламском обществе, где в случае социального напряжения возрастает роль кланового сплочения. При снижении уровня жизни и росте социального напряжения в исламских странах «жесткие» системы усиливают свою сплоченность, что в свою очередь, питает авторитаризм.

Со статусом личности связано и основное отличие конфуцианской культуры, распространенной в странах Юго-Восточной Азии, от христианской и демократической культуры Запада. Человек, например, в Китае не имеет статуса, дающего ему право выступать против семьи и социальных групп, с которыми он связан с рождения. В христианстве понятие трансцендентного Бога позволяет личности пренебрегать разными формами социального долга. По мнению Ф. Фукуямы, в современном либерализме христианское понятие универсального Бога заменено понятием основополагающей человеческой природы, которая служит универсальным основанием справедливости, и либеральные права распространяются на всех людей. Именно это различие является важной причиной современных расхождений между Западом и Востоком по вопросу политики в области прав человека [4]. Обращение к опыту государств Юго-Восточной Азии показывает, что обеспечение прав человека осуществляется в каждой стране или регионе путем поиска кон-

кредно и успешно действующих форм, методов сценарного прогноза и менеджмента социальных трансформаций, поддерживающих устойчивое развитие [5]. В реальности, укрепляя свои социокультурные структуры, обладающие самоорганизующей и самоподдерживающей способностями к саморазвитию, эти государства добились весьма значительных результатов в модернизации общества.

Ряд исследователей конфуцианства рассматривают его либо недемократичным, либо антидемократичным и в значительной степени преувеличивает характерные признаки, препятствующие распространению демократической политической системы в западном понимании. Анализируя роль конфуцианства в китайском и японском обществах, Ф. Фукуяма обращает внимание на реальную способность конфуцианского общества создать жизнеспособные демократические институты. Он выделяет области, в которых конфуцианство не противоречит демократии. Это, прежде всего, система образования и традиционная конфуцианская система государственных экзаменов для отбора претендентов на должность в государственном аппарате. Фактически общий уровень образования общества является, по мнению Фукуямы, важной опорой для демократических институтов. Он подчеркивает, что конфуцианство не санкционирует авторитарную политическую систему. К примеру, Япония и Южная Корея как конфуцианские социумы сумели обеспечить большую степень политического участия и индивидуальной свободы своих граждан, не снижая роль основополагающих культурных ценностей. И опыт Сингапура свидетельствует, что конфуцианские ценности способны сочетаться и дополняться западными ценностями. И современные конфуцианские социумы по мере роста их благосостояния будут двигаться в направлении большей политической либерализации. Конфуцианские ценности могут служить и в либеральном обществе (как это и происходит в среде иммигрантов из Азии в Соединенных Штатах), где они играют роль противовеса атомизации общества в целом.

Наиболее эффективно процесс модернизации может происходить в восточных цивилизациях, в которых в качестве важного приоритета выступают такие общечеловеческие ценности, как дисциплина, уважение старших, коллективизм. Например, Япония успешно провела социальную модернизацию через эффективное применение таких традиционных ценностей, как труд, община, семья. Главным препятствием для реформ в Японии считалась община. Японцы показали, что современные демократические цели государства можно провести через общину, обладавшую высокой солидарностью и способной решить такую задачу лучше, чем еще не сформировавшийся индивид и еще не сложившееся гражданское общество [6]. Осуществляя развитие на собственной

основе, т.е. без требования предварительной смены идентичности, они создали условия, которые через образование, технологии, новые социальные структуры постепенно меняли людей. Таким образом, опыт государств Юго-Восточной Азии показал, что обеспечение прав человека осуществляется путем поиска успешных форм и методов менеджмента социальных трансформаций, направленных на устойчивое развитие. Основанная на принципах конфуцианства и характеризующаяся меньшей степенью индивидуальной свободы и большей степенью социальной дисциплины, «мягкая» авторитарная система привела к повышению темпов экономического роста и уровня благосостояния людей. При этом, в большинстве восточно-азиатских государств так называемое право на развитие рассматривается в качестве приоритета над гражданскими и политическими правами.

Таким образом, различие в подходах к статусу человека выступает важным фактором существования заметных расхождений между Западом и Востоком по вопросу политики в области прав человека. Если на Западе права человека выступают в роли политической доминанты, то на Востоке – социальной доминанты. Опыт стран Юго-Восточной Азии, осуществлявших поиск разных форм социальных трансформаций, показал, что их национальные ценности могут сочетаться и дополняться западными ценностями, и по мере роста благосостояния эти общества способны при определенных условиях обеспечить большую степень индивидуальной свободы и политической либерализации.

Глобальные изменения, цифровизация, политические и социально-экономические процессы, миграция, периодические финансовые кризисы в мире диктуют необходимость при реализации прав человека учитывать опыт полиэтничных государств. Например, в странах Запада в результате набирающих темпы процессов миграции существенно возрастает количество мусульманского и другого (неевропейского) населения, которое, с одной стороны, все громче требует развития собственной культуры, а с другой стороны, стремится познавать и рефлексивно оценивать иной образ жизни, иные подходы к организации политической и экономической жизни общества. Встречная направленность Запада от индивидуализма в сторону коллективизма и незападных обществ от коллективизма к индивидуализму создает возможности для осмысления и формулирования оптимального баланса интересов индивида и общества.

Актуальное состояние. В 2019 году человечество столкнулось с новым вызовом, в том числе в области реализации прав человека, – коронавирусной инфекцией COVID – 2019. Объявленная ВОЗ пандемия оказала негативное влияние на развитие всего человечества и разрушительное влияние на жизни миллионов людей. При этом

пандемия вскрыла и обнажила, где-то углубила, существующие системные нарушения и неравенство в области прав человека. В частности, во многих государствах нарушения прав человека проявились в форме дискриминации по расовому, гендерному и иным признакам. По данным ООН, это наглядно проявилось особенно в таких областях, как нарушения права на жизнь, здоровье и социальную защиту; гендерно обусловленное насилие и угрозы сексуальным и репродуктивным правам. Во многих странах чаще заболевали и умирали представители этнических меньшинств и коренных народов, в том числе из-за существовавшего ранее неравенства и невозможности обратиться за медицинской помощью [7].

Важнейший документ – Международный пакт об экономических, социальных и культурных правах, участниками которого является большинство государств, признает за каждым человеком право на «наивысший достижимый уровень физического и психического здоровья» и обязывает правительства принимать эффективные меры для «предупреждения и лечения эпидемических, эндемических, профессиональных и иных болезней и борьбы с ними». Однако мировая практика показывает, что многие государства не смогли обеспечить своим гражданам необходимую медицинскую помощь и социальную поддержку. Даже в таком развитом государстве, как США, 28 млн человек не имели медицинской страховки и около трети населения не в состоянии были в 2020 году оплачивать стоимость лечения даже при наличии страхового полиса [8]. По мнению К. Шваба и Т. Маллере, сильно индивидуалистические общества, такие как США, могут подвергаться большему риску, чем европейские или азиатские страны, которые либо имеют большее чувство солидарности, либо лучшую социальную систему для помощи обездоленным. В том же духе конфуцианство, распространенное во многих странах Азии, ставит чувство долга и солидарность поколений выше прав личности; оно также придает большое значение мерам и правилам, которые приносят пользу сообществу в целом [9, с. 67].

Принятые Экономическим и социальным советом ООН по правам человека еще в 1984 г. Сиракузские принципы и принятые Комитетом ООН по правам человека замечания общего порядка о свободе передвижения и о чрезвычайном положении содержат авторитетные рекомендации относительно принимаемых государством мер, которые сопровождаются ограничением прав и свобод в интересах охраны здоровья населения или в условиях чрезвычайного положения [10].

Известно, что население мира на протяжении длительного времени, еще до пандемии, сталкивалось со значительными трудностями в реализации права на образование как одного из основных прав человека. Несмотря на почти всеобщий охват начальным образованием в большинстве государств, огромное число детей – более 250 миллио-

нов – не посещали школу и почти 800 миллионов взрослых были неграмотными [11]. Исторический опыт показывает, что многие страны в период различных эпидемий при разработке и принятии ответных мер такие проблемы, как неравенство в сфере образования и гендерное неравенство, как правило, оставляли без внимания [12]. Пандемия COVID-19 привела к крупнейшему за всю историю человечества стрессу в функционировании социальных систем, в том числе системы образования. 94 процента обучающихся, то есть 1,58 миллиарда детей и молодых людей (от дошкольников до студентов высших учебных заведений) в 200 странах мира ощутили на себе влияние пандемии при реализации права на образование. Как показала мировая практика, в большей мере пострадали страны с низким доходом и доходом ниже среднего. В странах с низким индексом развития человеческого потенциала 86 процентов детей начальных классов фактически прекратили обучение, в то время как в странах с очень высоким индексом развития человеческого потенциала этот показатель составлял всего 20 процентов [13]. Ограниченный доступ к дистанционному обучению, сокращение финансирования и введение карантина в этих странах не позволили большинству организаций образования работать в полноценном режиме и лишило обучающихся возможности получить адекватное образование. Во время обусловленного COVID-19 кризиса примерно 40 процентов беднейших стран не смогли оказать поддержку учащимся, находящимся в группе риска. По прогнозам Всемирного банка, система образования большинства стран последствия пандемии будет ощущать еще несколько десятилетий. В Центральной Азии, например, экономические потери от пандемии составят как минимум \$44 млрд. Согласно мнению экспертов, это приведет к росту выпускников школ, которые не смогут использовать навыки чтения, письма и математики для полноценного участия в жизни общества [11]. Сегодня государствам необходимо обратить внимание на повышение устойчивости систем образования, что позволит им в ковидный и постковидный период подготовиться к эффективному управлению образованием в условиях предстоящих вызовов.

Как справедливо отмечают Шваб Клаус и Маллере Тьерри, «сегодня ситуация принципиально иная: за прошедшие десятилетия (в западном мире) роль государства значительно сократилась. Это ситуация, которая должна измениться, потому что трудно представить, как можно справиться с экзогенным шоком такой силы, как тот, который вызван COVID-19, с помощью чисто рыночных решений. Уже и почти в мгновение ока коронавирусу удалось изменить представления о сложном и хрупком балансе между частной и общественной сферами в пользу последнего» [9, с. 69]. В целом, пандемия COVID-19 вызвала необходимость и предоставила возможность странам

обеспечить восстановление по принципу «лучше, чем было» на основе нового общественного договора между правительствами, народом, гражданским обществом, деловыми кругами и др. Этот процесс должен быть подкреплён новым глобальным соглашением, которое будет измерять успех не столько в экономических категориях, сколько в человеческих, и позволит мировому сообществу встать на путь достижения целей, поставленных в Повестке дня на период до 2030 года [14, с. 22].

Заключение

События последних пяти лет наглядно показали, что проблемы прав человека и равенства, их понимания и реализации по-прежнему занимают центральное место в глобальной повестке дня. Пандемия COVID-2019 обнажила ситуацию, которая наблюдалась в течение ряда десятилетий, – недостаточное финансирование и управление социальной сферой, в том числе здравоохране-

нием и образованием, распространение коррупции, несоблюдение принципа верховенства права, продолжающаяся дискриминация и др. Права человека имеют ключевое значение в определении мер реагирования на пандемию и ее последствия. Главной задачей мирового сообщества, лидеров государств – повысить жизнеспособность социальной сферы, систем образования и здравоохранения в первую очередь, переосмыслить развитие этих сфер и ускорить позитивные преобразования. Принятие комплексных мер социальной защиты, основанных на правах человека, а также обеспечение всеобщего доступа к медицинским услугам, образованию и всеобщей социальной защите в условиях вызовов мировому сообществу выступает в качестве важнейших элементов нового общественного договора, направленного на экономический прогресс, устойчивое развитие и прочный мир.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Право быть человеком: Всемирная конференция по правам человека (Вена, 1993 г.). – Минск, 1996. – 244 с.
2. Бахмин В.И. Вторая Всемирная конференция по правам человека // Московский журнал международного права. – 1994. – № 1. – С. 17-21.
3. Гусева И.И. Философия «ухода»: уроки культуры и современность // Диалектика. Перестройка. Человек. – Минск, 1989. – С. 56-62.
4. Фукуяма Ф. Просмотры // Русский журнал. – 1997. – 25.12.
5. Федотова В.Г. Типология модернизаций и способов их изучения // Вопросы философии. – 2000. – №4. – С. 31-37.
6. Китахара А. Реальность и идеальный образ общины (Япония и Таиланд) // Философские науки. – 1996. – № 1. – С. 16-22.
7. Годовой доклад 2020/21. Глобальный анализ ситуации с правами человека <https://eurasia.amnesty.org/2021/04/07/godovoj-doklad-2020-21-globalnyj-analiz-situaczii-s-pravami-cheloveka/>
8. Underinsured Rate Rose From 2014-2018, With Greatest Growth Among People in Employer Health Plans <https://www.commonwealthfund.org/press-release/2019/underinsured-rate-rose-2014-2018-greatest-growth-among-people-employer-health>
9. Шваб Клаус, Маллере Тьерри. COVID-19: великая перезагрузка. Всемирный экономический форум, 2020. – 289 с.
10. Сиракузские принципы толкования ограничений и отступлений от положений Международного Пакта о гражданских и политических правах // <http://health-rights.org/index.php/cor/item/сиракузские-принципы-толкования-ограничений-и-отступлений-от-положений-международного-пакта-о-гражданских-и-политических-правах-1985>.
11. COVID и права человека//<https://www.hrw.org/ru/news/2020/04/01/339654>
12. ИЕР-UNESCO, «COVID-19 school closures: Why girls are more at risk», available at <http://www.iiep.unesco.org/en/covid-19-school-closures-why-girls-are-more-risk-13406>.
13. United Nations Development Programme (UNDP). COVID-19 and human development: Assessing the crisis, envisioning the recovery. 2020 Human Development Perspectives, 2020, New York: UNDP, available at <http://hdr.undp.org/en/hdp-covid>; UNESCO, Global Education Monitoring (GEM) Report, 2020: Inclusion and education: all means all, 2020, available at <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373718>.
14. Ежегодный доклад Верховного комиссара Организации Объединенных Наций по правам человека// https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/A_HRC_47_54_R.pdf; Концептуальная записка: образование в эпоху COVID-19 и в последующий период. ООН, август 2020. 32 с. // https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/policy_brief_-_education_during_covid-19_and_beyond_russian.pdf

Түсіну және орындалудың әлеуметтік контексті жаңа қиындықтағы адам құқықтары

¹*ИСКАКОВА Гульнар Кожажуловна, полит.ф.д., профессор, gulisk@iaar.kz,

²КЛЮЧКО Римма Николаевна, з.ф.к., доцент, кафедра меңгерушісі, r.kliuchko@grsu.by,

¹Аккредиттеу және рейтинг тәуелсіз агенттігі, Қазақстан, 020000, Нұр-Сұлтан, Б. Момышұлы даңғылы 2, ВП 4Г,

²Янка Купала атындағы Гродно мемлекеттік университеті, Беларусь Республикасы, 230023, Гродно, Ожешко көшесі, 22,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақаланың мақсаты – батыс және шығыс қоғамдарындағы адам құқықтарын түсіну мен іске асырудың қолданыстағы тәсілдерінің талдауы, олардың айырмашылығы. Мақаланың әдіснамалық негізі – адам құқықтарының либералды концепциясы, ол әмбебаптық принципін қарастырады, ол сонымен қатар айырмашылықты болжайды, адам құқықтарының ең маңызды іргелі принципі. Бұл тұжырымдама Біріккен Ұлттар Ұйымына мүше мемлекеттердің көпшілігі мойындаған адам құқықтары жөніндегі халықаралық стандарттарда көрсетілген. Адам құқықтарының әмбебаптығы және оларды түсінуге мәдениет пен дәстүрдің әсері мәселесін талқылауға ерекше назар аударылады. Бұл ретте автор шығыс қоғамдарының құндылық негіздерінің ерекшеліктеріне жүгінеді, оларда дәстүрлі құндылықтардың қоғамдастық, отбасы, жұмыс сияқты әсері зор. COVID-2019 пандемиясының қазіргі жағдайда адамның негізгі құқықтарын іске асыруға әсері қарастырылады. Пандемия жағдайында білім алу мен медициналық көмек алу құқығы сияқты әлеуметтік әлеуметтік құқықтарды қамтамасыз етуде мемлекеттің рөлі мен оның саясатына назар аударылады.

Кілт сөздер: адам құқықтары, мемлекет, мәдениет, дәстүр, білім, пандемия, әлеуметтік сала, мемлекет, саясат.

Social Context of Understanding and Implementation Human Rights in New Challenges

¹*ISKAKOVA Gulnar, Dr. Polit. Sci., Professor, gulisk@iaar.kz,

²KLYUCHKO Rimma, Cand. Juris. Sci., Associate Professor, Head of Department, r.kliuchko@grsu.by,

¹Independent Agency for Accreditation and Rating, Kazakhstan, 020000, Nur-Sultan, B. Momyshuly Avenue 2, EP-4G,

²Yanka Kupala State University of Grodno, Republic of Belarus, 230023, Grodno, Ozheshko Street, 22,

*corresponding author.

Abstract. The purpose of the article is to present an analysis of existing approaches to understanding and realizing human rights in Western and Eastern societies, their differences. The methodological basis of the article is the liberal concept of human rights, which considers the principle of universality, which also presupposes difference, as the most important fundamental principle of human rights. This concept is reflected in international human rights standards recognized by most of the United Nations Member States. Particular attention is paid to discussions on the problem of the universality of human rights and the influence of culture and traditions on their understanding. At the same time, the author turns to the peculiarities of the value foundations of Eastern societies, in which the influence of such traditional values as community, family, work is significant. The impact of the COVID-2019 pandemic on the realization of basic human rights in modern conditions is considered. The focus is on the role of the state and its policies in ensuring such social human rights as the right to education and medical care in a pandemic.

Keywords: human rights, state, culture, tradition, education, pandemic, social sphere, state, politics.

REFERENCES

1. Pravo byt' chelovekom: Vsemirnaya konferenciya po pravam cheloveka (Vena, 1993 g.). – Minsk, 1996. – 244 p.
2. Bahmin V.I. Vtoraya Vsemirnaya konferenciya po pravam cheloveka // Moskovskij zhurnal mezhdunarodnogo prava. – 1994. – No. 1. – pp. 17-21.
3. Guseva I.I. Filosofiya «uhoda»: uroki kul'tury i sovremennost' // Dialektika. Perestrojka. Chelovek. – Minsk, 1989. – pp. 56-62.
4. Fukuyama F. Prosmotry // Russkij zhurnal. – 1997. – 25.12.
5. Fedotova V.G. Tipologiya modernizacij i sposobov ih izucheniya // Voprosy filosofii. – 2000. – No. 4. – pp. 31-37.
6. Kitahara A. Real'nost' i ideal'nyj obraz obshchiny (Yaponiya i Tailand) // Filosofskie nauki. – 1996. – No. 1. – pp. 16-22.
7. Godovoj doklad 2020/21. Global'nyj analiz situacii s pravami cheloveka <https://eurasia.amnesty.org/2021/04/07/godovoj-doklad-2020-21-globalnyj-analiz-situacii-s-pravami-cheloveka/>
8. Underinsured Rate Rose From 2014-2018, With Greatest Growth Among People in Employer Health Plans <https://www.commonwealthfund.org/press-release/2019/underinsured-rate-rose-2014-2018-greatest-growth-among-people-employer-health>
9. Shvab Klaus, Mallere T'erri. COVID-19: velikaya perezagruzka. Vsemirnyj ekonomicheskij forum, 2020. – 289 p.
10. Sirakuzskie principy tolkovaniya ogranichenij i otstupenij ot polozhenij Mezhdunarodnogo Pakta o grazhdanskih i politicheskikh pravah // <http://health-rights.org/index.php/cop/item/sirakuzskie-principy-tolkovaniya-ogranichenij-i-otstupenij-ot-polozhenij-mezhdunarodnogo-pakta-o-grazhdanskih-i-politicheskikh-pravah-1985>.
11. COVID i prava cheloveka//<https://www.hrw.org/ru/news/2020/04/01/339654>
12. IIEP-UNESCO, «COVID-19 school closures: Why girls are more at risk», available at <http://www.iiep.unesco.org/en/covid-19-school-closures-why-girls-are-more-risk-13406>.
13. United Nations Development Programme (UNDP). COVID-19 and human development: Assessing the crisis, envisioning the recovery. 2020 Human Development Perspectives, 2020, New York: UNDP, available at <http://hdr.undp.org/en/hdp-covid>; UNESCO, Global Education Monitoring (GEM) Report, 2020: Inclusion and education: all means all, 2020, available at <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373718>.
14. Ezhegodnyj doklad Verhovnogo komissara Organizacii Ob'edinennyh Nacii po pravam cheloveka// https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/A_HRC_47_54_R.pdf; Konceptual'naya zapiska: obrazovanie v epohu COVID-19 i v posleduyushchij period. OON, avgust 2020. 32 s. // https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/policy_brief_-_education_during_covid-19_and_beyond_russian.pdf

Training of Future Teachers of Vocational Education in the Implementation of Dual Training

¹***ALSHYNBAEVA Zhuldyz**, PhD, Associate Professor, zhuldyz_eldosovna@mail.ru,

²**GANIEVA Fariza**, master student, muratovna.f@mail.ru,

¹E.A. Buketov Karaganda University, Kazakhstan, 100028, Karaganda, University Street, 28,

²Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

*corresponding author.

Abstract. The effectiveness of the educational process of higher educational institutions during the period of intensive development of modern technologies directly depends on the professional training of future vocational education teachers. Therefore, the urgent problem is the formation of professional competence and professional training of future specialists. In the state compulsory education standard of the Republic of Kazakhstan, the main goal of secondary general education at the national level is to promote the formation of a competent person who is ready to actively participate in the social, economic and political life of the country. The technology of dual learning involves the comprehensive development of students in the educational, educational process as the main goal of training, the development of the student's thinking skills, perseverance, attention, skills and abilities. The basis for the implementation of dual training at the training base of the Karaganda Technical University is the innovative educational consortium Corporate University, which occupies the position of the most deeply integrated university in industrial production in the socio-economic space of the region. Online educational portal «Tanym» is an online platform that allows you to study for free on the course «Theory and Practice of Dual Learning» and make it accessible via the Internet. All this contributed to the development of the motivational component of students.

Keywords: dual education technology, professionalism, vocational training, vocational education, information technology.

Introduction

The professional training of future vocational education teachers affects directly the effectiveness of the educational process of higher educational institutions during the period of intensive development of modern technologies. Therefore, the formation of professional competence and professional training of future specialists may be seen as the urgent problem. The main goal of secondary general education at the national level is to promote the formation of a competent person who is competent to participate in the social, economic and political life of the country actively according to the state compulsory education standard of the Republic of Kazakhstan [1].

When studying the sources of scientific literature Z.I. Ravkin defines the teacher's professionalism: «Teacher's professionalism is a high level of special and general cultural training, professional and general erudition, a property that ensures competition in the labor market and focus on strengthening and developing social, intellectual, moral values education in a single pedagogical process». V.Ya. Sinenko «a teacher professionalism means a concept which unites the level of his abilities, personal qualities and knowledge that manifest as a result of

the teacher's activity» [2].

The purpose of training is to master scientific knowledge, skills, acquisition of the necessary personal and professional abilities and skills [3].

In research work, training manuals, training programs, electronic textbooks have been implemented and developed in the educational process as practical assistance in the training of vocational education specialists at a university.

The manual «Vocational Training Methodology» has been prepared. This manual discusses the objectives and content of training in general technical and special disciplines, forms of organization of academic disciplines, teaching methods and techniques, teaching principles and tools, issues of industrial training. Specialty 5B012000 «Vocational training» in accordance with the state-wide compulsory standard of higher professional education, the future specialist has the following knowledge, skills:

- pedagogical processes in secondary and vocational schools: significance, composition, structure, driving forces, main directions of development;

- goals, content, methods, principles, means and forms of organization and implementation of the pe-

pedagogical process;

- modern pedagogical technologies of vocational training and labor technology;

- the basics of design in the learning process;

- actual problems of upbringing and education in the conditions of a comprehensive and vocational school;

- individual style of pedagogical activity;

- own the pedagogical foundations of the professional development of a teacher of vocational education.

The purpose of the discipline is the creation of a methodological basis for preparing students for future pedagogical activity, the formation of knowledge, skills necessary for conducting fruitful work in secondary schools with students in accordance with the sections of the standard curricula of primary, vocational education and labor technology, and preparing students for vocational schools to work in the current economic and social conditions of the country.

A textbook «Theory and Practice of Dual Learning» was also developed for the specialty 5B012000 «Vocational Training». The manual presents such topics as the theoretical foundations and experience of dual training, the practice of dual training and vocational education abroad, types of industrial training at the enterprise and its implementation, modern technologies in the vocational education system, dual industrial training. The domestic system of vocational education is represented by the experience of targeted intensive training of specialists commissioned by the enterprise. The training is carried out in a vocational school for a full academic week, and then will continue on the site of the enterprise. Since training is carried out through a close relationship with the company. This is due to production practice, the targeted implementation of coursework and diploma projects, the passage of undergraduate practice at the workplace.

The comprehensive development of students in the educational process as the main goal of the development of the student's thinking skills, perseverance training, attention, skills and abilities are involved in the technology of dual learning [4].

For students of the specialty «Vocational training» practical programs have been developed. Let us consider them below:

Production (pedagogical) practice work program. Vocational colleges and lyceums activities, the educational process features in educational institutions.

5B012000 – «Vocational training» (undergraduate) specialty students conduct undergraduate practice due to «Work program of undergraduate practice» the state compulsory standard and the curriculum. After students have mastered theoretical and practical knowledge at the university, completed all exams and tests, coursework in accordance with state mandatory requirements for training graduates, undergraduate practice is the final stage of training. This experience

is the last important element of the learning process at the university. This ensures the expansion and refinement of the theoretical knowledge obtained in the development of theoretical knowledge, mastery of practical work skills, mastery of skills in the work collective.

In particular, the electronic textbooks Professional Psychology (certificate No. 0213, 02/01/2016), Theory of Continuing Professional Education (certificate No. 0214, 02/01/2016), and Distance Learning Technologies (certificate No. 0236, 03.02. 2016), «Vocational education: the dual system of training» (certificate No. 1791, 07/21/2017), The Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan issued certificate of an intellectual property registration. The electronic textbooks structure consists of such sections as textbook information, authors, introduction, contents, theoretical data (lecture), practical, independent work tasks, test tasks, glossaries, references, such frames as transition to other systems.

Electronic textbooks developed by our students provide independent training, improving the knowledge base, mastering theoretical materials and practical implementation.

The purpose of the course: to study the basic characteristics, subject, content, principles of monitoring continuing education [4].

Main results

Course content: subject, main content of continuing education monitoring. Purpose, tasks, mechanisms for monitoring continuing education. Effective methods for monitoring continuing education. Basic principles for monitoring continuing education. Program, structure, monitoring tools for continuing education of the Kazakhstan Republic. The use of information technology and communications in vocational education institutions are monitored. The international experience in the quality management of professional education is presented. The use of electronic teaching aids in the educational process creates favorable conditions for a successful educational process for both the student and the teacher. In addition, test questions will be given in several ways and get the opportunity to immediately see the results. After each topic, a task was given and aimed at summarizing the topic (Figure 1).

The content of the electronic training manual «Vocational education: the dual system of training» includes the following topics: essence, capabilities of the dual education system, stages of regional development, development trends in the world, the formulation of regulatory documents. There are video lectures on additional materials. In the educational process in the specialties 5B012000 – Professional training of the Karaganda State Technical University is integrated the dual training system, a training seminar for students and teachers, a video lecture of the round table are presented (Figure 2). In conclusion, the proposed electronic textbook is aimed at improving the professional knowledge and

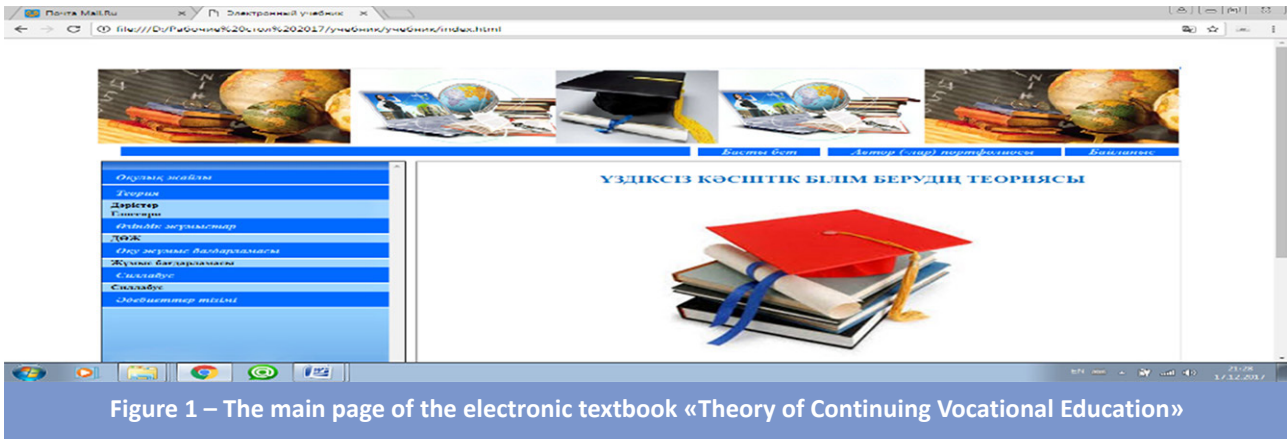


Figure 1 – The main page of the electronic textbook «Theory of Continuing Vocational Education»

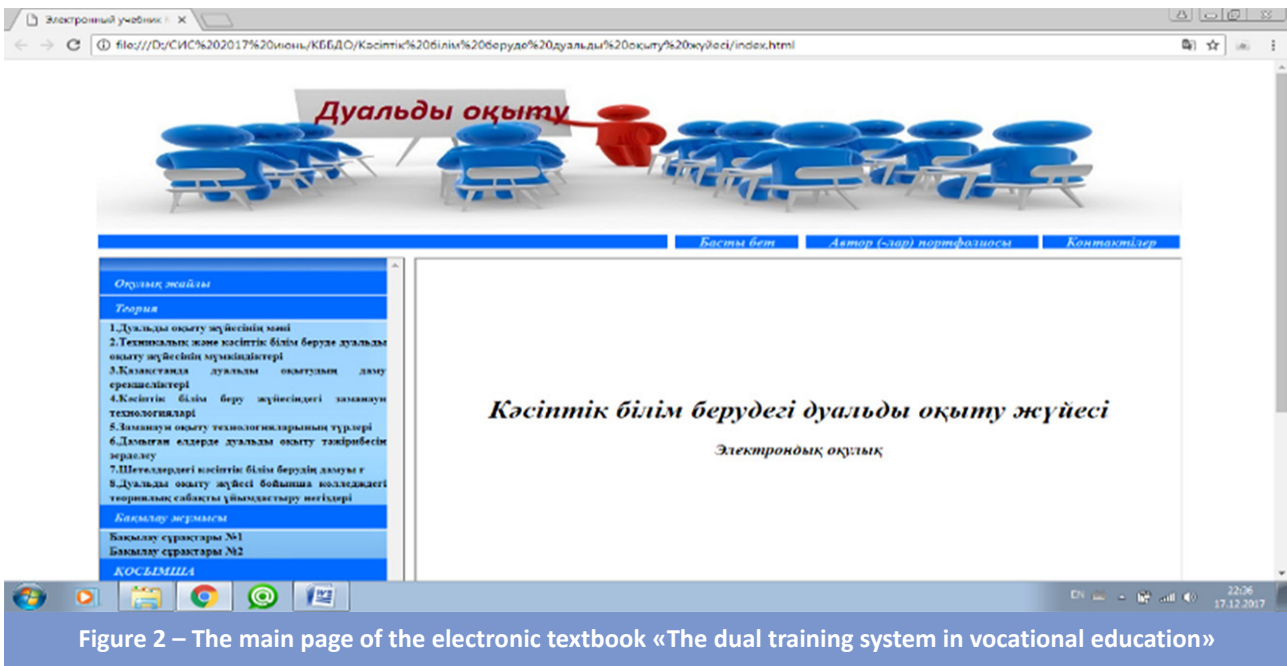


Figure 2 – The main page of the electronic textbook «The dual training system in vocational education»

skills of students.

Methodological guidelines for practical exercises on the subject «Professional Psychology» have been developed. Let us dwell on goals, objectives, and one practical work.

As a result of studying the course «Professional Psychology», the future teacher learns to activate creative – cognitive abilities and to widely use them in practice.

The Karaganda State Technical University as the basis for the implementation of dual training is the innovative educational consortium of Corporate University, which has the position in the socio-economic space of the region as the most deeply integrated university in industrial production [4].

KSTU includes educational research centers and 70 leading industrial enterprises of Kazakhstan, as Arcelor Mittal Temirtau JSC, Kazakhmys Corporation LLP, Kazakhtelecom JSC, Karaganda Electrical Equipment Plant JSC, Scientific and Research LLP GeoMark Engineering Center, Resource Center of

Secondary School No. 5, Professional Lyceum No. 15, Karaganda Polytechnic College, and etc. The quality of the training will be carried out through a vertical system of alternative education: within the framework of the State Educational Standard on the basis of centers of applied education. The design of engineering production, construction, operation and repair of vehicles, information technology, communications and telecommunications are the chosen trajectories and students have an opportunity to get qualifications for these trajectories.

In the course of the study, the «Tanym» online educational portal was launched to ensure the accessibility and effectiveness of the organization of work on introducing the subject of Kazakh pedagogy into the pedagogical process of the university. Currently, at <http://tanym.com>, a separate mass open online course platform is running on the basis of the open edX system (Figure 3). Its goal is to ensure the harmonious development of an educated, qualified, advanced thinking personality through the



Figure 3 – «Tanym» Online Education Portal

dissemination of innovative ideas. The target audience is students, undergraduates, doctoral students of universities, educators, students of the continuing education system for teachers. In addition, citizens who are not able to study in for various reasons, as well as anyone who wants to receive online courses.

Online educational portal «Tanym» is an online platform that allows you to study for free on the course «Theory and Practice of Dual Learning» and make it accessible via the Internet. Any citizen can enroll in the online courses offered on the platform at any time and master them. Also, the portal library has access to all educational materials used in the preparation of this course, and users are provided with a set of the best services for such sites. This is an intuitive interface, a convenient video player, forums, lecturer profile, video lectures, test assignments and notes, etc [4].

The development of the students' motivational component is contributed to all this. In the framework of each course, we mentioned that the results of the slices obtained at the end of a course increase the motivation of students from year to year to implement dual training, knowledge develops and expands, but, nevertheless, it is necessary to improve your skills. Thus, as a result of an experiment in the formation of practical work, we formulated the effectiveness of the dual learning system.

In our study, we used the methodology «Assessing the level of competitiveness of an individual», the purpose of which is to comprehensively identify the competitiveness of students.

According to the assessment of the level of the

individual competitiveness of the control group, 16.9% showed a very low level, in the experimental group this level showed 20%. In the control group, the average level was above 42.4%, experimental group – 37.2%. A very high level of competitiveness of the individual 40.7% – the control group, the experiment – in the group 42.8%.

In order to comparatively improve the self-education ability of students in vocational training, the methodology «Self-development, assessment of the ability to improve their knowledge» was carried out. The introduction of the dual education system in the training of vocational education teachers is important when doing independent work in the educational process. We summarized the results of the methodology, citing the indicators below.

Conclusions

As you know, labor plays a decisive role in shaping a person's personality. The purpose of this labor education is to teach youth diligence, respect for work, work skills and the formation of their labor skills. There are many types of labor, one of which is academic labor and practical labor. Practical work includes types of self-service, socially useful labor, agricultural, technical, design, and art work. In their work, students contribute to increasing their cognitive interest, creating their own characteristics of artistic and labor activity, creating students' imagination. Modern technologies in the context of cognitive interest in modern education are aimed at the formation of the individual through adaptation to the knowledge of new knowledge and actions

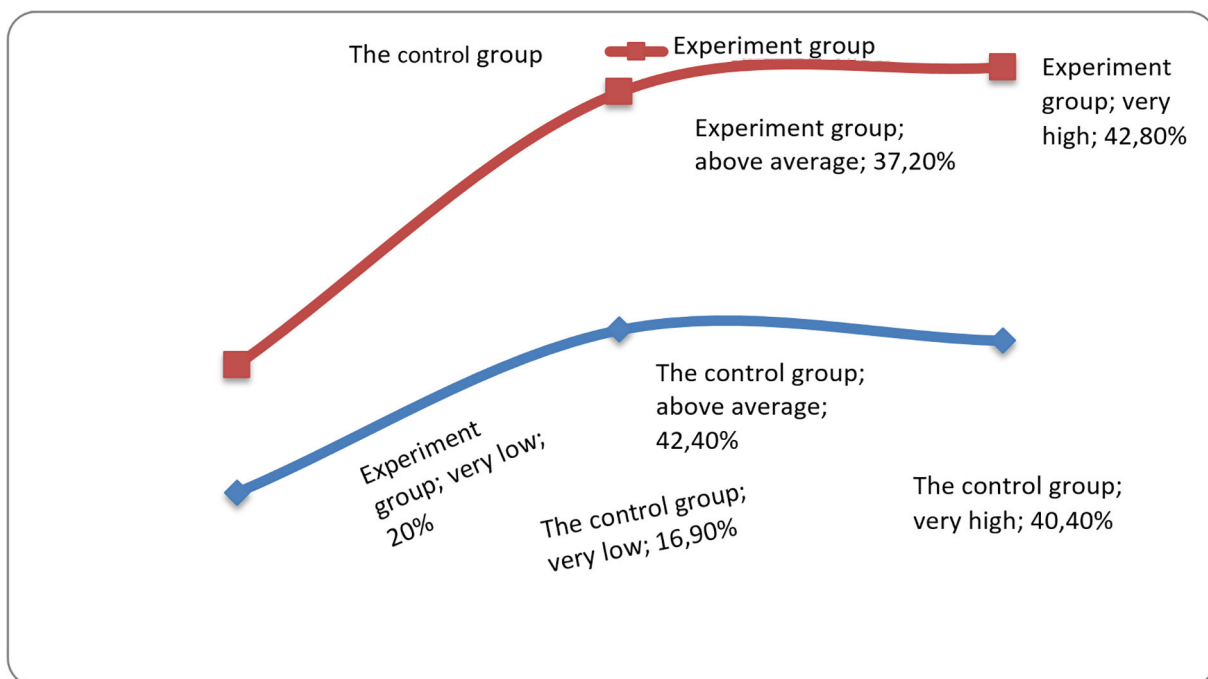


Figure 4 – The result of determining the assessment of the level of competitiveness of the individual

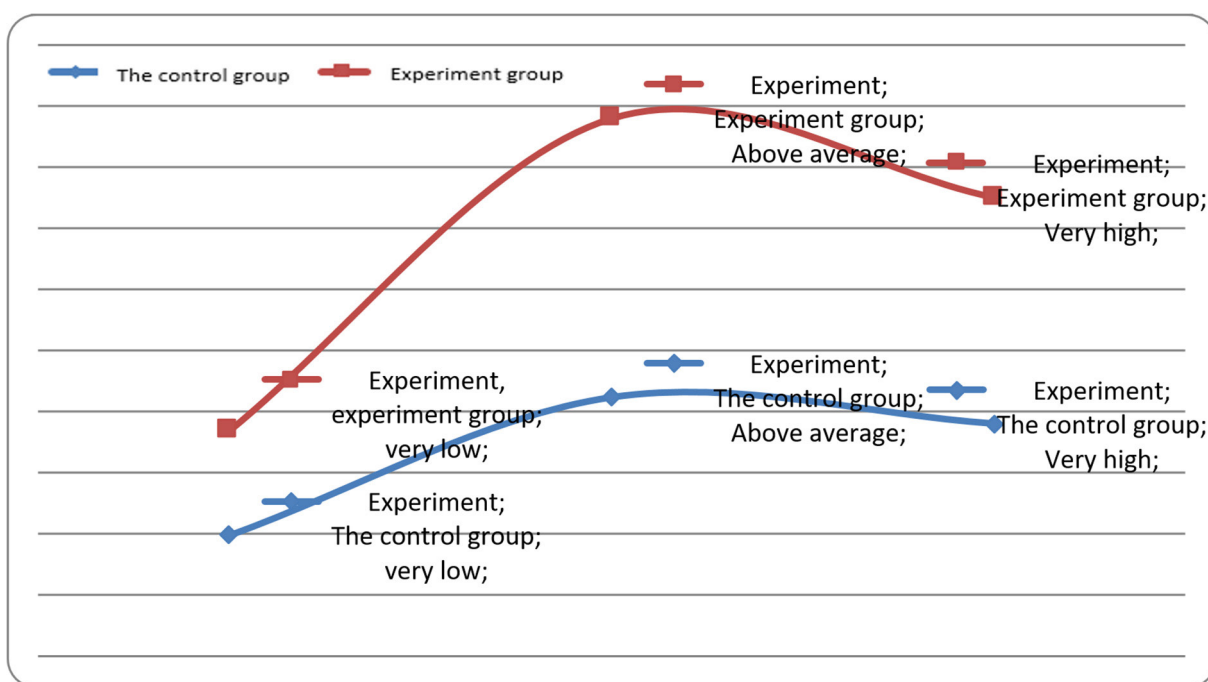


Figure 5 – Results of determining the assessment of the ability to self-education, self-development

that determine the quality of the activity of cognitive interest in education. A special place in the formation of cognitive interest among students is to increase industriousness and working capacity. After all, in it, the student not only performs limited tasks, but also in extracurricular activities constantly improves his ideas, releases new works. On this basis, in order to increase interest in the work of students of vocational

training, the methodology «Assessment of diligence and performance» was carried out. The results of the methodology are presented below [5].

After analyzing the results of the work carried out during the identification experiment, an experiment was conducted to form the next stage of the experiment.

The experiment was attended by 3-4 year students

of the specialty of vocational training of higher educational institutions for vocational education teachers training on the dual education implementation under study.

In conclusion the implementation of the content and methods of training teachers of vocational

education for the realization of dual training has raised the quality of training of a teacher of vocational education to a new level. This conclusion is convincingly proved by the results of an experiment conducted on comparison bases of the training levels of students in the experimental and control groups.

REFERENCES

1. Avvisati F. Germany Country Note: Programme for International Student Assessment (PISA) Results from PISA 2012 Problem Solving. <http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-PS-results-eng-Germany>.
2. Federal Ministry of Education and Research (2013), National Report on Vocational Education and Training. – 2013 // http://www.bmbf.de/pub/bbb_2013.pdf.
3. Alshynbaeva Zh. «Дуальды оқытуды іске асыруға кәсіптік білім беру педагогтарын даярлау» Diss, who prepared for the title of PhD. Astana. – 2018.
4. Alshynbayeva Zh., Sarbassova K., Galiyev T., Kaltayeva G. On anticipatory development of dual education based on the systemic approach // International journal of environmental & science education. – 2016. – Vol. 11, no. 18. – pp. 12540-12550.
5. Rudik G.A., Kim N.P. Innovation and Innovation Activity in Education: Teaching manual for students of universities.-Kostanay: A.Baitursynov Kostanay State Univesity 2014. – p. 195.

Болашақ кәсіптік оқыту педагогтарын дуальды оқытуды іске асыруға даярлау

¹***АЛШЫНБАЕВА Жұлдыз Елдосқызы**, PhD, қауымдастырылған профессор, zhuldyz_eldosovna@mail.ru,

²**ГАНИЕВА Фариза Муратқызы**, магистрант, muratovna.f@mail.ru,

¹Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Қазақстан, 100028, Қарағанды, Университет көшесі, 28,

²Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Қазіргі заманғы технологиялардың қарқынды дамуы кезеңінде жоғары оқу орындарының білім беру процесінің тиімділігі болашақ кәсіптік оқыту педагогтарының кәсіби даярлығына тікелей байланысты. Сондықтан кәсіби құзыреттерді қалыптастыру және болашақ мамандарды кәсіби даярлау өзекті мәселе болып табылады. Қазақстан Республикасының Мемлекеттік жалпыға міндетті білім беру стандартында ұлттық деңгейдегі жалпы орта білім берудің негізгі мақсаты елдің әлеуметтік, экономикалық және саяси өміріне белсенді қатысуға дайын құзыретті адамды қалыптастыруға жәрдемдесуі талқыланған. Дуальды оқыту технологиясы оқытудың басты мақсаты ретінде білім алушылардың оқыту, тәрбие процесінде жан-жақты дамуын, ойлау қабілетін, табандылығын, зейінін, іскерлігі мен дағдыларын дамытуды көздейді. Сондай-ақ, Қарағанды техникалық университетінің оқу базасында дуальды оқытуды жүзеге асырудың негізі ретінде «Корпоративтік университет» инновациялық оқыту консорциумы болып табылады, ол облыстың әлеуметтік-экономикалық кеңістігінде өнеркәсіптік өндірісте ең терең интеграцияланған университет позициясын алады. Жұмыста «Дуальды оқыту теориясы мен практикасы» курсына ақысыз оқуға және оны Интернет арқылы қол жетімді етуге мүмкіндік беретін онлайн-платформа – «Таным» онлайн-білім порталы жайлы мәлімет берілген. Қарастырылған проблема студенттердің мотивациялық компонентін дамытуға ықпал етті.

Кілт сөздер: дуальды оқыту технологиясы, кәсіпқойлық, кәсіптік оқыту, кәсіптік білім, ақпараттық технология.

Подготовка будущих педагогов профессионального обучения при реализации дуального обучения

¹***АЛШЫНБАЕВА Жұлдыз Елдосовна**, PhD, ассоциированный профессор, zhuldyz_eldosovna@mail.ru,

²**ГАНИЕВА Фариза Муратовна**, магистрант, muratovna.f@mail.ru,

¹Карагандинский университет им. Е.А. Букетова, Казахстан, 100028, Караганда, ул. Университетская, 28,

²Карагандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Эффективность образовательного процесса высших учебных заведений в период интенсивного развития современных технологий напрямую зависит от подготовки будущих учителей профессионального образования. Поэтому актуальной проблемой являются формирование профессиональных компетенций и профессиональная подготовка будущих специалистов. В Государственном общеобразовательном стандарте Республики Казахстан основной целью среднего общего образования на национальном уровне является содействие формированию компетентного человека, готового активно участвовать в социаль-

ной, экономической и политической жизни страны. Технология дуального обучения предполагает всестороннее развитие обучающихся в учебном, образовательном процессе как основной цели обучения, развитие у обучающегося навыков мышления, настойчивости, внимания, навыков и умений. Также основой осуществления дуального обучения на учебной базе Карагандинского технического университета является инновационно-образовательный консорциум «Корпоративный университет», который занимает позицию самого глубоко интегрированного университета в промышленное производство в социально-экономическом пространстве области. В работе представлен онлайн-образовательный портал «Таным» – онлайн-площадка, позволяющая бесплатно обучаться по курсу «Теория и практика дуального обучения» и сделать его доступным через Интернет. Это проблема способствовала развитию мотивационной составляющей студентов.

Ключевые слова: технология дуального обучения, профессионализм, профессиональное обучение, профессиональное образование, информационные технологии.

REFERENCES

1. Avvisati F. Germany Country Note: Programme for International Student Assessment (PISA) Results from PISA 2012 Problem Solving. <http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-PS-results-eng-Germany>.
2. Federal Ministry of Education and Research (2013), National Report on Vocational Education and Training. – 2013 // http://www.bmbf.de/pub/bbb_2013.pdf.
3. Alshynbaeva Zh. «Дуальды оқытуды іске асыруға кәсіптік білім беру педагогтарын даярлау» Diss, who prepared for the title of PhD. Astana. – 2018.
4. Alshynbayeva Zh., Sarbassova K., Galiyev T., Kaltayeva G. On anticipatory development of dual education based on the systemic approach // International journal of environmental & science education. – 2016. – Vol. 11, no. 18. – pp. 12540-12550.
5. Rudik G.A., Kim N.P. Innovation and Innovation Activity in Education: Teaching manual for students of universities.-Kostanay: A.Baitursynov Kostanay State Univesity 2014. – p. 195.

The Reasons for the Low Efficiency of Students' Research Work at the University

¹***BASHIROV Alexander**, *Cand. Tech. Sci., Head of Laboratory, bashirov_av@mail.ru,*

¹**KHANOV Talgat**, *Dr. Juris. Sci., Professor, Director of Institute, thanov@mail.ru,*

¹*Karaganda University of Kazpotrebooyuz, Kazakhstan, 100009, Karaganda, Akademicheskaya Street, 9,*

**corresponding author.*

Abstract. *The article discusses the reasons for the lack of interest among students in research work. An attempt is made to identify the main factors that affect the decrease in student activity in conducting scientific research and their unwillingness to engage in science. The purpose of the study is to develop proposals for the formation of a positive environment to increase students' interest in research work. The main research method is the survey of respondents. The results of the survey are compared with the data of official statistics. In the questionnaires, along with finding out the students' interest in conducting scientific research, control questions were used to determine their level of training and prospects for their further professional activity. This approach made it possible to identify gaps in the acquisition of educational skills among school graduates. On the basis of the conducted research, proposals are made for the correlation of measures to involve students in research work. The reasoned conclusions aimed at improving the effectiveness of students' research activities and increasing their interest in science are formulated. As a result of the research, the need to identify students with extraordinary thinking and to attract people with a penchant for scientific research to research work is justified.*

Keywords: *students research work, questionnaires, results processing, scientific work of students, education, pedagogical activity.*

Introduction

The global changes taking place in the world today require a revision of the attitude to the results of scientific research and an increase in the efficiency of their implementation. Since the main centers of scientific thought are higher educational institutions, the requirements for scientific work carried out on their basis are increasing. It is within the walls of the university that the formation of a young scientist takes place and the formation of his research skills that allow him to conduct high-quality scientific research in the future.

Unfortunately, recently there has been a decrease in the activity and effectiveness of university research work among students. This conclusion is also stated by other researchers dealing with this problem [1, 2].

In this regard, there was a need to identify the causes of the current situation, to develop effective scientifically-based approaches that contribute to increasing students' interest in science and the effectiveness of research.

The Karaganda University of Kazpotrebooyuz has been operating the Research Institute of Economic and Legal Research (NII EPI) for more than 10 years. Along with other functions, the staff of the institute is assigned the task of identifying creative youth and involving students in research work. This approach is associated with the need to develop appropriate

competencies among young scientists and improve the effectiveness of their research. Based on this, the staff of the Research Institute of Economic and Legal Research initiated a study to determine the interest of students in conducting scientific research and to identify the reasons that contribute to the decrease in their scientific activity.

The aim of the study is to identify the reasons for the decline in scientific activity among students and to develop proposals for the formation of a positive environment to increase students' interest in research work and the teaching profession.

Research materials and methods

The main research method used is a questionnaire survey, which is associated with a comparative analysis of the results obtained with official statistics.

The survey of students was conducted for three years, which allowed us to identify the most common problems that prevent young people from showing interest in scientific research, based on their level of readiness for research work. A fundamentally important factor for the research group was to determine the objectivity of the data obtained and the possibility of their generalization on the scale of the Republic of Kazakhstan, so the results of the survey were compared with official statistical data.

However, the idea of conducting such studies is

not new. This method, as a means of searching for meaningful information, has shown its effectiveness in conducting similar surveys in a number of universities in the CIS [3, 4]. The peculiarity of our research is to put forward and test the hypothesis that the choice of a future field of activity related to research work directly depends on the interest and participation of students in conducting scientific research. The validity of this hypothesis consists in the identity of the assessment of the survey results with the average assessment of the results of official statistical data for the Republic of Kazakhstan.

The first stage of the study was conducted with students of the 2018 set, its results were processed and published earlier. At this stage, the details of the purpose and objectives of the research were described [5]. In the second stage, students of the 2019 set were involved, this was due to the need to compare the obtained generalizations and confirm the previously made conclusions. At the same time, an attempt was made to identify priority features that contribute to increasing student activity and establishing a link between the results of the survey. The third stage was held in 2020. Due to the identity of the survey results obtained, the authors used only the main generalizing data in the further presentation of the material.

The results of the research and their discussion

The organizers of the study were interested in the reasons for the loss of students' addiction to research activities. It should be noted that this issue was raised by the majority of researchers of this problem [6-9]. At the same time, some authors highlighted the problems associated with the organization of research and development [10].

Please note that for the sake of clarity, the figures below were sorted from a larger quantitative indicator to a smaller one. The purpose of such sorting is to strive for systematization and clarity of the information presented.

The expression of interest among university

students in research activities is shown in Figure 1.

Respondents note that the main factors driving interest are stimulation (33%) and interesting scientific topics (22%). In terms of importance, these factors bypassed the educational process, the assessment of one's own performance and the possible prospects of a future profession. Apparently, this is due to the fact that students do not think it is promising to conduct scientific research when choosing a future profession, and its effectiveness is due to the presence of stimulating factors.

As for the incentive aimed at activating research work, this is the concretization of its forms, shown in Figure 2.

It should be noted that 40% of respondents noted that the condition for the activation of research activities is the acquisition of appropriate professional skills by students. This result indicates the desire of young people to improve their professional skills, which is a more significant factor than material (16%) and moral (19%) encouragement.

This conclusion is confirmed by the results of the survey concerning the possibility of further use of the skills acquired in the course of research work. The survey results are shown in Figure 3.

The most popular choice of students (60%) was «improving the level of knowledge». This response indicates the interest of students in alternative ways of obtaining professional skills. At the same time, they serve as a determining factor contributing to the activation of student research work. However, students do not associate the required level of knowledge with the prestige of the university (3%) or with in-depth study of certain disciplines (10%). Even the formation of creative thinking skills (27%) is not a priority for most students. However, this result causes wariness among researchers. In particular, some scientists believe that the formation and development of creative thinking should be a priority when conducting research by students [11-13].

In turn, we do not question or refute the degree of

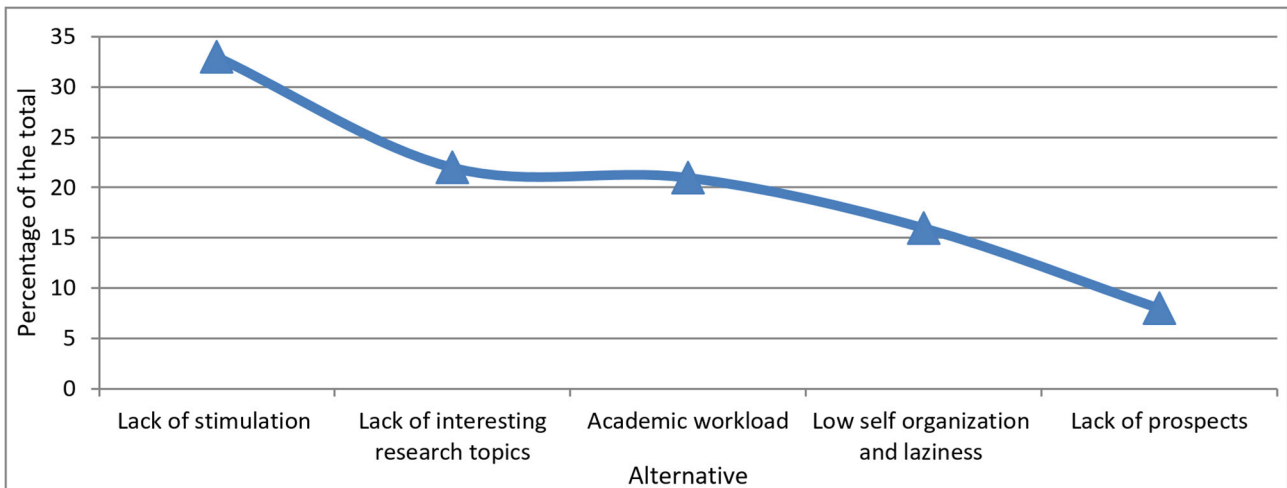


Figure 1 – Students answers to the question of interest among university students in research activities

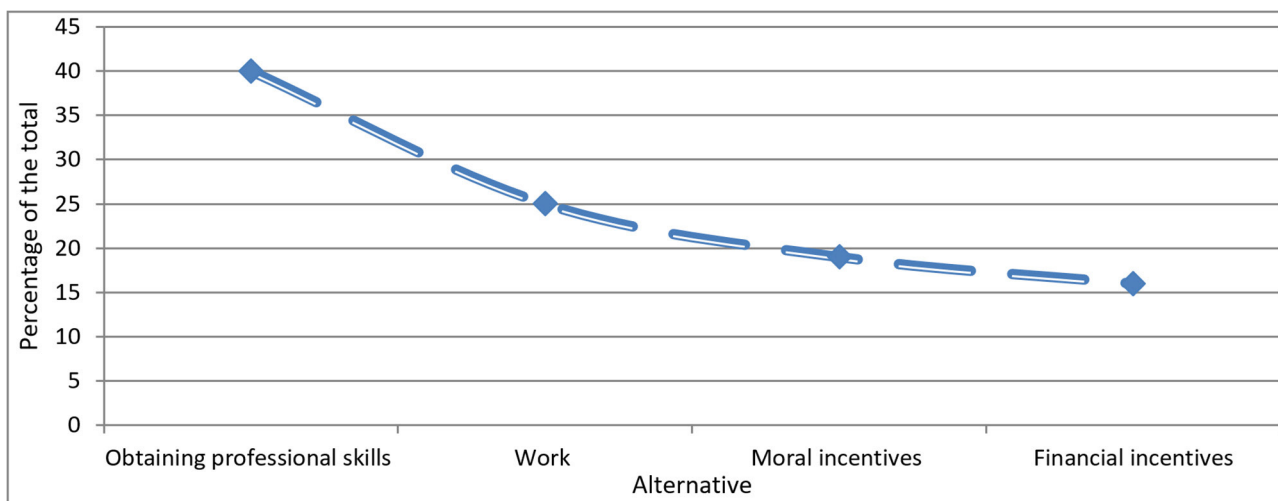


Figure 2 – Students' answers to the question about incentives for participation in research work

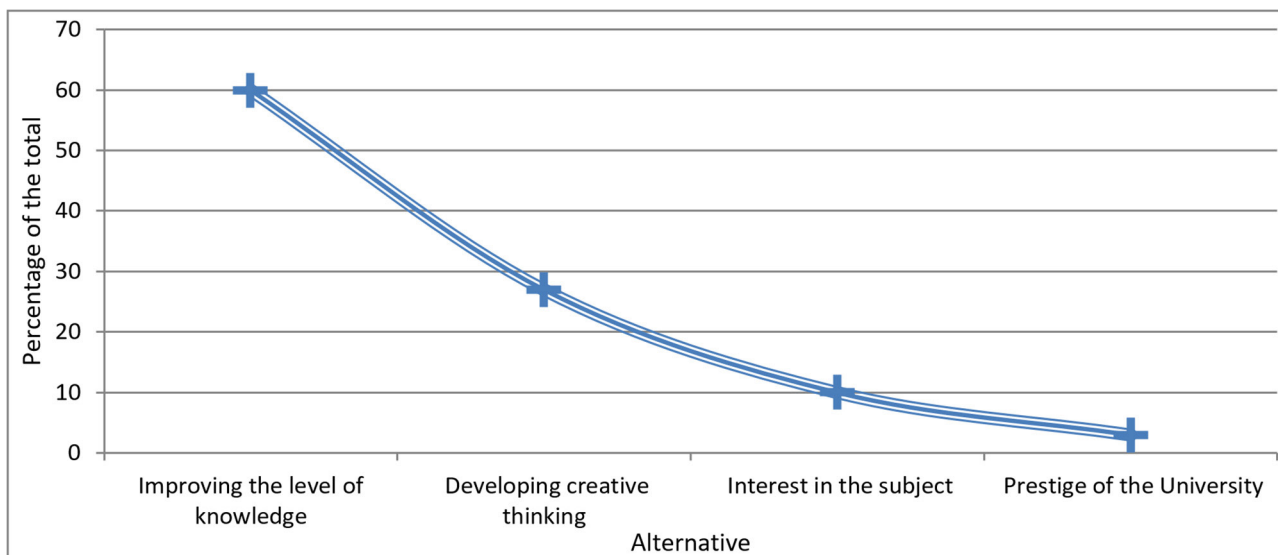


Figure 3 – Students' answers to the question about specifying the scope of professional skills

priority of a single factor. In our opinion, professional skills are the hidden features of using possible means and methods aimed at achieving the desired solution in a simpler and more effective way. Otherwise, such professional skills are called «secrets of the master».

Complex analytical calculations can be replaced by the use of numerical methods, difficulties in mastering professional software, compensated by the use of standard software add-ons, performing numerous routine operations, replaced by the creation of a simple program and the effect of its single use. Examples of these «master's secrets» in matters of technical and legal training of students are given in the corresponding author's publications [14; 15]. Individual scientists also justify the possibility of using completely different methodologies in order to obtain an identical result [16].

In turn, the research group was interested in how many students are going to link their future

professional activities with science. The results are shown in Figure 4.

The results of the survey showed that in the future, only 6% of respondents are going to engage in scientific research. Such a rather low figure is depressing, since in any university it is considered natural to attract students of all specialties to scientific activities, and this is also provided for in the training program. The mandatory preparation of various research papers is practiced, and as a result, only a small percentage is going to professionally engage in scientific activities. Therefore, students initially have no interest in conducting scientific research.

In this regard, a natural question arises: is such a low indicator typical only for our university, or is such a trend observed in the republic as a whole. To solve this issue, we conducted a comparative analysis of official statistical information for 20 years in the Republic of Kazakhstan [17]. Based on

official statistics, table was compiled, which shows a comparison of the number of students and the teaching staff.

Table clearly shows that the ratio of the number of students and teaching staff in different years varied from 6% to 8%, and the average value was 6.7%.

Clearly, the dynamics of changes in the ratio of teaching staff and students is shown in Figure 5.

Figure 5 shows that the average ratio of the number of teaching staff and students in the universities of the Republic of Kazakhstan is 6.7%.

In this regard, it can be assumed that the updated teaching staff is mainly former students (undergraduates). Based on the above data, we can state the identity of the results obtained during the survey of students with the real ratio of the number

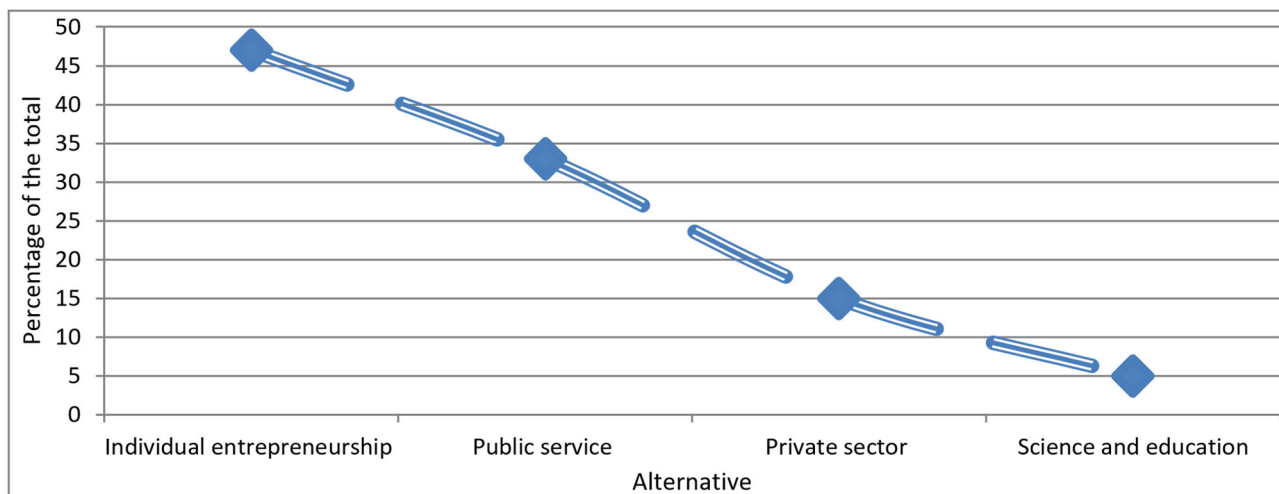


Figure 4 – Students' answers to the question about students' plans for the field of activity after graduation from a higher educational institution

The ratio of the teaching staff and students in the universities of the Republic of Kazakhstan					
Time period	The Number of Universities of RK	The Number of students of RK (people)	The Number of faculty, people	The ratio of teaching staff and students	Average value
2000/01	170	440 715	29 577	6,71	6,7
2001/02	185	514 738	34 508	6,70	6,7
2002/03	177	590 982	37 602	6,36	6,7
2003/04	180	658 106	40 972	6,23	6,7
2004/05	181	747 104	42 333	5,67	6,7
2005/06	181	775 762	43 382	5,59	6,7
2006/07	176	768 442	42 788	5,57	6,7
2007/08	167	717 053	41 207	5,75	6,7
2008/09	143	633 814	37 814	5,97	6,7
2009/10	148	610 264	39 155	6,42	6,7
2010/11	149	620 442	39 600	6,38	6,7
2011/12	146	629 507	40 531	6,44	6,7
2012/13	139	571 691	41 224	7,21	6,7
2013/14	128	527 226	41 635	7,90	6,7
2014/15	126	477 387	40 320	8,45	6,7
2015/16	127	459 369	38 087	8,29	6,7
2016/17	125	477 074	38 241	8,02	6,7
2017/18	122	496 209	38 212	7,70	6,7
2018/19	124	542 458	38 275	7,06	6,7
2019/20	125	604 345	38 470	6,37	6,7

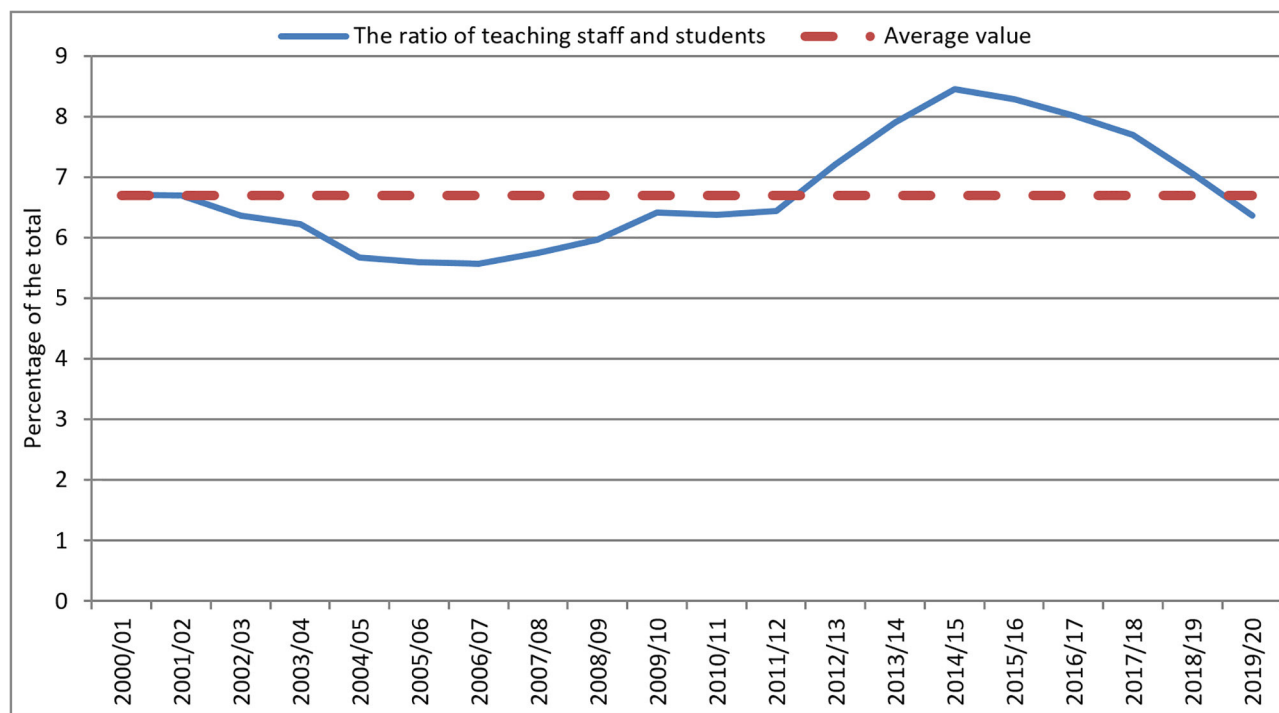


Figure 5 – Ratio of the number of teaching staff and students in higher education institutions of the Republic of Kazakhstan

of teaching staff and students in the Republic of Kazakhstan. Such an identity allows us to make an assumption about the possible generalization of the results of the survey and its projection on the entire system of higher education in the Republic of Kazakhstan.

However, in order to form and justify the final conclusions, it is necessary to conduct additional studies with an expanded sample coverage.

Conclusions

The results of the study revealed the following patterns.

1. The majority of students do not associate their future life and career with scientific activities, so they are not active in carrying out research work. The analysis of the results of the survey of students and official statistical information also indicates an increase in the teaching staff, mainly due to young people who showed interest in scientific activities during their studies at a higher educational institution.

2. It is necessary to take active measures to identify and attract students to research activities. Such students, as a rule, are distinguished by efficiency, attentiveness, extraordinary thinking, good academic performance, the desire to acquire new knowledge and the possibility of their practical application. Such students need to set interesting tasks, show acceptable solutions to them, and pay attention to the existing problems. It is advisable to entrust them with the preparation of scientific projects, to involve them in the implementation of initiative, contractual

and grant research.

It should be emphasized that these 6% are able to make a breakthrough in the effectiveness of scientific research work of university students. In the future, these young scientists should be interested in linking their professional activities and scientific careers with the university.

3. The condition for involvement in student science is the authority of the teacher, who should use his example to attract students to research work. The teacher's lack of interest in conducting scientific research negatively affects the student's initiative to participate in student scientific research. A teacher who ignores research activities cannot master the «secrets of the master» and, therefore, is not interesting to the student. Therefore, the activity of student scientific work directly depends on the involvement of the university faculty in research activities.

4. To develop students' creativity and originality of thinking, it is advisable to focus on the development of skills of non-standard ways of solving educational situations. It seems effective to use mechanisms for comparing a complex standard method with a simple, but effective non-standard solution. Faculty members are encouraged to practice such comparisons, especially when conducting practical, laboratory classes, round tables, and other forms of training sessions.

The authors hope that a well-thought-out implementation of the above conclusions and recommendations will increase the activity of student research work.

REFERENCES

1. Lee, S. The emergence of the modern university in Korea. High Educ 18, 87-116 (1989). <https://doi.org/10.1007/BF00138962>.
2. Cheng, M.Mh. Identifying Strategies to Support Junior Secondary Students to Engage in Scientific Investigation Tasks. Can J Sci Math Techn 8, P. 99-120. (2008). <https://doi.org/10.1080/14926150802169222>.
3. Kosintseva T.D., Horsetail R.N. Organization of research work of students in the educational process in a modern Russian university // News of higher educational institutions. Sociology. Economy. Politics. 2019. No. 2. pp. 73-80.
4. Silina D.O. Statistical research of university students on the problem of involvement in research work (SRWS) // Student science and the XXI century. 2020. Vol. 17. No. 1-1 (19). pp. 311-313.
5. Bashirov A.V., Khanov T.A. Factors of increasing the activity of students' research work // Modern problems of science and education. 2018. No. 4. P. 91.
6. Anderhag, P., Wickman, P. & Hamza, K.M. How can teaching make a difference to students' interest in science? Including Bourdieuan field analysis. Cult Stud of Sci Educ 10, 377-380 (2015). doi.org/10.1007/s11422-014-9630-z.
7. Anderhag, P., Hamza, K.M. & Wickman, P. What Can a Teacher Do to Support Students' Interest in Science? A Study of the Constitution of Taste in a Science Classroom. Res Sci Educ 45, pp. 749-784 (2015). doi.org/10.1007/s11165-014-9448-4.
8. Kennedy, D., Perky, J., Lougee, C. et al. The discussion about proposals to change the Western Culture program at Stanford University. Minerva 27, pp. 223-411 (1989). <https://doi.org/10.1007/BF01102569>.
9. Oh, K., Kang, N.H. Participation patterns of elementary students in scientific problem finding activities. Asia Pac. Sci. Educ. 5, 16 (2019). <https://doi.org/10.1186/s41029-019-0039-6>.
10. Ilyina T.G. Problems of organizing research work of students of economics // Problems of accounting and finance. 2014. No. 4 (16). pp. 65-71.
11. Dolan, E., Grady, J. Recognizing Students' Scientific Reasoning: A Tool for Categorizing Complexity of Reasoning During Teaching by Inquiry. J Sci Teacher Educ 21, P. 31-55 (2010). <https://doi.org/10.1007/s10972-009-9154-7>.
12. Bettencourt, L.M.A., Kaiser, D.I., Kaur, J. et al. Population modeling of the emergence and development of scientific fields. Scientometrics 75, p. 495 (2008). <https://doi.org/10.1007/s11192-007-1888-4>.
13. Scardamalia, M., Bereiter, C. Smart technology for self-organizing processes. Smart Learn. Environ. 1, 1 (2014). <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0001-8>.
14. Bashirov A.V., Khanov T.A. The use of applied software add-ons in the practical training of students of technical specialties // Trends in the development of science and education. 2020. No. 62-4. pp. 8-10. DOI: 10.18411 / lj-06-2020-73.
15. Khanov T.A., Bashirov A.V. Training of lawyers using information technologies: problems of instilling practical skills // Trends in the development of science and education. 2020. No. 62-17. pp. 10-13. DOI: 10.18411 / lj-06-2020-380.
16. Laudel, G. How do National Career Systems Promote or Hinder the Emergence of New Research Lines? Minerva 55, pp. 341-369 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11024-017-9314-4>.
17. Science statistics // Electronic resource. Access mode: <https://stat.gov.kz/official/industry/24/statistic/6> (date of access: 20.07.2021).

Университетте студенттердің ғылыми-зерттеу жұмыстарының төмен тиімділігінің себептері

^{1*}БАШИРОВ Александр Витальевич, т.ғ.к., зертхана жетекшісі, bashirov_av@mail.ru,

¹ХАНОВ Талгат Ахматзиевич, з.ғ.д., профессор, институт директоры, thanov@mail.ru,

¹Қазтұтынуодағы Қарағанды университеті, Қазақстан, 100009, Қарағанды, Академическая көшесі, 9,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақалада студенттердің ғылыми-зерттеу жұмыстарына қызығушылығының болмау себептері қарастырылады. Студенттердің ғылыми зерттеулер жүргізудегі белсенділігінің төмендеуіне және олардың ғылыммен айналысқысы келмеуіне әсер ететін негізгі факторларды анықтауға әрекет жасалды. Зерттеудің мақсаты студенттердің ғылыми-зерттеу жұмыстарына қызығушылығын арттыру үшін жағымды ортаны қалыптастыру бойынша ұсыныстар әзірлеу болып табылады. Зерттеудің негізгі әдісі респонденттерге сауалнама жүргізу болып табылады. Сауалнама нәтижелері ресми статистика деректерімен салыстырылады. Сауалнамаларда студенттердің ғылыми зерттеулерге деген қызығушылығын анықтаумен қатар, олардың дайындық деңгейін және одан әрі кәсіби қызмет перспективаларын анықтау үшін бақылау сұрақтары пайдаланылды. Бұл тәсіл мектеп түлектерінің білім алуындағы олқылықтарды анықтауға мүмкіндік берді. Жүргізілген зерттеу негізінде студенттерді ғылыми-зерттеу жұмысына тарту жөніндегі шараларды келісу бойынша ұсыныстар енгізіледі. Студенттердің ғылыми-зерттеу қызметінің тиімділігін және олардың ғылымға деген қызығушылығын арттыруға бағытталған негізделген тұжырымдар жасалды. Зерттеу нәтижесінде ерекше ойлау қабілеті бар студенттерді анықтау және студенттерді ғылыми-зерттеу жұмыстарына тарту қажеттілігі негізделген.

Кілт сөздер: студенттердің зерттеу жұмысы, сауалнама жүргізу, нәтижелерді өңдеу, студенттердің ғылыми жұмысы, білім беру, педагогикалық қызмет.

Причины низкой эффективности научно-исследовательской работы студентов в университете

¹*БАШИРОВ Александр Витальевич, к.т.н., руководитель лаборатории, bashirov_av@mail.ru,

¹ХАНОВ Талгат Ахматзиевич, д.ю.н., профессор, директор института, thanov@mail.ru,

¹Карагандинский университет Казпотребсоюза, Казахстан, 100009, Караганда, ул. Академическая, 9,

*автор-корреспондент.

Аннотация. В статье рассматриваются причины отсутствия интереса у студентов к научно-исследовательской работе. Предпринята попытка выявить основные факторы, влияющие на снижение активности студентов в проведении научных исследований и их нежелание заниматься наукой. Целью исследования является разработка предложений по формированию позитивной среды для повышения интереса студентов к научно-исследовательской работе. Основным методом исследования является опрос респондентов. Результаты опроса сопоставляются с данными официальной статистики. В анкетах наряду с выяснением заинтересованности студентов в проведении научных исследований использовались контрольные вопросы для определения уровня их подготовки и перспектив дальнейшей профессиональной деятельности. Такой подход позволил выявить пробелы в приобретении образовательных навыков выпускниками школ. На основе проведенного исследования вносятся предложения по согласованию мер по вовлечению студентов в научно-исследовательскую работу. Сформулированы обоснованные выводы, направленные на повышение эффективности исследовательской деятельности студентов и повышение их интереса к науке. В результате проведенного исследования обоснована необходимость выявления студентов с неординарным мышлением и привлечения студентов к научно-исследовательской работе.

Ключевые слова: исследовательская работа студентов, анкетирование, обработка результатов, научная работа студентов, образование, педагогическая деятельность.

REFERENCES

1. Lee, S. The emergence of the modern university in Korea. High Educ 18, 87-116 (1989). <https://doi.org/10.1007/BF00138962>.
2. Cheng, M.Mh. Identifying Strategies to Support Junior Secondary Students to Engage in Scientific Investigation Tasks. Can J Sci Math Techn 8, P. 99-120. (2008). <https://doi.org/10.1080/14926150802169222>.
3. Kosintseva T.D., Horsetail R.N. Organization of research work of students in the educational process in a modern Russian university // News of higher educational institutions. Sociology. Economy. Politics. 2019. No. 2. pp. 73-80.
4. Silina D.O. Statistical research of university students on the problem of involvement in research work (SRWS) // Student science and the XXI century. 2020. Vol. 17. No. 1-1 (19). pp. 311-313.
5. Bashirov A.V., Khanov T.A. Factors of increasing the activity of students' research work // Modern problems of science and education. 2018. No. 4. P. 91.
6. Anderhag, P., Wickman, P. & Hamza, K.M. How can teaching make a difference to students' interest in science? Including Bourdieuan field analysis. Cult Stud of Sci Educ 10, 377-380 (2015). doi.org/10.1007/s11422-014-9630-z.
7. Anderhag, P., Hamza, K.M. & Wickman, P. What Can a Teacher Do to Support Students' Interest in Science? A Study of the Constitution of Taste in a Science Classroom. Res Sci Educ 45, pp. 749-784 (2015). doi.org/10.1007/s11165-014-9448-4.
8. Kennedy, D., Perky, J., Lougee, C. et al. The discussion about proposals to change the Western Culture program at Stanford University. Minerva 27, pp. 223-411 (1989). <https://doi.org/10.1007/BF01102569>.
9. Oh, K., Kang, N.H. Participation patterns of elementary students in scientific problem finding activities. Asia Pac. Sci. Educ. 5, 16 (2019). <https://doi.org/10.1186/s41029-019-0039-6>.
10. Ilyina T.G. Problems of organizing research work of students of economics // Problems of accounting and finance. 2014. No. 4 (16). pp. 65-71.
11. Dolan, E., Grady, J. Recognizing Students' Scientific Reasoning: A Tool for Categorizing Complexity of Reasoning During Teaching by Inquiry. J Sci Teacher Educ 21, P. 31-55 (2010). <https://doi.org/10.1007/s10972-009-9154-7>.
12. Bettencourt, L.M.A., Kaiser, D.I., Kaur, J. et al. Population modeling of the emergence and development of scientific fields. Scientometrics 75, p. 495 (2008). <https://doi.org/10.1007/s11192-007-1888-4>.
13. Scardamalia, M., Bereiter, C. Smart technology for self-organizing processes. Smart Learn. Environ. 1, 1 (2014). <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0001-8>.
14. Bashirov A.V., Khanov T.A. The use of applied software add-ons in the practical training of students of technical specialties // Trends in the development of science and education. 2020. No. 62-4. pp. 8-10. DOI: 10.18411 / lj-06-2020-73.
15. Khanov T.A., Bashirov A.V. Training of lawyers using information technologies: problems of instilling practical skills // Trends in the development of science and education. 2020. No. 62-17. pp. 10-13. DOI: 10.18411 / lj-06-2020-380.
16. Laudel, G. How do National Career Systems Promote or Hinder the Emergence of New Research Lines? Minerva 55, pp. 341-369 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11024-017-9314-4>.
17. Science statistics // Electronic resource. Access mode: <https://stat.gov.kz/official/industry/24/statistic/6> (date of access: 20.07.2021).

The Use of Effective Methods of Technology of Critical Thinking

¹*SAMASHOVA Gulfarida, Cand. Ped. Sci., Associate Professor, Dean, gsamash74@mail.ru,

²KURYMBAEV Sayat, Cand. Ped. Sci., Associate Professor, sakura3874@mail.ru,

³SADYROVA Gulzat, Cand. Philol. Sci., Associate Professor, sgulzat@mail.ru,

¹SHAMSHIDENOVA Nazika, master student, 555_nazik_67@mail.ru,

¹Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

²E.A. Buketov Karaganda University, Kazakhstan, 100028, Karaganda, University Street, 28,

³Kyrgyz National Agrarian University n.a. K.I. Scriabin, Kyrgyzstan, 720005, Bishkek, Mederov Street, 68,

*corresponding author.

Abstract. The purpose of the article is to study the methods of technology of critical thinking. Critical thinking allows you to analyze information. It is a basic skill. The ways of development of this thinking are described. The ways of searching for additional information, replenishing the baggage of knowledge, the correctness of the question, etc. are determined. The necessity of instilling skills in predicting situations is determined. The types of activities for the development of critical thinking are given.

Keywords: critical thinking, student, development, interest, education, training, professional competence, research skills.

Introduction. Critical thinking is one of the key skills of the 21st century that allows you to analyze information, draw conclusions and make decisions based on the analysis, as well as form your own opinion and defend your position.

In the modern world, we are surrounded by information, it comes from different sources and needs to be rethought and verified for accuracy. Through critical thinking, we can see inconsistencies and contradictions, filter out inaccurate data, and separate facts from their interpretation.

To think critically means to see different options for the development of a situation depending on certain factors and to be able to isolate the most optimal, convenient and effective from these options.

The goal of critical thinking development technology is to develop the thinking skills that people need in later life the ability to make informed decisions, work with information, highlight the main and secondary, analyze various aspects of phenomena.

The relevance of this technology is that it allows you to conduct lessons in an optimal mode, the level of performance of students increases, the assimilation of knowledge in the classroom occurs in the process of constant search.

This technology is aimed at the development of the student, whose main indicators are evaluation, openness to new ideas, their own opinion and reflection of their own judgments.

Critical thinking is an important skill that helps you analyze information, draw conclusions, form

your own opinion on any issue, and act on it.

Critical thinking helps you successfully cope with educational and work tasks, make decisions, and navigate the flow of information.

Critical thinking technique. To develop critical thinking, try to expand your horizons and learn more about different subjects and phenomena, learn to ask questions, analyze the text, and come up with different scenarios. Train your logic, attention, and imagination with games, puzzles, and special exercises [1].

One of the main elements of critical thinking is self-criticism. This is when a person soberly looks at their real capabilities and, if necessary, corrects their own mistakes.

Self-criticism is almost completely absent only in mentally ill people, such as schizophrenics. It is important to understand that personal growth is basically impossible without self-criticism. That is why it is so necessary to learn to look at yourself from the outside, and objectively evaluate yourself, your thoughts and actions.

In this sense, the good news is that self-criticism, as a property of the psyche, can develop. Therefore, if a person has realized the importance of this phenomenon, he can start dealing with this issue at any time.

Critical thinking is a form of interactive, creative, and reflexive thinking.

Technology for the development of critical thinking through reading and writing in the late twentieth century in the United States was invented

by C. Temple, D. Steele, and K. Meredith. In General, the discipline provides ideas and methods of domestic technologies, collective and group teaching methods, as well as developmental training.

Critical thinking allows you to evaluate, interpret the basics, and correctly use the results in situations and problems [2].

It is important to understand that critical thinking is not an innate property. It can develop and grow, or it can disintegrate over time.

If a person has certain knowledge and information, then it can be compared, evaluated and analyzed, that is, criticism can be criticized.

Technology of critical thinking development is a set of forms, methods, techniques of training and education that form the logical analysis of information and the ability to apply the results obtained in various situations.

Critical thinking technology-a system of judgments that allows you to deduce an assessment, interpretation, and correctly use the results obtained in conditions and problems that are used and justified for the analysis of substances and events with the formulation of reasonable conclusions:

- reasonable reflexive thinking, focused on faith and deciding what to do;

- an intellectually ordered process of actively and skilfully analyzing, synthesizing, using, synthesizing, and evaluating information obtained or induced by control, experience, thinking, or communication as an orientation for beliefs and actions.

Stages of critical thinking development technology:

Preparatory period

The first stage is preparation. It is mandatory to have it in every class. This stage allows you to: update and generalize the student's knowledge on this topic, to be constantly interested in the topic being studied, to encourage the student to study, to work actively.

Understanding period

The second stage is understanding. It allows students to: get new information and master different ways of working with it, understand information, compare new knowledge with existing ones.

Period of thinking (reflection)

The third stage is reflection. It is important to understand, summarize the information received, give a new education, expand the subject field, and form each student's own attitude to the material being studied.

In the preparatory period, you can conduct classes using «Cluster», «Basket of ideas», «Aquarium», «Forecast tree», «Correct and incorrect conclusions», «Keywords», «Interview», «Scales» and other methods.

It is based on group work in the «basket of ideas» method. Each group, after a preliminary discussion, talks about their assumptions. For example, one subject is taught on the same topic.

In the «keywords» method, a short story is formed based on the reference words.

In the «interview» method, the student gets an interview with other students on a specific topic.

The second stage-at the understanding stage, the scheme «insert», «fishbone», the table «fish frame», «record in a circle», the table «summary table», the table «corners», the table «find an error», «logbook», «logical circuits» are used. It is worth noting that the universal «cluster» method is used at all stages.

In the «Insert» method, the training material is submitted in a ready-made form, reading the text is written at one end or in the form of a table: V – I know «+» new for me «-» I think differently «?» I don't understand.

After reading the text in the «logical chains» method, students need to make a logical order. This method helps you retell texts.

In the «find an error» method, the teacher prepares a text containing erroneous information in advance and invites students to detect errors [3].

The method of developing critical thinking in the period of reflection is cinquain. A cinquain is a small form of poem that is used to describe emotional influences and feelings, a common thought. A small literary work that characterizes a theme consisting of five lines written according to a specific plan.

What it's used for cinquain:

- enriches the language fund;
- teaches a short presentation;
- teaches you to form a thought;
- allows you to feel like a poet in one moment;
- everyone can do it.

When working with cinquain, it clarifies didactic games and adds vocabulary on various lexical topics.

The use of several methods of critical thinking allows you to make the lesson interesting, give students a good opportunity to study the subject, increase interest, develop and creatively develop.

Critical thinking is a good tool for making optimal decisions. However, it does not need to be constantly used in every life situation. All decisions made on a daily basis do not require us to think critically. In most cases, it is better to use intuition instead of a critical approach, which will save you time and psychological resources.

People who develop critical thinking often doubt ideas and facts and do not perceive them in their original version. They also seek to find out that their ideas, arguments, and conclusions are consistent with a system of shared values, while being open to objections and discussion [4].

Characteristics of a person with developed critical thinking.

A person who has the ability to think critically has the following characteristics:

- understands the cause-and-effect relationships between facts and ideas of the surrounding reality
- can determine the importance of arguments and ideas
- recognizes and evaluates other points of view, builds sound arguments
- can identify inconsistencies and errors in the

course of reasoning

- tries to solve emerging problems consistently and systematically

- reflects on the rationale for their own beliefs, thoughts, and values.

How can you encourage critical thinking?

1. Don't accept the facts as they are

The first step in developing critical thinking is to evaluate the information that comes to us from the environment. Before you do what you've always done, or take on faith what you've been told, think about the situation. Think about what the problem is and what possible ways to solve it. Of course, you make your own decisions about what to believe and what to do. But if you spend some time assessing the situation, you will most likely be able to make more balanced and informed decisions.

2. Define your goals

What result do you expect? What would you like to get? What is your goal? Defining the goal you intend to achieve is important for building a plan of your actions and steps to implement your plans.

3. Research the facts

A huge amount of information comes to us every day from various sources. Keep in mind that this information can be a very powerful tool when making decisions. When you have a problem that requires analysis, a perspective that needs to be evaluated, or you have to make an important decision, search for information on the Internet, research the facts, and read publications on this topic. Analyze different opinions, arguments, and beliefs. Find out if there is conflicting information. The more information you have, the better prepared you will be to give a reasonable answer

4. Don't put yourself installation that you are right

It's always nice to know that you're right. We all enjoy it. But if we initially set ourselves the attitude that our arguments are fair and are the only true ones, then we refuse to meet and consider other points of view. Your thoughts, beliefs, and arguments are just one possible explanation, but there are many other alternative views that are also true. Open your mind to consider and evaluate other points of view.

5. Start with the basics

There is a line of thinking that is often used in scientific research to find out which hypothesis is correct. This technique was called «Occam's Razor». Its proponents recommend giving preference to the simplest explanations until they are proven to be false.

6. Divide the problem into several parts

When you encounter a complex problem, try to divide it into several parts. This makes it easier for you to evaluate and find a solution for each individual part, and then, by combining the results, you will come to the solution of the main problem [5].

Today, our education system lags behind most European countries in many ways. The method of teaching in secondary schools is based on the passive

acquisition of knowledge that may benefit students in the future, and may never be useful.

One of the main tasks that should be assigned to the teacher is to develop students ability to think, reason and defend their point of view, to collect and research information about the phenomena of the surrounding reality, and not only to transmit to them the knowledge embedded in the school curriculum. This is very important for their adult life. Students should learn to ask questions and resolve doubts, rather than take everything for granted. It is important to teach them not to trust everything they read, see, or hear from the media, friends, family members, and other sources of information without thinking.

What can we do to teach children to think critically? How can I promote critical thinking in the learning process?

1. Encourage group work

The group atmosphere is ideal for children to learn to think and develop their cognitive abilities. When they are surrounded by peers and work together, they are exposed to different thinking processes, and are exposed to other points of view and opinions. So they learn to understand and analyze how other children think, and come to realize that their form of thinking is not the only possible one. They also learn to question their own beliefs and respect the opinions of others.

2. Encourage children to use their creativity

Creativity is a very useful skill that helps us find new ways to solve problems and optimal behaviors. This is why its promotion in the educational process is so important. Instead of giving children precise instructions on how to perform certain tasks, create an environment in which they will have to show their creativity and solve the problem creatively. Give them the opportunity to find different ways to solve the problem on their own, without templates or set plans. Learn more about how to promote creative thinking.

3. Ask questions to children

When a teacher asks a question, he often encourages students to think, makes them more attentive, and helps them use and consolidate their knowledge. Ask them: «do you agree with this statement? In your opinion, which option would be better? Explain why this phenomenon is observed?». Avoid questions that may lead to a single answer.

4. Present discussions and discussions

Discussions are a very good way to get children to think and think about a particular topic. This helps them form their own opinions and respect the opinions of others.

Conclusion. An effective way to develop critical thinking through discussion is to require students to take two opposite positions [6].

Summing up all the above in this article, we can conclude that the technology of developing critical thinking consists of creative techniques that make the lesson interesting, give a powerful message to students to study the subject. The ability to work

independently with information, to think outside the box, that is, to think critically, allows you to become a person who wants to learn throughout his life and

take a responsible attitude to his education. And this article also covered techniques for developing critical thinking.

REFERENCES

1. Valieva M. New pedagogical technologies. – Almaty: Almatykitap, 2017.
2. Karaev G.A. Didactic conditions for designing an improved pedagogical system. – Almaty. 2014.
3. Trubinova E.A. Technology of development of critical thinking in the educational process // Young scientist. 2015.
4. Slastenin V.A., Kashirin V.P. Psychology and pedagogy. – Moscow: Academy, 2017.
5. Orlova V.A., Orekhova B.A. Psychology in questions and answers. – Moscow: KNORUS, 2018.
6. Aitmambetova B.P. Ideas and experiences of innovative teachers. – Almaty: Folio, 2017.

Сын тұрғысынан ойлау технологиясының тиімді әдістерін қолдану

¹*САМАШОВА Гульфариды Ергалиевна, п.ф.к., доцент, декан, gsamash74@mail.ru,

²КУРЫМБАЕВ Саят Гайниевич, п.ф.к., доцент, sakura3874@mail.ru,

³САДЫРОВА Гүлзат Камчыбековна, филол.ф.к., доцент, sgulzat@mail.ru,

¹ШАМШИДЕНОВА Назика Нурланқызы, магистрант, 555_nazik_67@mail.ru,

¹Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

²Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Қазақстан, 100028, Қарағанды, Университет көшесі, 28,

³К.И. Скрябин атындағы Қырғыз ұлттық аграрлық университеті, Қырғызстан, 720005, Бішкек, Медеров көшесі, 68,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақаланың мақсаты – сын тұрғысынан ойлау технологиясының әдістерін зерттеу. Сыни тұрғыдан ойлау ақпаратты талдауға мүмкіндік береді. Ол негізгі дағдылардың бірі болып табылады. Мақалада аталмыш ойлаудың даму жолдары сипатталған. Қосымша ақпаратты іздеу жолдары, білім қорын толықтыру, сұрақтың дұрыс құрастырылуы және т.б. анықталған. Жағдайды болжау дағдыларын қалыптастыру қажеттілігі анықталған. Сын тұрғысынан ойлауды дамытуға арналған іс-әрекет түрлері берілген.

Кілт сөздер: сыни тұрғыдан ойлау, студент, даму, қызығушылық, білім, оқыту, кәсіби құзыреттілік, зерттеу дағдылары.

Использование эффективных методов технологии критического мышления

¹*САМАШОВА Гульфариды Ергалиевна, к.п.н., доцент, декан, gsamash74@mail.ru,

²КУРЫМБАЕВ Саят Гайниевич, к.п.н., доцент, sakura3874@mail.ru,

³САДЫРОВА Гүлзат Камчыбековна, к.филол.н., доцент, sgulzat@mail.ru,

¹ШАМШИДЕНОВА Назика Нурланқызы, магистрант, 555_nazik_67@mail.ru,

¹Карагандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

²Карагандинский университет им. Е.А. Букетова, Казахстан, 100028, Караганда, ул. Университетская, 28,

³Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И. Скрябина, Кыргызстан, 720005, Бишкек, ул. Медерова, 68,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Цель статьи – изучение методов технологии критического мышления. Критическое мышление позволяет анализировать информацию. Она является основным навыком. Описаны пути развития данного мышления. Определены пути поиска дополнительной информации, пополнение багажа знаний, правильность постановки вопроса и т.д. Определена необходимость привития навыков по прогнозированию ситуаций. Приведены виды деятельности для развития критического мышления.

Ключевые слова: критическое мышление, студент, развитие, интерес, образование, обучение, профессиональная компетентность, исследовательские навыки.

REFERENCES

1. Valieva M. New pedagogical technologies. – Almaty: Almatykitap, 2017.
2. Karaev G.A. Didactic conditions for designing an improved pedagogical system. – Almaty. 2014.
3. Trubinova E.A. Technology of development of critical thinking in the educational process // Young scientist. 2015.
4. Slastenin V.A., Kashirin V.P. Psychology and pedagogy. – Moscow: Academy, 2017.
5. Orlova V.A., Orekhova B.A. Psychology in questions and answers. – Moscow: KNORUS, 2018.
6. Aitmambetova B.P. Ideas and experiences of innovative teachers. – Almaty: Folio, 2017.



Mathematical Modeling of Dynamic Processes That Occur During Vortex Boring of Deep Holes with a Multi-Pass Cutter

¹GAVRILIN *Aleksey*, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, gawral@tpu.ru,

^{1*}KHAYRULLIN *Alexander*, post-graduate student, hayrullin1993@list.ru,

¹Tomsk Polytechnic University, Russia, 634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30,

*corresponding author.

Abstract. The purpose of the article is mathematical modeling and further research of the projected method of diagnostics of dynamic processes of vortex boring in order to determine the optimal processing mode. The design scheme of the technological system for vortex boring is given. The input parameters of the technological system for modeling cutting processes are determined. The values of the stiffness coefficients and damping coefficients for the technological system are determined. Systems of linear inhomogeneous differential equations for each element of the technological system are presented. Graphs of the dependence of the amplitude on time for displacement, velocity and acceleration are obtained. The spectrograms of displacement, velocity and acceleration are obtained separately for each node of the technological system, showing the dependence of the amplitude on the frequency.

Keywords: diagnostics, dynamic processes, vortex boring, displacement, speed, acceleration, lathe.

Introduction

The study of dynamic processes is an urgent task of our time. The cutting process is a complex process that takes place at high speeds, temperatures and pressures acting on the cutter and, as a result, on the machine tool-device-tool-detail (MDTD) [1]. To date, vortex boring is performed with a single-pass cutter,

but the use of multi-pass cutters will significantly improve the quality of processing the product due to the distribution of cutting forces among the cutting edges that are engaged, as well as increase productivity. However, the dynamics of vortex boring with the use of a multi-pass cutter head has not been fully studied, which is a big omission. The quality

of material processing can be improved by using structural and technological methods [2]. The most cost-effective method is the technological method. Therefore, it is relevant to build a mathematical model of dynamic processes that occur during the vortex boring of deep holes with a multi-pass cutter.

Research methods

Since some components of the lathe affect the quality of workpiece processing, it was decided to reduce the schematic diagram shown in Figure 1 to 6 of the most important components of the lathe. From the point of view of dynamics, it is necessary to take into account the mass, stiffness coefficient and damping coefficient of each node of the system under study. The system consists of a cam, a turning chuck, a headstock, a bed, a caliper and tools (Figure 1).

According to the calculation scheme of the technological system (Figure 1), a system of differential equations is compiled, the solution of which was carried out by the fourth-order Runge-Kutta method [3]. Notation in the system of differential equations:

- $F(t)$ – disturbing force, (N);
- $Fm_n = m_n a_n$ – inertia force, (N);
- $Fc_n = c_n x_n$ – the reaction force of the support, (N);
- $Fh_n = h_n V_n$ – elastic force, (N);
- m_n – unit weight, (kg);
- a_n – acceleration, (mm/s²);
- c_n – stiffness coefficient, (N/m);
- x_n – displacement, (mm);
- h_n – damping coefficient, (N·s/m);
- V_n – speed, (mm/s).

When modeling, the harmonic law of changing the disturbing force is adopted [3]:

$$F(t) = A * \sin(\omega * t). \tag{1}$$

where A – the amplitude of the disturbing force is equal to the value of the eccentricity of the eccentric shaft, (mm);
 ω – angular frequency (frequency), rad/s (Hz);
 t – time, (s).

The assumption about the harmonic law of the action of the cutting force is accepted in this work

from the consideration of identifying the reaction of the elements of the technological system to such an impact [4], as well as the fact that the signal form $F(t)$ during the spectral transformation will have a fundamental harmonic at the specified frequency ω [5].

Results and discussion

The system of linear inhomogeneous differential equations takes the following form:

An external force directly affects the chuck and the tool holder, which allows you to create equations:

$$F(t) = Fm_1 + Fc_1 + Fh_1, \tag{2}$$

$$F(t) = m_1 a_1 + c_1(x_1 - x_2) + h_1(V_1 - V_2), \tag{3}$$

$$F(t) = Fm_6 + Fc_6 + Fh_6, \tag{4}$$

$$F(t) = m_6 a_6 + c_6(x_6 - x_5) + h_6(V_6 - V_5). \tag{5}$$

From the tool holder, the force is transferred to the caliper, and from the workpiece to the cartridge:

$$Fc_6 + Fh_6 = Fm_5 + Fc_5 + Fh_5, \tag{6}$$

$$c_6(x_6 - x_5) + h_6(V_6 - V_5) = m_5 a_5 + c_5(x_5 - x_4) + h_5(V_5 - V_4), \tag{7}$$

$$Fc_1 + Fh_1 = Fm_2 + Fc_2 + Fh_2, \tag{8}$$

$$c_1(x_1 - x_2) + h_1(V_1 - V_2) = m_2 a_2 + c_2(x_2 - x_3) + h_2(V_2 - V_3). \tag{9}$$

The cartridge transfers the force to the front headstock:

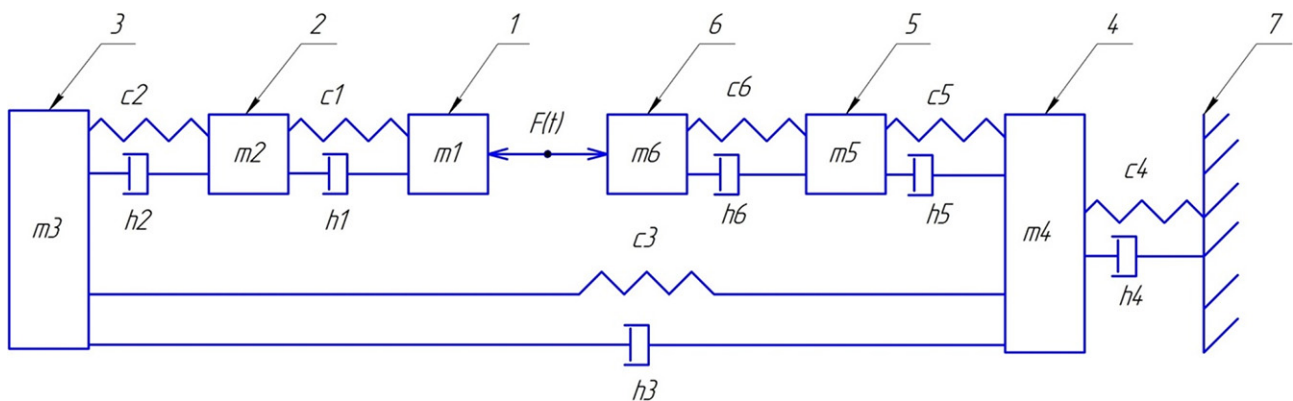
$$Fc_2 + Fh_2 = Fm_3 + Fc_3 + Fh_3, \tag{10}$$

$$c_2(x_2 - x_3) + h_2(V_2 - V_3) = m_3 a_3 + c_3(x_3 - x_4) + h_3(V_3 - V_4). \tag{11}$$

The headstock and the caliper are mounted on the frame and transmit the total force to it:

$$Fc_3 + Fh_3 + Fc_5 + Fh_5 = Fm_4 + Fc_4 + Fh_4, \tag{12}$$

$$c_3(x_3 - x_4) + h_3(V_3 - V_4) + c_5(x_5 - x_4) + h_5(V_5 - V_4) = m_4 a_4 + c_4 x_4 + h_4 V_4. \tag{13}$$



1 – blank; 2 – turning chuck; 3 – headstock; 4 – bed; 5 – caliper; 6 – tools; 7 – cam

Figure 1 – Calculation scheme of the technological system

The values of the parameters of the mathematical model are entered into the MatLab software (Figure 2).

A system of linear inhomogeneous differential equations is written in MatLab (Figure 3).
According to the specified parameters, the

Table of values						
Weight, kg	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6
	5	20	150	620	60	8
Stiffness coefficient, 10^6 N/m	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6
	100	80	90	300	15	35
Damping coefficient, N·s/m	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6
	80	100	300	100	80	70

```

Editor - G:\массовые системы для диссера\диссер\правильные массы и жесткости станков\sixmass3spectr.m
sixmass3spectr.m x sixmass3.m x +
27 - A=0.005; % M
28 - m1=5; % кг
29 - m2=20;
30 - m3=150;
31 - m4=620;
32 - m5=60;
33 - m6=8;
34
35 - h1=80; %
36 - h2=100;
37 - h3=300;
38 - h4=100;
39 - h5=80;
40 - h6=70;
41
42 - C1=80000000; % H/M
43 - C2=60000000;
44 - C3=90000000;
45 - C4=300000000;
46 - C5=15000000;
47 - C6=35000000;
    
```

Figure 2 – The values of the parameters of the mathematical model are entered into the MatLab software

```

49 % natural frequencies
50 - f1=sqrt(C1/m1)/(2*pi)
51 - f2=sqrt((C1+C2)/m2)/(2*pi)
52 - f3=sqrt((C2+C3)/m3)/(2*pi)
53 - f4=sqrt((C3+C4+C5)/m4)/(2*pi)
54 - f5=sqrt((C5+C6)/m5)/(2*pi)
55 - f6=sqrt((C6)/m6)/(2*pi)
56
57 - f=10; % Gz
58 - w=f*2*pi; % conversion to radians % must be placed before the equation!
59 - F=A*sin(w*t);
60
61 - a1=(F-h1*(V1-V2)-C1*(x1-x2))/m1;
62 - a2=(C1*(x1-x2)+h1*(V1-V2)-h2*(V2-V3)-C2*(x2-x3))/m2;
63 - a3=(C2*(x2-x3)+h2*(V2-V3)-h3*(V3-V4)-C3*(x3-x4))/m3;
64 - a4=(C3*(x3-x4)+h3*(V3-V4)+C5*(x5-x4)+h5*(V5-V4)-C4*x4-h4*V4)/m4;
65 - a5=(C6*(x6-x5)+h6*(V6-V5)-h5*(V5-V4)-C5*(x5-x4))/m5;
66 - a6=(F-C6*(x6-x5)+h6*(V6-V5))/m6;
    
```

Figure 3 – A system of linear inhomogeneous differential equations in MatLab

results of displacement, velocity and acceleration are obtained, shown in Figures 4-6.

We will construct spectrograms of displacement, velocity and acceleration separately for each node of the technological system (Figure 7-12).

From the data obtained, which are clearly presented in Figures 7-12, the efficiency of the mathematical model is observed, therefore, this mathematical model can allow comparative analyses of subsequent experiments by changing the input

parameters.

Conclusions

As a result of the conducted research, a mathematical model of the vortex boring process is theoretically investigated using a multi-pass cutter head to identify the natural frequencies of the bearing elements based on the results of which it is possible to determine the optimal processing modes.

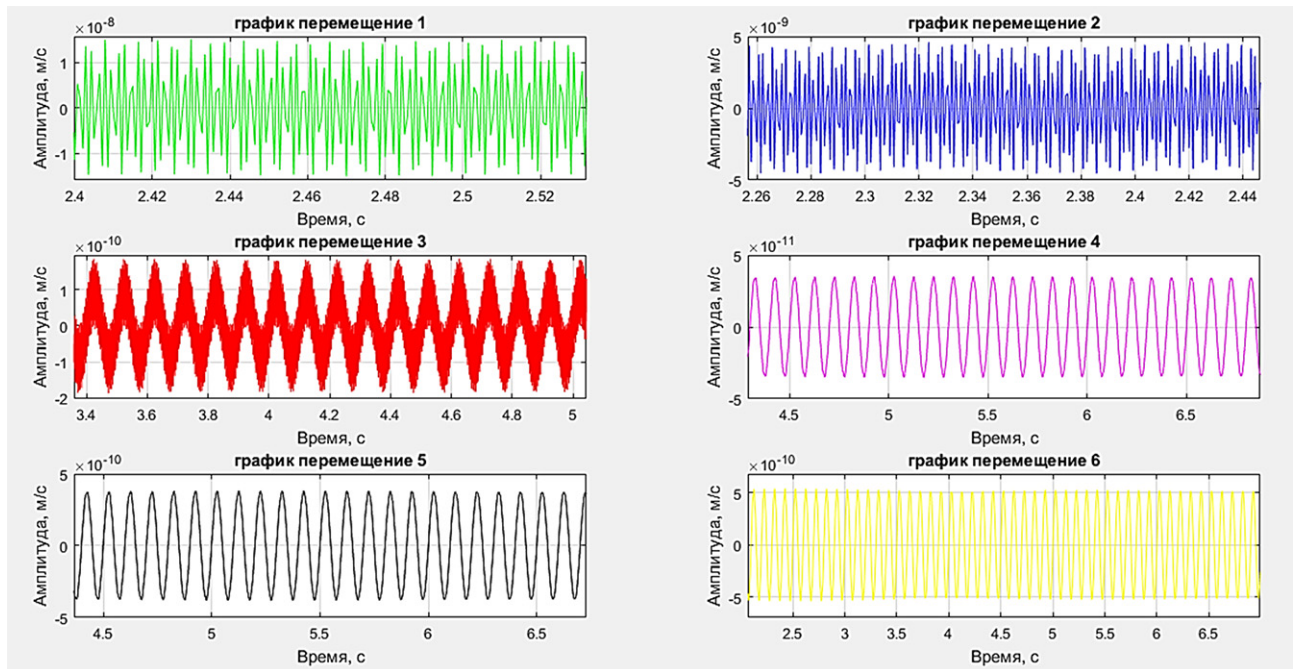


Figure 4 – Replacement

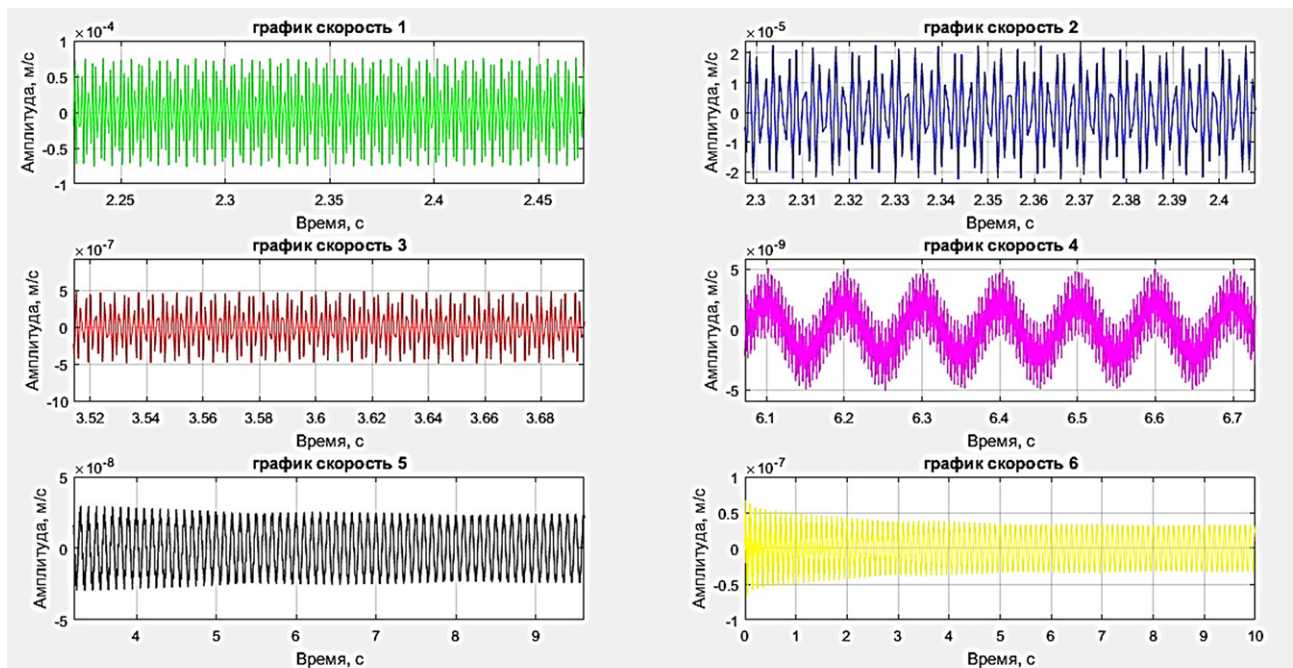


Figure 5 – Speed

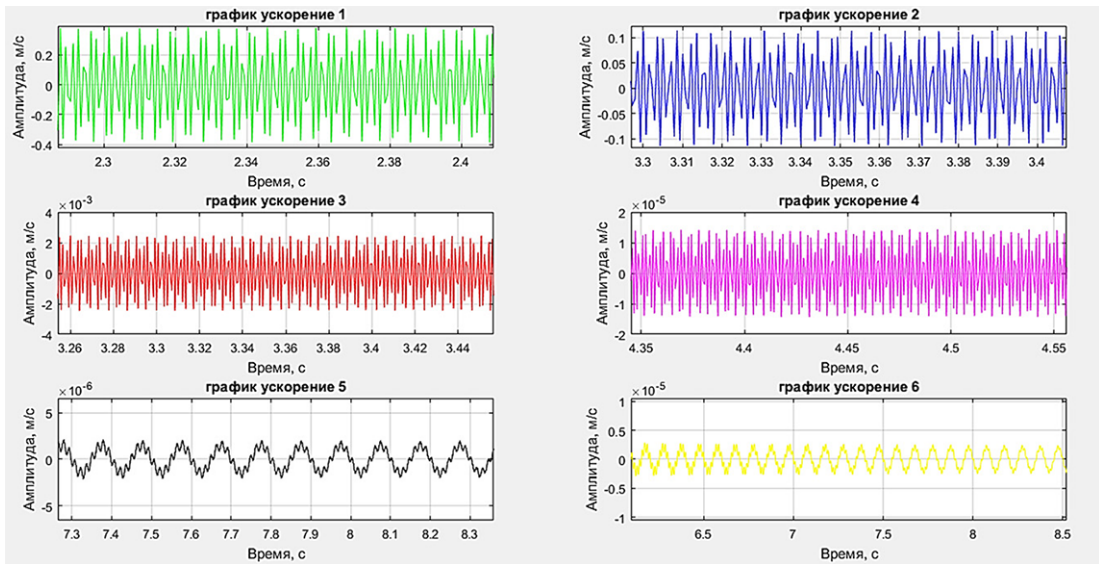


Figure 6 – Acceleration

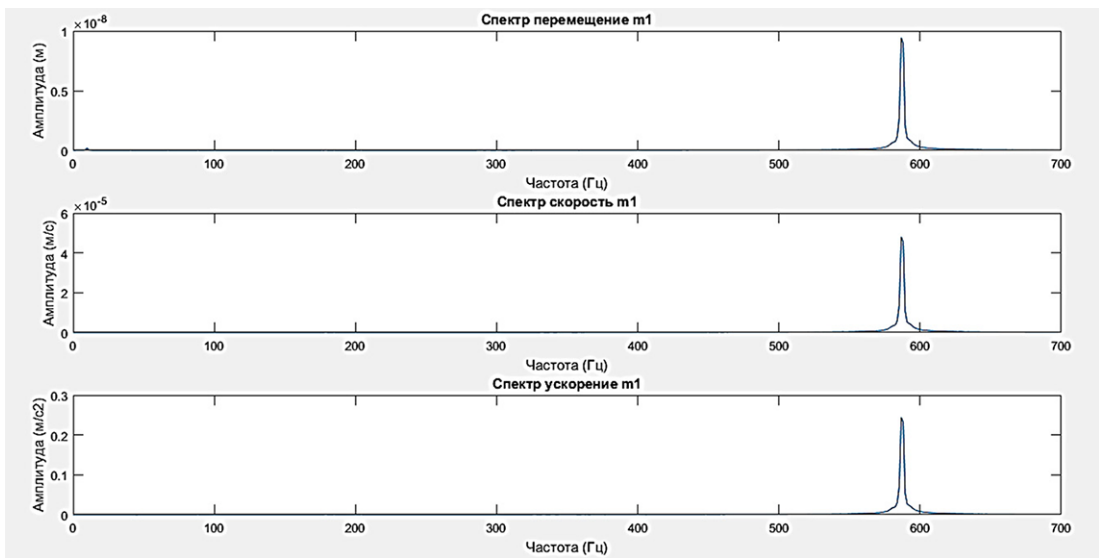


Figure 7 – Spectrograms of displacement, velocity and acceleration of the workpiece

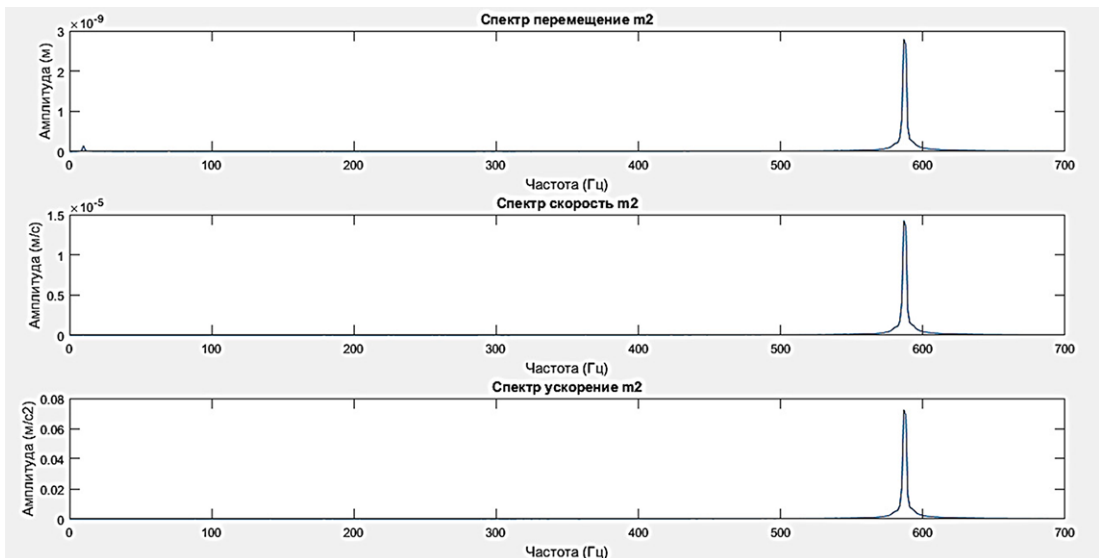


Figure 8 – Spectrograms of the movement, velocity and acceleration of the cartridge

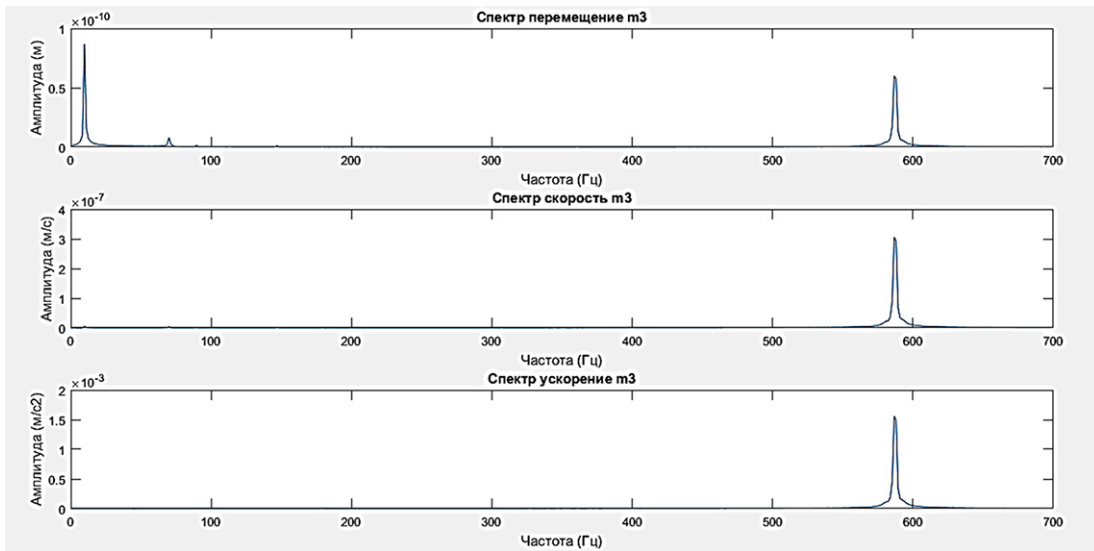


Figure 9 – Spectrograms of displacement, speed and acceleration of the headstock

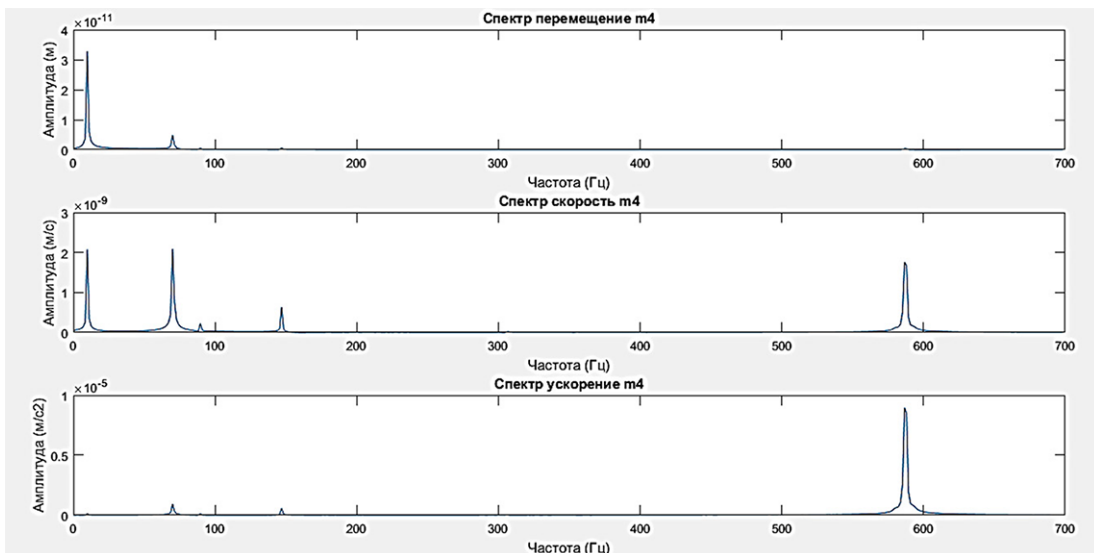


Figure 10 – Spectrograms of the replacement, speed and acceleration of the bed

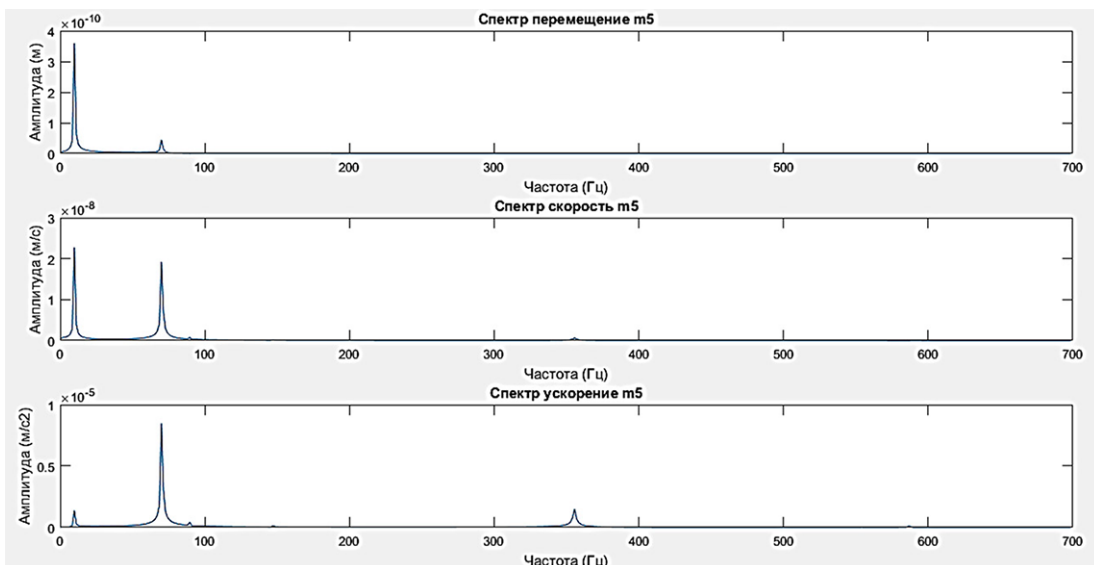


Figure 11 – Spectrograms of replacement, speed and acceleration of the caliper

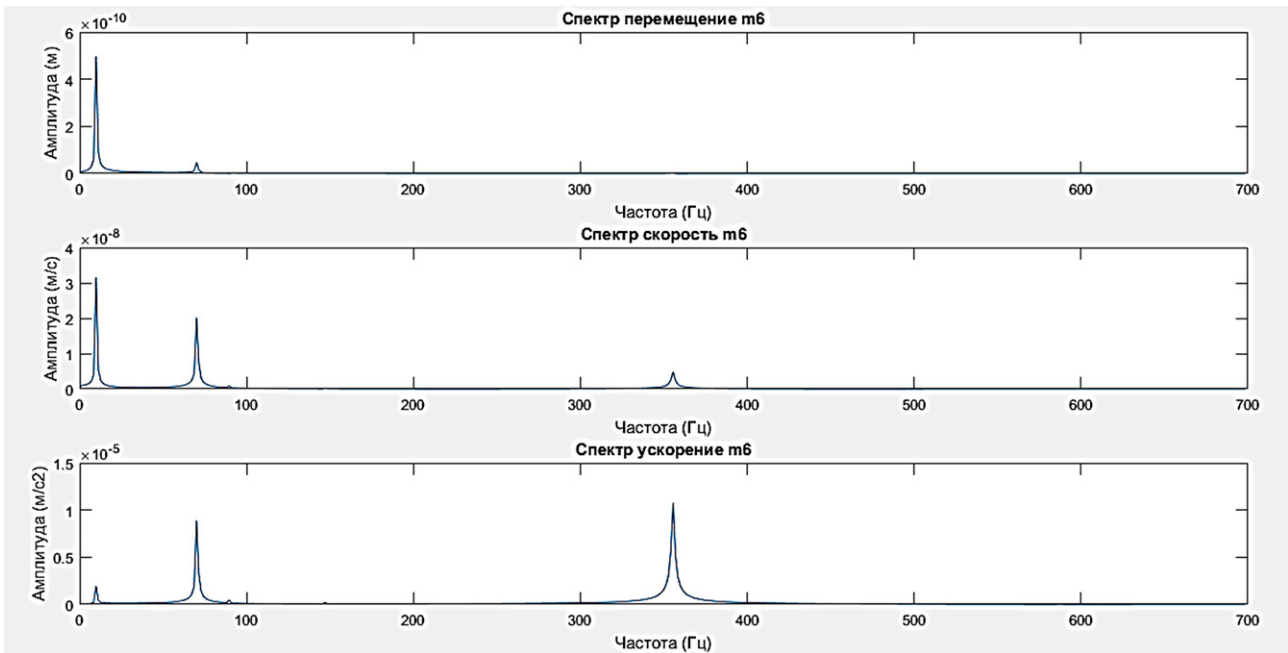


Figure 12 – Spectrograms of replacement, velocity and acceleration of the cam

REFERENCES

1. Grigor'yev S.N., Kozochkin M.P., Sabirov F.S., Sinopal'nikov V.A. Problemy tekhnicheskoy diagnostiki stanochnogo oborudovaniya na sovremennom etape razvitiya // Vestnik MGTU Stankin. – 2010. – № 4. – P. 27-36.
2. Gavrilin A.N., Mel'nov K.V., Khayrullin A.R., Glinenko Ye.V. // Issledovaniye pnevmaticheskogo gasitelya kolebaniy // Nerazrushayushchiy kontrol': elektronnoye priborostroyeniye, tekhnologii, bezopasnost': sbornik trudov VI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 3 t., Tomsk, 23-27 Maya 2016. – Tomsk: TPU, 2016. – T. 1 – P. 226-228.
3. Gavrilin A.N. Modeling of dynamic processes during machining // Fundamental research. – 2015. – No. 2 (part 20) – P. 4403-4407.
4. Kozochkin M.P., Gusev A.V., Porvatov A.N. Creation of portable mobile diagnostic systems for monitoring and debugging technological processes and machine-tool units // Vestnik MGTU STANKIN, 1 (13), 2011. – P. 42-47.
5. Bolotin V.V. Vibrations in technology. Volume 1. Oscillations of linear systems. – M.: Mechanical Engineering, 2015. – 727 p.

Вортекстің жұмыс өткіштегі кесікті түрі тесіктерді заңдату үшін динамикалық процестерді математикалық үлгілеу

¹ГАВРИЛИН Алексей Николаевич, т.ф.к., доцент, gawral@tpu.ru,

^{1*}ХАЙРУЛЛИН Александр Римович, аспирант, hayrullin1993@list.ru,

¹Томск политехникалық университеті, Ресей, 634050, Томск, Ленин даңғылы, 30,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақаланың мақсаты-өңдеудің оңтайлы режимін анықтау үшін құйынды бұрғылаудың динамикалық процестерін диагностикалаудың жобаланған әдісін математикалық модельдеу және одан әрі зерттеу. Құйынды бұрғылауға арналған технологиялық жүйенің жобалық схемасы келтірілген. Кесу процестерін модельдеуге арналған технологиялық жүйенің кіріс параметрлері анықталды. Технологиялық жүйе үшін қаттылық коэффициенттерінің және демпфирлеу коэффициенттерінің мәндері белгіленді. Технологиялық жүйенің әр элементі үшін сызықты гетерогенді дифференциалдық теңдеулер жүйесі келтірілген. Амплитуданың қозғалыс, жылдамдық және үдеу уақытына тәуелділік графиктері алынды. Амплитуданың жиілікке тәуелділігін көрсететін технологиялық жүйенің әр түйіні үшін қозғалыс, жылдамдық және үдеу спектрограммалары алынды.

Кілт сөздер: диагностика, динамикалық процестер, құйынды бұрғылау, қозғалу, жылдамдық, үдеу, токарлық станок.

Математическое моделирование динамических процессов, происходящих при вихревом растачивании глубоких отверстий многопроходным резцом

¹ГАВРИЛИН Алексей Николаевич, к.т.н., доцент, gawral@tpu.ru,

^{1*}ХАЙРУЛЛИН Александр Римович, аспирант, hayrullin1993@list.ru,

¹Томский политехнический университет, Россия, 634050, Томск, пр. Ленина, 30,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Целью статьи является математическое моделирование и дальнейшее исследование проектируемого метода диагностики динамических процессов вихревого растачивания с целью определения оптимального режима обработки. Приведена расчетная схема технологической системы для вихревого растачивания. Определены входные параметры технологической системы для моделирования процессов резания. Установлены значения коэффициентов жесткости и коэффициентов демпфирования для технологической системы. Приведены системы линейных неоднородных дифференциальных уравнений для каждого элемента технологической системы. Получены графики зависимости амплитуды от времени для перемещения, скорости и ускорения. Получены спектрограммы перемещения, скорости и ускорения отдельно для каждого узла технологической системы, показывающие зависимость амплитуды от частоты.

Ключевые слова: диагностика, динамические процессы, вихревое растачивание, перемещение, скорость, ускорение, токарный станок.

REFERENCES

1. Grigor'yev S.N., Kozochkin M.P., Sabirov F.S., Sinopal'nikov V.A. Problemy tekhnicheskoy diagnostiki stanochnogo oborudovaniya na sovremennom etape razvitiya // Vestnik MGTU Stankin. – 2010. – № 4. – P. 27-36.
2. Gavrilin A.N., Mel'nov K.V., Khayrullin A.R., Glinenko Ye.V. // Issledovaniye pnevmaticheskogo gasitelya kolebaniy // Nerazrushayushchiy kontrol': elektronnoye priborostroyeniye, tekhnologii, bezopasnost': sbornik trudov VI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 3 t., Tomsk, 23-27 Maya 2016. – Tomsk: TPU, 2016. – T. 1 – P. 226-228.
3. Gavrilin A.N. Modeling of dynamic processes during machining // Fundamental research. – 2015. – No. 2 (part 20) – P. 4403-4407.
4. Kozochkin M.P., Gusev A.V., Porvatov A.N. Creation of portable mobile diagnostic systems for monitoring and debugging technological processes and machine-tool units // Vestnik MGTU STANKIN, 1 (13), 2011. – P. 42-47.
5. Bolotin V.V. Vibrations in technology. Volume 1. Oscillations of linear systems. – M.: Mechanical Engineering, 2015. – 727 p.

Дөңгелек пішінді кескіштергі параметрлеу

^{1*}КАСЕНОВ Асылбек Жумабекович, т.ғ.к., профессор, asylbek_kasenov@mail.ru,

¹МАЗДУБАЙ Асылхан Владимирович, PhD, қауымдастырылған профессор, asylkhan_m@mail.ru,

¹ИТЫБАЕВА Галия Тулеубаевна, т.ғ.к., профессор, galia-itibaeva@mail.ru,

¹МУСИНА Жанара Керейовна, т.ғ.к., профессор, mussina_zhanara@mail.ru,

¹ТАСКАРИНА Айжан Жумажановна, PhD, қауымдастырылған профессор, aya_taskarina@mail.ru,

¹Торайғыров университеті, Қазақстан, 140008, Павлодар, Ломов көшесі, 64,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақалада негізгі сызығы бар дөңгелек пішінді кескіштерді жобалаудың параметрленуі қарастырылады. Жобалаудың параметрленуі бөліктің пішінді профиліне байланысты, бірыңғай тәсілді қолдануға және есептеуді оңай автоматтандыруға мүмкіндік береді. Зерттеудің мақсаты жобалау уақытын қысқарту және өндірісті технологиялық дайындау үшін параметрлендіруді пайдалана отырып, жобалау сапасын арттыру болып табылады. Параметрлеу өндіріс талаптарына байланысты бөліктің өлшемі мен конфигурациясын өзгертуге мүмкіндік береді. Дөңгелек пішінді кескішті параметрлік жобалау кезінде профильдеу уақыты қысқарады, сапасы жақсарады, өнімділігі мен тиімділігі артады.

Кілт сөздер: дөңгелек пішінді кескіш, графикалық профильдеу, параметрлеу, АЖЖ, 3D моделі.

Кіріспе

Базалық сызығы бар пішінді кескіштерді есептеудің қолданыстағы әдістері әмбебаптығымен ерекшеленбейді және кескіштің әр профилі үшін бөлек есептеу схемасы қажет. Кескіш құрал-саймандар, атап айтқанда, пішінді кескіштер бойынша әдебиетте базалық сызығы бар пішінді кескіштерді графикалық кескіндеу жоқ [1-3].

Кейбір дереккөздерде, пішінді кескіштің профилін түзету есебі келтірілген, ол көлденең жазықтықтағы түйін нүктелері арасындағы проекциялар арқылы пішінді кескіштің түйін нүктелерінің радиусын анықтауға негізделген [4-6]. Сонымен қатар, есептеу схемасы бірыңғай емес, бірақ әр профиль үшін қатаң жеке, бұл бірыңғай есептеу алгоритмін құруға және есептеуді автоматтандыруға мүмкіндік бермейді.

Авторлар [5] негізгі сызығы бар пішінді кескіштерді графикалық және түзету аналитикалық есептеу әдісін әзірледі және алдыңғы бетін $\varepsilon_p > 0$ және $\varepsilon_b = \varepsilon_{np} > 0$ бұрыштарында қайрау кезінде және сыртқы өңдеу үшін радиалды (базалық сызықпен) беру кезінде қолданылады.

Базалық сызығы бар пішінді кескіштерді есептеудің ұсынылған әдісінің ерекшелігі-есептеулердің жүйелілігі және автоматтандыру мүмкіндігі. Графикалық профильдеу қарапайым, көрнекі және АЖЖ бағдарламалық жасақтамасымен оңай жобаланады.

Автоматтандырылған жобалау жүйелерін енгізу металл кесетін құралдарды жобалау және пішіндеу әдіснамасында айтарлықтай өзгерістермен қатар жүреді [7-12].

Қолданбалы бағдарламалар инженерлердің кәсіби қызметінің ажырамас бөлігі болып табылады, сондықтан оларды игеру үшін біраз уақыт қажет [13].

Машинажасау өнімдерін автоматтандырылған жобалау жүйелерін дамытудағы негізгі бағыт параметрлік модельдеуді кеңінен қолданумен байланысты. Бұл өнімді жасау кезінде де, тиісті жобалық құжаттаманы жасау кезінде де күрделілікті едәуір азайтуға мүмкіндік береді.

Зерттеу әдістері

Дөңгелек пішінді кескіштің графикалық профилі әмбебап есептеу схемасына негізделген, есептеуді оңай автоматтандыруға және параметрлеуге болады.

Графикалық пішіндеудің жаңа тәсілін қолдану кезінде, фасонды кескіштің жұмыс жағдайындағы үш проекциясы және алдыңғы бетінің бойымен дайындаманың осіне перпендикуляр жазықтықтағы көлденең жазықтыққа γ (алдыңғы бұрыш) бұрышпен бағытталған К көрсеткі бойынша бір түрі қарастырылады (1-сурет).

Бүгінгі таңда компьютерлік автоматтандырусыз заманауи бәсекеге қабілетті техниканы шығару мүмкін емес. Машинажасаудағы АЖЖ конструкторлық, технологиялық жұмыстарды, өндірісті технологиялық дайындау бойынша жұмыстарды жүргізу үшін пайдаланылады. АЖЖ көмегімен сызбалар жасалады, өнімді және құрастыру процесін үш өлшемді модельдеу жүзеге асырылады, көмекші жабдықтар, мысалы, мөрлер мен қалыптар жобаланады, сандық басқарылатын

(СББ) станоктар үшін технологиялық құжаттама және басқару бағдарламалары (ББ) жасалады, мұрағат жүргізіледі.

Қазіргі заманғы АЖЖ автоматтандырылған жобалау, технологиялық дайындық, инженерлік бұйымдарды талдау және өндіру, техникалық құжаттаманы электронды басқару үшін қолданылады. АЖЖ-ны кәсіпорынды басқарудың автоматтандырылған жүйесімен біріктіру бірыңғай ақпараттық кешен құруға мүмкіндік береді [8].

Зерттеудің мақсаты жобалау сапасын жақсарту жобалау мерзімдерін қысқарту және өндірісті технологиялық дайындау үшін параметрлендіруді қолдану.

Нәтижелер мен талқылаулар

Графикалық профильдеу үшін алдымен профильдеу схемасының алдыңғы проекциясына негізгі сызық салу керек (1-сурет, 3-6 сызығы бөліктің осі арқылы өтетін көлденең жазықтықта орналасқан, бөліктің конусының құраушысына сәйкес келеді). Осыдан кейін пішінді кескішті графикалық профильдеу басталады. Жүйелеу үшін графикалық профильдеу 12 қадамға бөлінге [5].

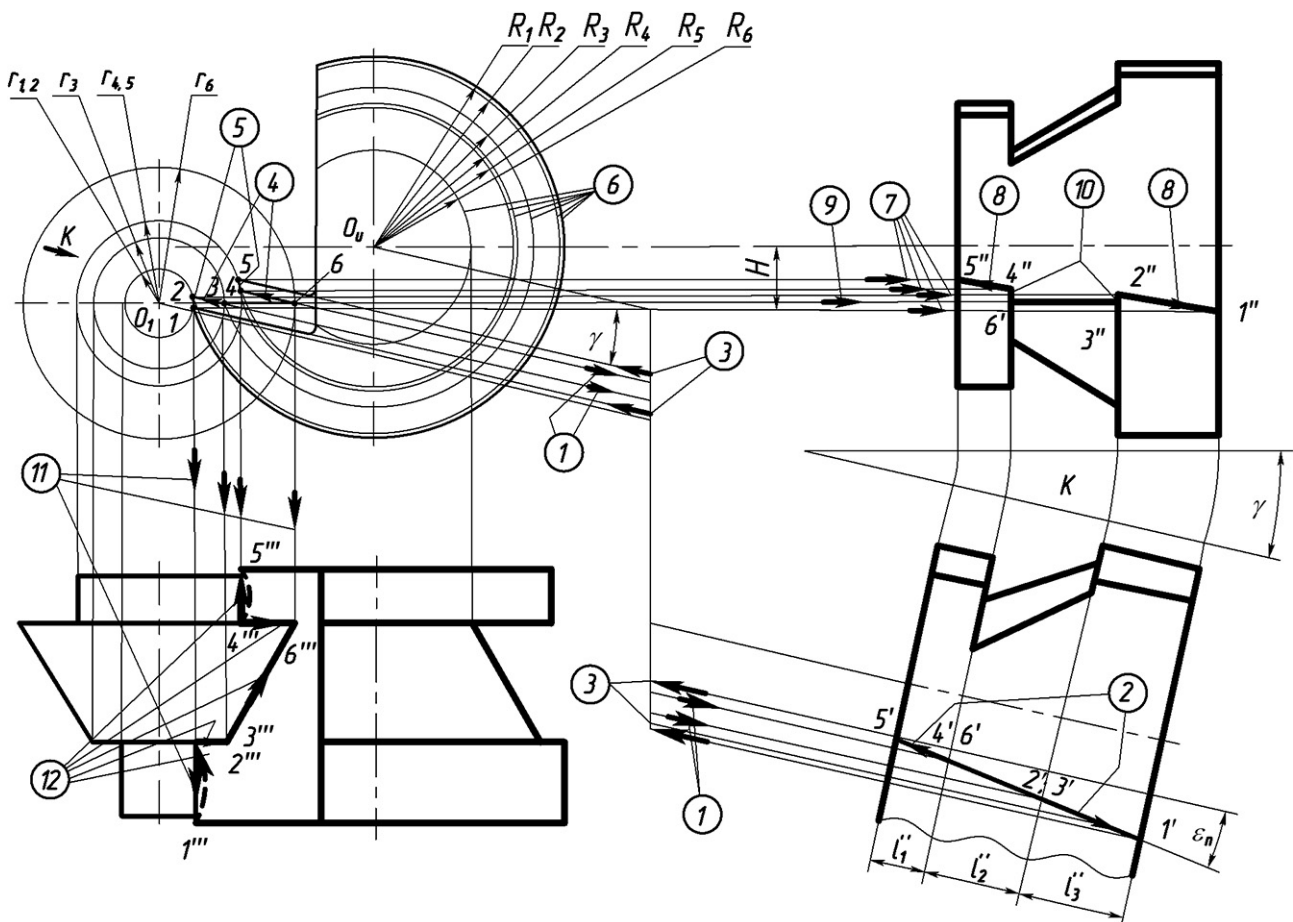
Алдыңғы беттің көлбеу жазықтығындағы $\varepsilon_B = \varepsilon_{пр}$ пішінді кескіштің кесу жиегіне цилиндр бөлшектің құраушысына қатысты (көлденең жа-

зықтық) эллипс сызығына сәйкес келеді (цилиндрдің көлбеу жазықтықпен қимасы).

Пішінді кескіштің кесу жиегі осы бөлімде эллиптикалық, иілген болуы керек. Кесу аймағында осы жағдайларды қамтамасыз ету және бөлшектерге берілген цилиндрді алу үшін пішінді кескішті түпкілікті профильдеу $\varepsilon_B = \varepsilon_{пр}$ бұрышымен пішінді кескіштің алдыңғы бетіне қатысты тегістеу шеңберінің осін орната отырып, бөліктің цилиндрлік бөлігінің радиусына тең радиусы бар диск (саусак) тегістелген шеңбермен жүзеге асырылуы тиіс.

Бұл жағдайда өңдеудің теориялық дәлдігі қамтамасыз етіледі және қате енгізілмейді. Дегенмен, берілген диаметрдегі (радиуста) тегістеу шеңберін таңдап алу әрдайым мүмкін емес. Сондықтан пішінді кескіштің пышағының кесу жиегінің пішінін алудың тағы бір әдісі – пішінді кескішті кез-келген диаметрлі диск шеңберімен тегістеу, ол есептеуге сәйкес профильденген, бұл профильдеу әдісінің қателігін теориялық тұрғыдан жояды.

Кесу жиегіндегі пішінді кескішті есептеу кезінде кескіштің (бөліктің) осі бойымен олардың арасында белгілі бір қадам бар нүктелер сериясы таңдалады. Бұл нүктелер үшін 1, 2, 4 және 5 түйіндік нүктелер үшін төменде ұсынылған әдіске сәй-



1-сурет – Базалық сызығы бар дөңгелек пішінді кескішті графикалық кескіндеу

кес пішінді кескіштің тиісті радиусы есептеледі.

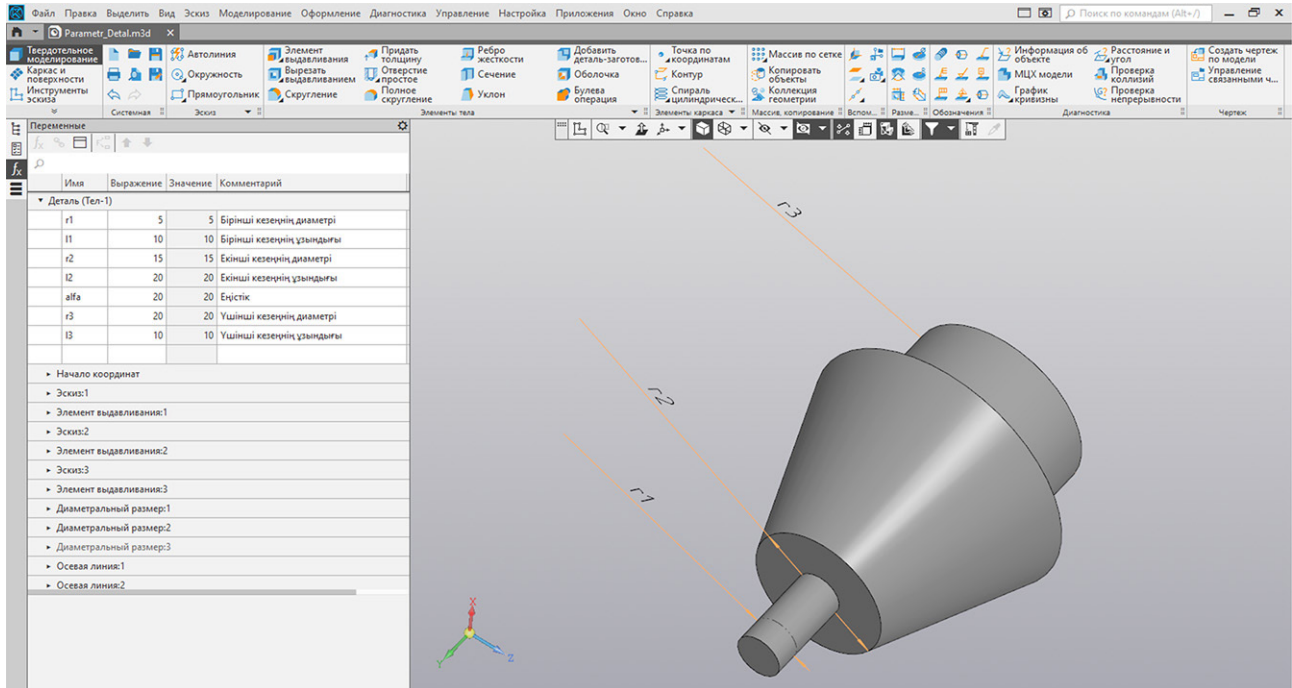
Осылайша, графикалық профильдеу алынды және параметрлер есептелді – он екі қадам.

Әдістемеге сәйкес [5] Компас 3D бағдарламалық жасақтамасын қолдана отырып, дөңгелек пішінді кескіштің параметрлік жобасын орындаймыз. Алдын ала, айнымалыларды қолдана отырып (кесте), жасалған бөлшектің (2-сурет) па-

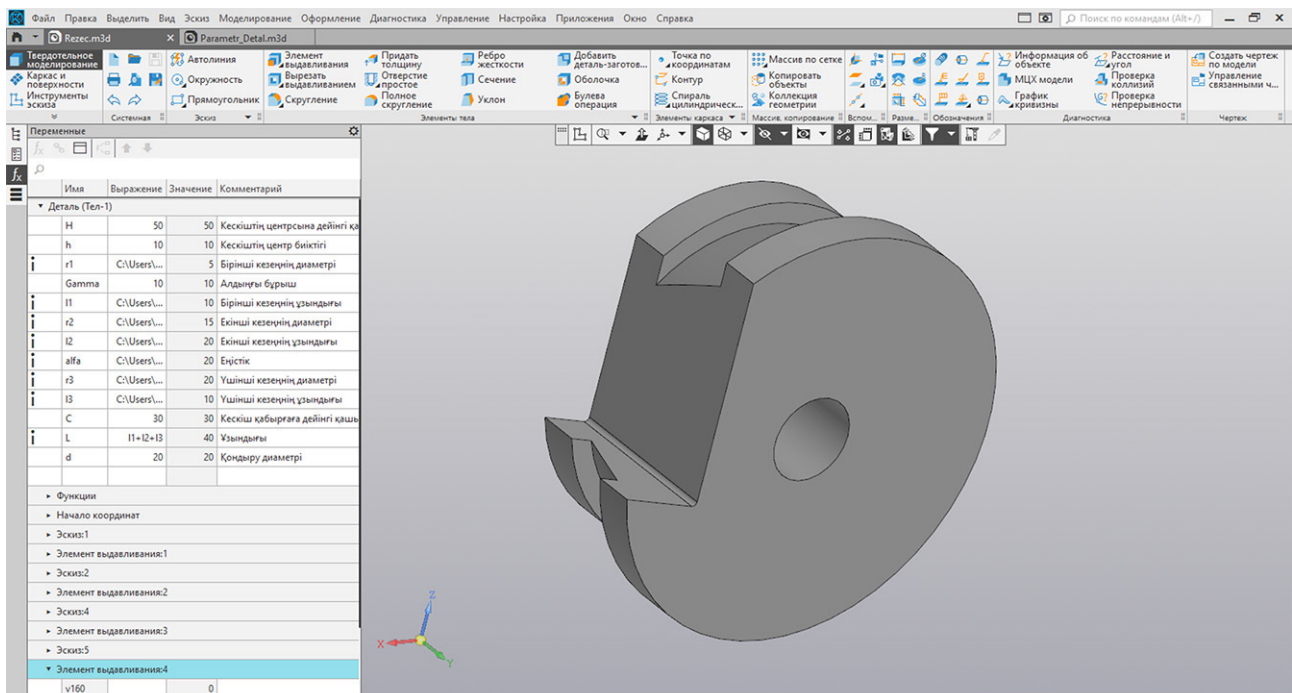
раметрлік 3D модельдеуді орындаймыз.

Айнымалылар өндіріс талаптарына сәйкес бөлiктің өлшемі мен конфигурациясын өзгертуге мүмкіндік береді.

Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, дөңгелек пішінді кескішті параметрлік жобалау кезінде профильдеу уақыты қысқарады, сапасы жақсарады, өнімділігі мен тиімділігі артады.



2-сурет – Дайындалған бөлшектің 3D моделі



3-сурет – Дөңгелек пішінді кескіштің 3D моделі

3D модельдің айнымалылары			
№ п/п	Атауы	Белгіленуі	Мәні
1	Бірінші кезеңнің диаметрі	r_1	5
2	Бірінші кезеңнің ұзындығы	l_1	10
3	Екінші кезеңнің диаметрі	r_2	15
4	Екінші кезеңнің ұзындығы	l_2	20
5	Еңістік	α	20
6	Үшінші кезеңнің диаметрі	r_3	20
7	Үшінші кезеңнің ұзындығы	l_3	10

Қорытындылар

Он екі кезеңнен тұратын дөңгелек пішінді кескішті жобалаудың параметрленуі жүйелілік пен бірізділіктен тұрады, бұл дөңгелек пішінді кескіштерді базалық сызықпен есептеудің күрделілігін төмендетеді, бұл құрылған параметрлік модельде өлшем мәндерін және бөліктің конфигурациясын қарапайым өзгерту арқылы жылдам өңдеуге мүмкіндік береді, осылайша дизайнның

сапасы, өнімділігі және тиімділігі артады.

Қаржыландыру. Зерттеулер ҚР БҒМ Ғылым комитеті қаржыландыратын ИРН АР09058231 «Ресурс-энергия үнемдейтін металл кесетін құралдарды зерттеу және жобалау» жобасы бойынша 2021-2023 жылдарға арналған жас ғалымдарды гранттық қаржыландыру шеңберінде орындалды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- Схиртладце А.Г., Чупина Л.А., Пульбере А.И., Гречишников В.А. Формообразующие инструменты в машиностроении. – М.: Новое знание, 2006. – 557 с.
- Кишунов В.М., Черников П.П. Проектирование режущего инструмента в машиностроении. – М.: Издательство МАИ, 2006. – 159 с.
- Фельдштейн Е.Э. Режущий инструмент. – Минск: Новое знание, 2007. – 400 с.
- Volkov A.E., Medvedev V.I. Synthesis and Analysis Problems of Profiling the Tool for Grinding Helical Surfaces // Bulletin of Kalashnikov ISTU. – 2017. – Т. 20. – №. 2. – С. 51-54.
- Дудак Н.С., Касенов А.Ж., Итыбаева Г.Т., Мусина Ж.К. Расчёт профиля круглого фасонного резца // Сборник трудов VIII Международной научно-практической конференции: Инновации в машиностроении – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2017. – С. 212-218.
- Смирнов М.Ю., Киреев Г.И., Демидов В.В. Расчет и проектирование фасонных резцов. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 77 с.
- Ромашев А.Н., Овчаренко А.Г., Смирнов В.В., Фирсов А.М. Проектирование фасонных резцов в графической среде // Сборник трудов IX Международной научно-практической конференции: Инновации в машиностроении – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2018. – С. 212-216.
- Kassenov A.Zh, Zhanbulatova L.D., Aidarkhanov D.A. Applications in Engineering // Наука и техника Казахстана. – 2016. – № 3-4. – С. 75-81.
- Стенин В.А. Энергосберегающее профилирование режущего инструмента // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2015. – № 2 (63). – С. 36-38.
- Ковалева Л.И., Заставский К.О. Особенности профилирования круглых фасонных резцов в Autodesk Inventor // Велес. – 2017. – № 5-1 (47). – С. 54-58.
- Гусев В.А., Петровский В.С., Померанцев М.А. Моделирование фасонных токарных резцов в САПР Pro/Engineer. – 2015.
- Баландин А.Д., Мишкин С.В. Расчет фасонных резцов врезного типа с помощью графического пакета «КОМПАС 3D V8» // СТИН. – 2007. – № 1. – С. 13-19.
- Касенов А.Ж., Жанбулатова Л.Д. Обзор и анализ возможностей прикладных программ // САПР и графика. 2017. – № 2. – С. 34-36.

Параметризация проектирования круглых фасонных резцов

¹*КАСЕНОВ Асылбек Жумабекович, к.т.н., профессор, asylbek_kasenov@mail.ru,

¹МАЗДУБАЙ Асылхан Владимирович, PhD, ассоциированный профессор, asylkhan_m@mail.ru,

¹ИТЫБАЕВА Галия Тулеубаевна, к.т.н., профессор, galia-itibaeva@mail.ru,

¹МУСИНА Жанара Керейовна, к.т.н., профессор, mussina_zhanara@mail.ru,

¹ТАСКАРИНА Айжан Жумажановна, PhD, ассоциированный профессор, aya_taskarina@mail.ru,

¹Торайгыров университет, Казахстан, 140008, Павлодар, ул. Ломова, 64,

*автор-корреспондент.

Аннотация. В статье рассматривается параметризация проектирования круглых фасонных резцов с базовой линией. Параметризация проектирования, в зависимости от фасонного профиля детали позволяет применить унифицированный подход и легко автоматизировать расчёт. Целью исследования является повышение качества проектирования с использованием параметризации для сокращения сроков проектирования и технологической подготовки производства. Параметризация позволяет изменять размеры и конфигурацию детали в зависимости от требований производства. При параметрическом проектировании круглого фасонного резца сокращается время на профилирование, улучшается качество, повышаются производительность и эффективность.

Ключевые слова: круглый фасонный резец, графическое профилирование, параметризация, САПР, 3D-модель.

The Parameterization of Designing Round Forming Cutters

¹*KASSENOV Assylbek, Cand. Tech. Sci., Professor, asylbek_kasenov@mail.ru,

¹MAZDUBAI Assylkhan, PhD, Associate Professor, asylkhan_m@mail.ru,

¹ITYBAYEVA Galiya, Cand. Tech. Sci., Professor, galia-itibaeva@mail.ru,

¹MUSSINA Zhanara, Cand. Tech. Sci., Professor, mussina_zhanara@mail.ru,

¹TASKARINA Aizhan, PhD, Associate Professor, aya_taskarina@mail.ru,

¹Toraighyrov University, Kazakhstan, 140008, Pavlodar, Lomov Street, 64,

*corresponding author.

Abstract. The article discusses the parameterization of the design of round shaped cutters with a baseline. Parameterization of the design, depending on the shaped profile of the part, allows you to apply a unified approach and easily automate the calculation. The aim of the research is to improve the quality of design using parameterization to reduce the design time and technological preparation of production. Parameterization allows you to change the dimensions and configuration of the part depending on the production requirements. Parametric design of a round shaped cutter reduces the time for profiling, improves quality, increases productivity and efficiency.

Keywords: round shaped cutter, graphic profiling, parameterization, CAD, 3D model.

REFERENCES

1. Shirladze A.G., Chupina L.A., Pul'bere A.I., Grechishnikov V.A. Formoobrazujushhie instrumenty v mashinostroenii [Forming tools in mechanical engineering]. Moscow: Publ. Novoe znanie, 2006. – 557 p.
2. Kishurov V.M., Chernikov P.P. Proektirovanie rezhushhego instrumenta v mashinostroenii [Design of cutting tools in mechanical engineering]. Moscow: Publ. MAI, 2006. – 159 p.
3. Fel'dshtejn E.Je. Rezhushhij instrument [Cutting tool]. Minsk: Publ. Novoe znanie, 2007. – 400 p.
4. Volkov A.E., Medvedev V.I. Synthesis and Analysis Problems of Profiling the Tool for Grinding Helical Surfaces //Bulletin of Kalashnikov ISTU. 2017. – Vol. 20. – no. 2. – pp. 51-54.
5. Dudak N.S., Kasenov A.Zh., Itybaeva G.T., Musina Zh.K. Raschjot profilja kruglogo fasonnogo rezca [Calculation of the profile of a round shaped cutter] // Sbornik trudov VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: Innovacii v mashinostroenii [Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference: Innovations in mechanical engineering]. Novosibirsk: Novosibirskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet, 2017. – pp. 212-218.
6. Smirnov M.Ju., Kireev G.I., Demidov V.V. Raschet i proektirovanie fasonnyh rezcov [Calculation and design of shaped cutters]. Ul'janovsk: Publ. UIGTU, 2011. – 77 p.
7. Romashev A.N., Ovčarenko A.G., Smirnov V.V., Firsov A.M. Proektirovanie fasonnyh rezcov v graficheskoy srede [Design of shaped cutters in a graphic environment] // Sbornik trudov IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: Innovacii v mashinostroenii [Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference: Innovations in mechanical engineering] – Barnaul: Altajskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet im. I.I. Polzunova, 2018. – pp. 212-216.
8. Kasenov A. Zh., Zhanbulatova L. D., Aidarkhanov D.A., Applications in Engineering // Nauka i tehnika Kazahstana – 2016 – no. 3-4 – pp. 75-81.
9. Stenin V.A. Jenergosberegajushhee profilirovanie rezhushhego instrumenta [Energy-saving profiling of cutting tools]. Vestnik Cherepoveckogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. – no. 2 (63). – pp. 36-38.
10. Kovaleva L.I., Zastavskij K.O. Osobennosti profilirovanija kruglyh fasonnyh rezcov v Autodesk Inventor [Features of profiling of round shaped cutters in Autodesk Inventor]. Veles. – 2017. – no. 5-1(47). – pp. 54-58.
11. Gusev V.A., Petrovskij V.S., Pomerancev M.A. Modelirovanie fasonnyh tokarnyh rezcov v SAPR Pro/Engineer [Modeling of shaped turning tools in CAD Pro/Engineer]. – 2015.
12. Balandin A.D., Mishkin S.V. Raschet fasonnyh rezcov vreznogo tipa s pomoshh'ju graficheskogo paketa "KOMPAS 3D V8" [Calculation of shaped incisors of the mortise type using the graphic package "COMPASS 3D V8"]. STIN. – 2007. – no. 1. – pp. 13-19.
13. Kasenov A.Zh., Zhanbulatova L.D. Obzor i analiz vozmozhnostej prikladnyh programm [Overview and analysis of application software capabilities]. SAPR i grafika. 2017. – no. 2. – pp. 34-36.

Расчет упругой муфты универсального устройства на базе токарного станка для реализации технологии фрезоточения

^{1*}МУСАЕВ Медгат Муратович, PhD, и.о. доцента, kstu_mmm@mail.ru,

²ШЕРОВ Карибек Тагаевич, д.т.н., профессор, shkt1965@mail.ru,

¹РАКИШЕВ Асет Каригулович, руководитель офиса коммерциализации, r_asset@mail.ru,

¹КАРСАКОВА Нургуль Жолаевна, докторант, karsakova-87@mail.ru,

¹Карагандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

¹Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Казахстан, 010011, Нур-Султан, пр. Женис, 62,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Целью статьи является выбор материала и основных геометрических параметров упругих элементов муфты путем аналитических расчетов и сравнения полученных значений. Муфта с дугообразными упругими элементами является основным ответственным узлом универсального устройства на базе токарного станка. Приводятся результаты расчета упругой муфты с дугообразными упругими элементами, которая является основным ответственным узлом универсального устройства. Для выполнения расчета были смоделированы общий вид устройства и муфта с дугообразными упругими элементами, а также определены геометрические параметры муфты. Результаты расчета показали, что данный узел обладает достаточной прочностью. В дальнейшем, учитывая сложную геометрию и характер нагружения упругих высокоэластичных элементов муфты, а также специфику материала, рекомендуется расчет напряженно-деформационного состояния муфты с помощью специальных компьютерных программ.

Ключевые слова: фрезоточение, термофрикционное фрезоточение, устройство, упругая муфта, окружное усилие, крутящий момент, прочность.

Введение и актуальность исследования

Улучшение и модернизация токарных процессов на протяжении большого количества времени, в том числе повышение производительности, как правило, находят свое применение в науке и технике, в области совершенствования инструментальных материалов [1]. Тем не менее, последующее увеличение скоростей резания в случае с использованием традиционных методов точения ставится под сомнение.

Например, при токарной обработке крупногабаритных длинных деталей тел вращения одной из основных причин, влияющих на качество и производительность резания, является возникновение ударной нагрузки на резец и образование сливной стружки различной формы и размеров [2].

С образованием многофункциональных токарных станков, оснащенных инструментальной головкой с собственным приводом, появилась возможность реализации технологии фрезоточения, которая устраняет указанные проблемы. Но при применении типичных торцовых фрез, оснащенных зубьями из твердых сплавов, возник

ает другой вопрос, связанный с себестоимостью реализации технологии фрезоточения. Применение высокопроизводительной технологии фрезоточения в условиях машиностроительных заводов Республики Казахстан также препятствует отсутствию многофункциональных токарных станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

В условиях машиностроительных предприятий, где в основном используется универсальное станочное оборудование, данная проблема еще усугубляется. Для решения вышеуказанных проблем авторами в рамках выполнения грантового проекта AP08956387 «Создание опытного образца универсального устройства на базе токарного станка для реализации технологии фрезоточения», финансируемого Министерством образования и науки РК, была разработана конструкция специального устройства на базе токарного станка для реализации технологии фрезоточения и термофрикционного фрезоточения. Одним из основных отличий термофрикционного фрезоточения является использование специальной фрикционной фрезы из неинструментального материала, взамен стандартных торцовых фрез [3,4].

В связи с этим разработана специальная модель устройства для реализации технологии фрезоточения и термофрикционного фрезоточения является **актуальной задачей**.

Методика исследования. Для выполнения расчета специальной упругой муфты универсального устройства на базе токарного станка для реализации технологии фрезоточения была разработана имитационная модель токарного станка со смонтированным на нем устройством, а также модель универсального устройства и специальной муфты с дугообразными упругими элементами. Определены геометрические параметры муфты. Упругие элементы муфты сделаны из технической пластины марки МБС-С (ГОСТ 7338-90). Расчет проводился по известной методике [5-7].

Расчет упругой муфты и обсуждение результатов. Одной из значительной составляющей большинства машин и оборудования являются разного рода муфты. Работа муфт должна быть стабильной и четкой, и именно от нее зависит надежность машин. Теоретические способы исследования занимают немаловажную роль, которые еще на стадии проектирования позволяют заложить в конструкцию необходимый и ценный уровень надежности, а также, в свою очередь, проанализировать действие конструктивных параметров на температурное и напряженно-деформированное состояние [8,9].

Теоретические методы расчета муфт с высокоэластичными элементами начали свое развитие совсем недавно. Именно в период намечившейся их стандартизации это проявилось особенно явно, тогда для разработчиков и создателей стандартов вопрос о создании технически обоснованных параметрических рядов муфт стал особо важным

и значимым, а также разработана первоклассных конструкций муфт.

На рисунке 1 показана модель общего вида токарного станка со смонтированным на нем устройством.

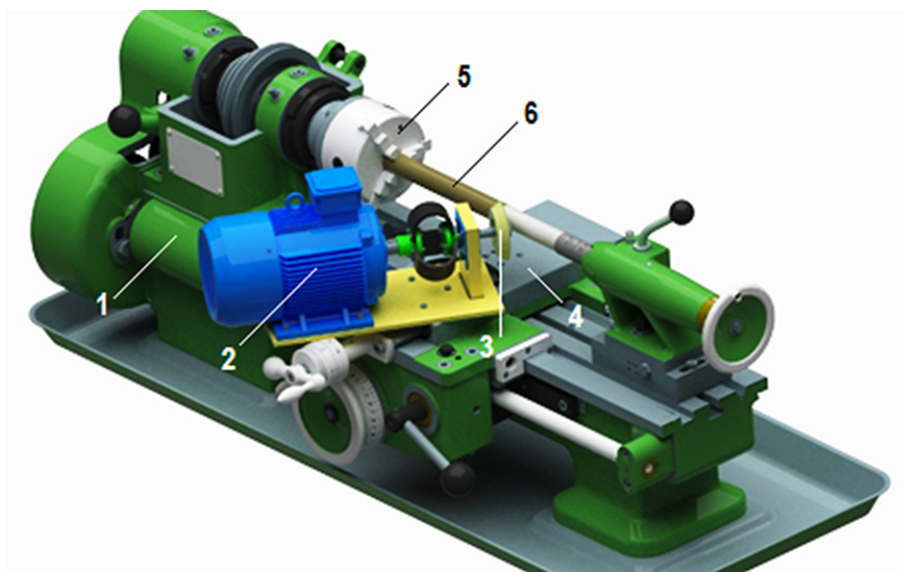
На рисунке 2 показаны общий вид устройства и муфта с дугообразными упругими элементами.

В конструкции рассматриваемого устройства для реализации технологии фрезоточения используется упругая муфта, являющаяся предохранительным и соединительным элементом, а также предназначенная для защиты элементов конструкции от разрушения при перезагрузке. В связи с чем необходимо произвести прочностной расчет муфты.

На рисунке 3 показаны геометрические параметры муфты.

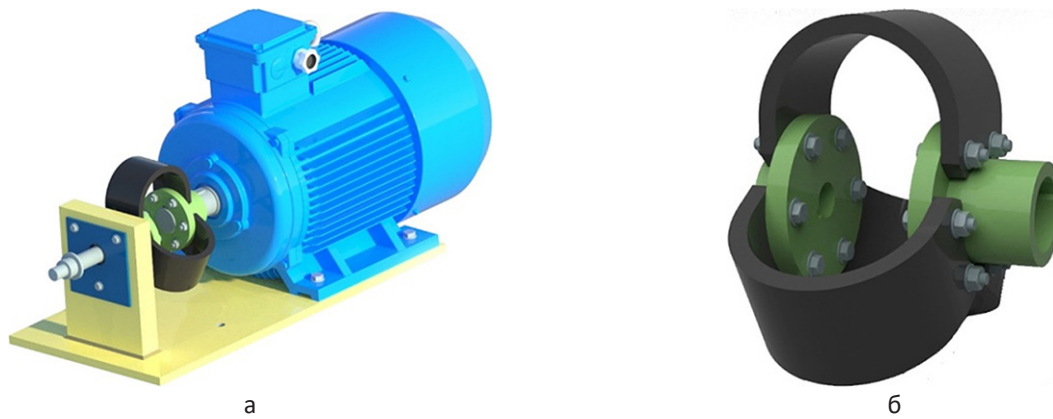
Муфта упругая с дугообразными упругими элементами состоит из 3 упругих элементов 1 и полумуфт 2 и 3, которые закрепляются болтовыми соединениями 4 (см. рисунок 3). Полумуфты устанавливаются на конец промежуточного вала и на вал электродвигателя. Вращательное движение на промежуточный вал передается с электродвигателя через муфту. Используемая муфта обладает малой податливостью из-за небольшой толщины резиновых втулок, тем самым компенсируя незначительные смещения валов. Также муфта используется при соединении машин с электродвигателями при передаче малых и средних вращающих моментов. Несмотря на свою важность, она проста в изготовлении.

Значительное влияние на работу муфты оказывают величина, интенсивность и характер динамических нагрузок (такие как удары, вибрации), обусловленных характером работы приводимой в



1 – токарный станок; 2 – универсальное устройство; 3 – фреза трения;
4 – суппорт; 5 – трехкулачковый патрон; 6 – заготовка

Рисунок 1 – Модель общего вида токарного станка со смонтированным на нем устройством



а – общий вид; б – муфта
Рисунок 2 – Общий вид устройства и муфта с упругими элементами

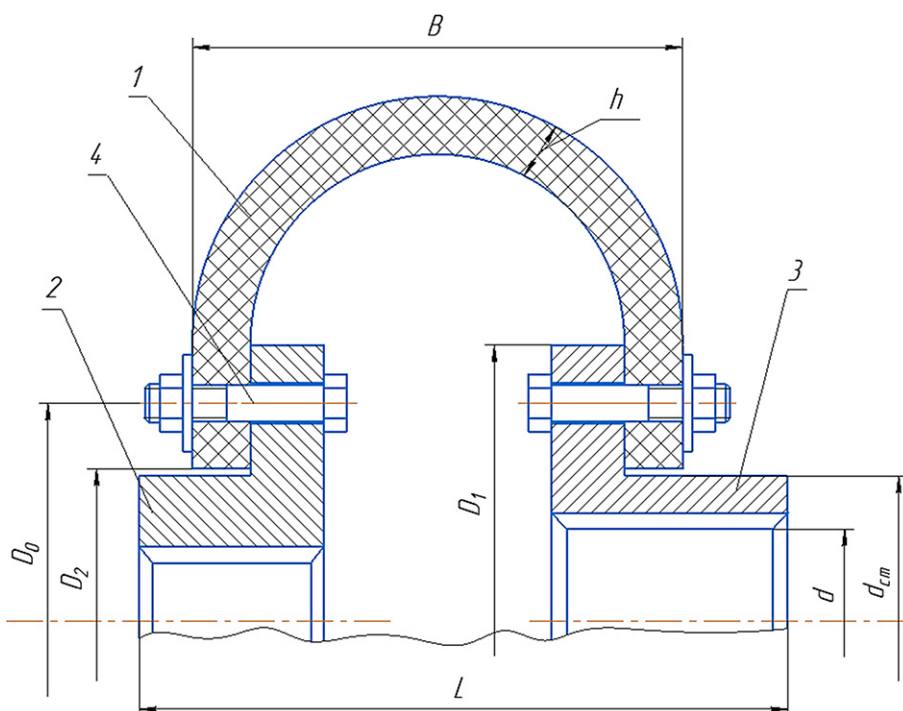


Рисунок 3 – Геометрические параметры муфты

движение машины [9].

На практике муфты выбираются (из каталога) по величине передаваемого крутящего момента T_p , расчетная величина которого определяется как [10]:

$$T_p = k \cdot T_{\text{ном}},$$

где $T_{\text{ном}}$ – номинальный, длительно действующий момент, Нм;

k – коэффициент динамичности (коэффициент режима работы).

Так как в нашем случае применяется муфта специальной конструкции, мы рассчитываем действительный крутящий момент $T_{\text{действ}}$ а коэффициент k рассчитывают на основании информации

о диапазоне нагружения с учетом воздействия разнообразных степеней нагрузки на прочность и износостойкость элементов муфты. Для нашего устройства коэффициент динамичности будет равен $k = 1,25-1,50$ (станки металлорежущие с непрерывным движением).

$$T_{\text{действ}} = \frac{P_{\text{эл}}}{\omega} \cdot k,$$

где $P_{\text{эл}}$ – мощность используемого электродвигателя, кВт ($P_{\text{эл}} = 12$ кВт);

ω – угловая скорость, рад/с.

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30},$$

где n – частота вращения, об/мин ($n = 3000$ об/мин).

$$\omega = \frac{3000 \cdot 3,14}{30} = 314 \text{ рад/с,}$$

$$T_{\text{дейс}} = \frac{12000}{314} \cdot 1,4 = 53,5 \text{ Нм.}$$

Определим усилия на месте крепления упругих элементов к полумуфтам, передаваемые от электродвигателя (см. рисунок 3).

$$F_t = \frac{2000 \cdot T_{\text{дейс}}}{D_0 \cdot m},$$

где m – количество болтовых соединений.

$$F_t = \frac{2000 \cdot 53,5}{90 \cdot 6} = 198 \text{ Н.}$$

На рисунке 4 показана схема окружного усилия на месте крепления.

В процессе работы крутящий момент передается на упругие элементы муфты и на них действуют касательные напряжения крутильного сдвига τ_k . Данная муфта по характеру работы идентична с муфтой с торообразной оболочкой, следовательно, наиболее распространенным для такой муфты является отказ, связанный с разрушением оболочки в кольцевом сечении у зажима с диаметром D_0 [11].

Условие прочности оболочки на сдвиг:

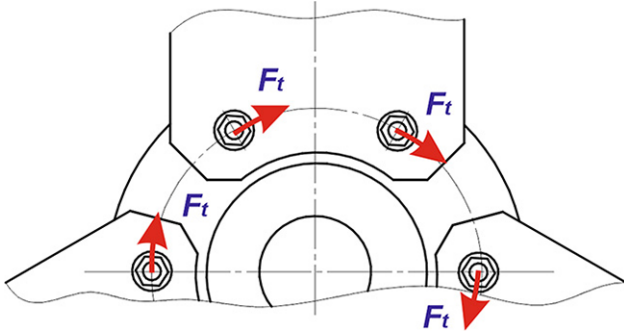


Рисунок 4 – Схема окружного усилия на месте крепления

$$\tau_k \leq [\tau],$$

где $[\tau]$ – допускаемые касательные напряжения крутильного сдвига, МПа.

Допускаемые касательные напряжения крутильного сдвига $[\tau]$ принимаются из технической характеристики материала упругого элемента (таблица).

Большие перемещения и большие деформации для муфт с торообразными упругими элементами требуют достаточно сложный математический аппарат нелинейной теории упругости при их расчете, или в качестве альтернативы – пошаговой процедуры решения задачи, которая в свою очередь позволяет непосредственное использование линеаризованных физических соотношений в пределах каждого шага. Расчет напряженно-деформационного состояния муфт данного типа принято считать одним из сложных в механике деформируемого твердого тела из-за своей сложной геометрии и сложного характера нагружения упругих элементов высокоэластичных муфт, а также специфики материала. Кроме того, данный расчет имеет свои специфические методы, которые во многом отличаются от методов, используемых при расчетах металлических изделий.

Выводы

1. Выполнен расчет на прочность конструкции упругой муфты с дугообразными упругими элементами, которая является основным ответственным узлом универсального устройства на базе токарного станка для реализации технологии фрезоточения. Результаты расчета показали, что дугообразные упругие элементы муфты выдерживают усилие, передаваемое от электродвигателя на местах крепления.

2. Однако учитывая сложную геометрию и характер нагружения упругих высокоэластичных элементов муфты, а также специфику материала, рекомендуется расчет напряженно-деформационного состояния муфты с помощью специальных компьютерных программ.

Характеристика материала МБС-С

Твердость, (H) °Sh A	65±5
Предел прочности при растяжении, (TS) МПа	min 4
Удлинение до разрыва, (Eb) %	min 200
Плотность, (q) г/см ³	1,6
Изменение предела прочности, (ΔTSb) %	max +/- 30

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зубков Н. Н. Инструментальные материалы для изготовления лезвийных инструментов // Наука и образование. Научное изд. МГТУ им. Баумана. 2018. № 13. – С. 75-100.

2. Артамонов Е.В., Васильев Д.В., Чернышов М.О. Стружкодробление при автоматизированной обработке резанием труднообрабатываемых сталей путем комплексного применения стружколомающего инструмента и высокотемпературного охрупчивания // Известия Юго-Западного государственного университета. 2020. № 24 (1). С. 8-22.
3. Шеров К.Т., Мусаев М.М., Шеров А.К., Доненбаев Б.С., Ракишев А.К. Универсальное устройство для токарного станка / Патент РК №33088 на изобретение. Опубликовано 17.09.2018. Бюл. № 35.
4. Mussayev M., Sherov K., Taskarina A., Sherov A., Gabdyssalik R., Buzauova T., Ainabekova S. Chip formation during thermal friction turn milling // Journal of Applied Engineering Science. 2021. Vol. 19. P. 142-147.
5. Романюк Д.А. Общий термодинамический анализ процессов деформирования упругого элемента плоской муфты // Физико-математическое моделирование систем: материалы XVII Международного семинара. – Воронеж: ВГЛУ, 2017. – Ч. 1. – С. 67-74.
6. Кокорев И.А., Горелов В.Н. Курс деталей машин: Учебное пособие. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2017. – 287 с.
7. Kang JH., Lee HW. Study on the design parameters of a low speed coupling of a wind turbine. Int. J. Precis. Eng. Manuf. 2017. Vol. 18, P. 721-727.
8. Korneev V.S. Finite element research of rubber-cord flat coupling / V.S. Korneev, D.A. Romanyuk, S.A. Korneev, G.S. Russkih, M.V. Vaskova // Procedia Engineering, № 152. – Elsevier Ltd, 2016. – P. 321-326.
9. Korneev S.A. Flat shell stress-strain state calculation / S.A. Korneev, V.S. Korneev, V.A. Ilyichev, M.V. Vaskova // Procedia Engineering № 113 – Elsevier Ltd, 2015. – P. 270-275.
10. Nejadali J. Design optimization of hydrodynamic coupling applying response surface method combined with CFD technique. J Braz. Soc. Mech. Sci. Eng. 2020. Vol. 42, P. 509-516.
11. Zhao Y., Du X., Lin F. et al. Static stiffness characteristics of a new non-pneumatic tire with different hinge structure and distribution. J Mech Sci Technol. 2018. Vol. 32, P. 3057-3064.

Фрезалап жону технологиясын жүзеге асыру үшін токарлық білдек негізіндегі әмбебап құрылғының серпімді муфтасын есептеу

¹*МУСАЕВ Медғат Муратович, PhD, доцент м.а., kstu_mmm@mail.ru,

²ШЕРОВ Карибек Тагаевич, т.ғ.д., профессор, shkt1965@mail.ru,

¹РАКИШЕВ Асет Кариғулович, коммерциялау кеңсесінің жетекшісі, r_asset@mail.ru,

¹КАРСАКОВА Нургуль Жолаевна, докторант, karsakova-87@mail.ru,

¹Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

²С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті, Қазақстан, 010011, Нұр-Сұлтан, Жеңіс даңғылы, 62,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақаланың мақсаты – аналитикалық есептеулер мен алынған мәндерді салыстыру арқылы муфтаның серпімді элементтерінің материалы мен негізгі геометриялық параметрлерін таңдау. Доға тәрізді серпімді элементтері бар аталмыш муфта токарлық білдек базасындағы әмбебап құрылғының негізгі жауапты түйіні болып табылады. Әмбебап құрылғының негізгі жауапты түйіні болып табылатын доғалы серпімді элементтері бар муфтаны есептеу нәтижелері берілген. Есептеуді орындау үшін құрылғының жалпы көрінісі және доғалы серпімді элементтері бар муфталар модельденді, сонымен қатар, муфтаның геометриялық параметрлері анықталды. Есептеу нәтижелері бұл түйіннің жеткілікті беріктігі бар екенін көрсетті. Болашақта муфтаның жоғары серпімді элементтерін жүктеудің күрделі геометриясы мен сипатын, сондай-ақ, материалдың ерекшелігін ескере отырып, арнайы компьютерлік бағдарламаларды қолданумен муфтаның кернеулі-деформациялық күйін есептеу ұсынылады.

Кілт сөздер: фрезалап жону, термофрикциялық фрезалап жону, құрылғы, серпімді муфта, айналмалы жүктеме, беріктік, айналу моменті.

Calculation of an Elastic Coupling of a Universal Device Based on a Lathe for Implementing Turn-Milling Technology

¹*MUSSAYEV Medgat, PhD, Acting Associate Professor, kstu_mmm@mail.ru,

²SHEROV Karibek, Dr. Tech. Sci., Professor, shkt1965@mail.ru,

¹RAKISHEV Asset, Head of the Commercialization Office, r_asset@mail.ru,

¹KARSAKOVA Nurgul, doctoral student, karsakova-87@mail.ru,

¹Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

²S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Kazakhstan, 010011, Nur-Sultan, Zhenis Avenue, 62,

*corresponding author.

Abstract. The purpose of the article is to select the material and the main geometric parameters of the elastic elements of the coupling by analytical calculations and comparison of the obtained values. The coupling with arc-shaped elastic elements is the main responsible node of a universal device based on a lathe. Presents the results of calculating an elastic

coupling with arcuate elastic elements, which is the main critical unit of the universal device. To perform the calculation, the general view of the device and the coupling with arcuate elastic elements were modeled, and the geometric parameters of the coupling were determined. The calculation results showed that this node has sufficient strength. In the future, taking into account the complex geometry and nature of the loading of the elastic highly elastic elements of the coupling, as well as the specifics of the material, it is recommended to calculate the stress-strain state of the coupling using special computer programs.

Keywords: *turn-milling, thermal friction turn-milling, device, elastic coupling, circumferential force, torque, strength.*

REFERENCES

1. Zubkov N. N. Instrumental'nyye materialy dlya izgotovleniya lezviynykh instrumentov // Nauka i obrazovaniye. Nauchnoye izd. MGTU im. Baumana. 2018. No. 13. – pp. 75-100.
2. Artamonov Ye.V., Vasil'yev D.V., Chernyshov M.O. Struzhkodrobleniye pri avtomatizirovannoy obrabotke rezaniyem trudnoobrabatyvayemykh staley putem kompleksnogo primeneniya struzhkolomayushchego instrumenta i vysokotemperaturnogo okhrupchivaniya // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2020. No. 24 (1). pp. 8-22.
3. Sherov K.T., Musayev M.M., Sherov A.K., Donenbayev B.S., Rakishev A.K. Universal'noye ustroystvo dlya tokarnogo stanka / Patent RK №33088 na izobreteniyey. Opublikovano 17.09.2018. Byul. No. 35.
4. Mussayev M., Sherov K., Taskarina A., Sherov A., Gabdyssalik R., Buzauova T., Ainabekova S. Chip formation during thermal friction turn milling // Journal of Applied Engineering Science. 2021. Vol. 19. pp. 142-147.
5. Romanyuk D.A. Obshchiy termodinamicheskiy analiz protsessov deformirovaniya uprugogo elementa ploskoy mufty // Fiziko-matematicheskoye modelirovaniye sistem: materialy XVII Mezhdunarodnogo seminar. – Voronezh: VGLTU, 2017. – CH. 1. – pp. 67-74.
6. [6] Kokorev I.A., Gorelov V.N. Kurs detaley mashin: Uchebnoye posobiye. – Samara: Samarskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet, 2017. – 287 p.
7. Kang JH., Lee HW. Study on the design parameters of a low speed coupling of a wind turbine. Int. J. Precis. Eng. Manuf. 2017. Vol. 18, pp. 721-727.
8. Korneev V.S. Finite element research of rubber-cord flat coupling / V.S. Korneev, D.A. Romanyuk, S.A. Korneev, G.S. Russkih, M.V. Vaskova // Procedia Engineering, no. 152. – Elsevier Ltd, 2016. – pp. 321-326.
9. Korneev S.A. Flat shell stress-strain state calculation / S.A. Korneev, V.S. Korneev, V.A. Ilyichev, M.V. Vaskova // Procedia Engineering, no. 113. – Elsevier Ltd, 2015. – pp. 270-275.
10. Nejadali J. Design optimization of hydrodynamic coupling applying response surface method combined with CFD technique. J Braz. Soc. Mech. Sci. Eng. 2020. Vol. 42, pp. 509-516.
11. Zhao Y., Du X., Lin F. et al. Static stiffness characteristics of a new non-pneumatic tire with different hinge structure and distribution. J Mech Sci Technol. 2018. Vol. 32, pp. 3057-3064.

Overview of Methods for Measuring Polymer Film Thickness to Create an Automated Real-Time Control System

¹***NIKONOVA Tatyana**, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, nitka82@list.ru,

¹**DAICH Leonid**, Senior Lecturer, l.daych@mail.ru,

¹**DANDYBAEV Esim**, PhD, Senior Lecturer, y.dandybayev@hansa-flex.com,

¹**SICHKARENKO Andrey**, Senior Lecturer, sichkarenko@gmail.com,

¹**BAIMULDIN Murat**, doctoral student, murat_owl@mail.ru,

¹Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

*corresponding author.

Abstract. The article deals with the problem of the integrity of the material of agricultural hoses made of three-layer polyethylene and the possibility of controlling the layers of the film. For the analysis, the manufacturers of industrial thickness gauges and the disadvantages of these measuring instruments are given. The input parameters for the choice of the method of measuring the film thickness are presented. The advantages and disadvantages of various methods for measuring the thickness of a polyethylene film in relation to the real conditions of the manufacturer are revealed. It is proposed to create an automated complex that makes it possible to control the thickness of the polyethylene film along the entire length of the shaft, excluding deformation and cuts of the film during extrusion. The principle of operation of the complex is described, which is based on the eddy current method of measurement with sensors and a registration unit using the contact principle of operation. The advantage of the developed control system is the transfer of data directly to the operator's computer in real time.

Keywords: sleeve, polymer film, thickness, control, automated system, method, sensor, extruder.

Introduction

The main task of grain producers is to reduce costs and losses to a minimum, as well as profitable sales. The prices for the services of transport companies, the prices of elevators for drying, cleaning and storing grain significantly increase the cost of the final product (up to 50% of the cost of grain), which makes it less profitable to sell it [1, 2]. Farms are forced to store grain in currents and open areas unsuitable for long-term storage, which leads to a loss of its quality, and, as a consequence, to losses. The birthplace of grain storage technology is Argentina. This technology is also actively used in Canada, Australia, some other countries of the American continent, South Africa, France, Spain, etc. In the CIS countries, this technology has been used for several years, since it does not require large investments and can reduce storage costs by at least three times [3, 4]. The main principle of the technology is to store grain in an airtight environment, by pressing the mass in a special polyethylene sleeve, which is tightly closed after filling from both ends. This stops the oxygen supply. In the respiratory process, components that, along with the grain, get into the sleeve – insects and fungi, for example, – there is a decrease in the percentage of

oxygen in the environment, and an increase in carbon dioxide. A new, optimal environment for storing grain automatically arises, in which the ability to live and develop is inactivated in insects and fungi.

This can only be ensured by ensuring the overall integrity of the materials from which the sleeves are made, consisting of three-layer high density polyethylene: the white outer layer contains titanium dioxide to reflect the sun's rays and prevents the temperature inside the sleeve from rising. One of the main qualities of polyethylene film for the production of agricultural hoses is its durability. It is achieved through the use of several different layers, as well as ensuring the specified parameters of the layer thickness. The control of the thickness of the film layers, as well as rejects in the case of ingress of various foreign bodies during extrusion, is carried out visually (which is very unreliable) or using thickness gauges of various designs and physical principles on which the thickness gauge is based. Industrial automated thickness measurement systems are not produced in Kazakhstan. Industrial thickness gauges differ in their principle of operation, purpose, method and measurement accuracy.

The main manufacturers of industrial thickness

gauges are: LLC "Fizpribor", LLC "SPC "KROPUS-PO", LLC "Acoustic Control Systems", LLC "KONSTANTA" (Russia), General Electric Company, StressTel Corporation (USA), Agfa-Gevaert Group (Belgium), Krautkramer Branson (Germany), Olympus Corporation (Japan), Yunombo, Allsun, ETARI (China). Significant disadvantages of existing models of industrial thickness gauges are high manufacturing costs or high measurement errors.

Thus, the need to solve the production problem of designing and manufacturing an automated system for controlling the thickness of the film in the process of its manufacture is urgent.

Research methods

The input data for choosing a measurement method are the following parameters presented in Table 1.

To solve the problem, it is necessary to analyze and identify the advantages and disadvantages of various measurement methods, in relation to the real conditions of the polyethylene film manufacturer.

Results and Discussions

1. Capacitive measurement method

The capacitive measurement method is based on the difference in the dielectric constant of substances – air and polymer. The strip of film between the plates determines the capacitance of the capacitor. 2 types are used:

1) pin. Converts mechanical movement into capacitance change. For example, a signal converter for dial indicators;

2) contactless. The material to be examined is located between 2 plates.

The capacitive sensor is a flat capacitor, between the fixed plates of which a dielectric tape is drawn with the help of rollers [5]. The equivalent circuit of the converter consists of two (three) capacitors connected in series.

It should be noted that high measurement accuracy when using the contact method is possible only with ideal sliding of the sensor over the surface, which in our conditions is very difficult to implement, since the width of the web is 6 meters. The existing non-contact capacitive thickness gauges are distinguished by high measurement accuracy, their error is measured in fractions of a micron, but in turn they have a rather high cost.

Other disadvantages of the capacitive principle of thickness measurement are the need for long-term calibration of sensors and periodic recalibration during operation, the appearance of errors due to changes in the gap, humidity or other random factors, the dependence of the readings when measuring the thickness of some polymers on temperature.

2. Optical measurement method

The optical method is implemented in scanning laser thickness gauges – these are non-contact film thickness control systems. They are most often incorporated into the extrusion line as they measure the thickness of the film web edge.

Their main advantages are the ability to control the thickness of the production process in real time and set the range of acceptable values. In case of any deviations, the system notifies the operator. Two parallel-positioned sensors ensure complete scanning of the film during production with a maximum error of 1 μm . A significant disadvantage of such systems is their high cost [6, 7].

Laser sensors require clear contours of the light spot. This is possible only for opaque surfaces, or transparent, but having a mirror surface [8]. In our case, the sleeve film is somewhere in between. Its surface cannot be called mirror-like, and its thickness can be called translucent. Worst of all, the beam of light is highly scattered both on the surface and in thickness. The stain is blurry. For stationary objects, this is still fixable, you can correct the result. But taking into account the fast motion of the film, the

Table 1 – Parameters for choosing a measurement method

Parameter name	Value
Control type	Non-destructive – continuous in real time
Working temperature range, °C	-20+30
Time of continuous work, h	8
Display of current thickness	+
Accumulation of information, T, period	1 month
Removable media transfer capability	+
Measured thickness range, mm	0,005-5
Accuracy, μm	± 15
Alarm	+
Controlled web width, no more, m	6
Control over the entire width (allowed at several "migrating" points covering the entire width of the product per cycle)	+

boundaries of the spot become mobile, and the error reaches a value commensurate with the thickness of the film itself.

A worthy cost-effective replacement for expensive laser systems can be a film thickness measurement sensor based on the principle of infrared absorption. Among the visible advantages are a small measurement spot (2-5 mm), high measurement speed, advanced visualization tools.

These sensors measure both transparent and colored polymer films. High-precision measurement of the thickness of the product allows you to establish an optimal technological regime. Measuring the thickness directly during the film production process allows you to enter the production mode of quality products with minimal losses and waste during the launch and debugging of the technology. At the same time, the documentation of the technological process takes place, which helps prevent defective products from reaching the customer. Based on the analysis of an array of data on the thickness of the resulting film, it is possible to make informed decisions about reducing the thickness margin. Systems based on infrared sensors are supplied, for example, by the North American company NDC and cost about \$ 50,000, which is their immediate disadvantage.

3. Eddy current measuring method

As a rule, devices operating according to this measurement method are produced in the form of combined models (eddy current thickness gages and magnetic thickness gages). The operation of such devices is based on magnetic induction (F-models) or eddy-current (N-models) principles of operation. The FN models use both operating principles.

The eddy current method is based on registering changes in the interaction of the coil's own electromagnetic field with the electromagnetic field of eddy currents induced by this coil in the controlled object [9].

A coil located in the thickness gauge probe, through which a high-frequency current flows, generates an alternating magnetic field. Approaching the surface under study, it excites Foucault currents in it – eddy currents that are captured and measured by the same or a secondary coil. Based on the measurement results, a conclusion is made about the thickness of the product.

Thickness gages based on this method are characterized by versatility, high accuracy and an advantageous price / performance ratio.

4. Radio wave measurement method

This method consists in irradiating the object under study with radio frequency radiation and measuring the parameters of the transmitted, reflected or scattered electromagnetic wave [10].

Radio wave methods are based on the registration and analysis of changes in the parameters possessed by the electromagnetic waves of the radio range (wavelength from 0.01 to 1 m) interacting with the control object. These methods can be used to control objects made of materials that do not "drown out"

radio waves – dielectrics (ceramics), semiconductors, magnetodielectrics and thin-walled metal objects [11].

Radio wave methods can be considered as a kind of eddy current methods.

In both cases, the monitoring equipment consists of a microwave generator, a transmitting antenna, a receiving antenna, and a microwave measuring device.

5 Isotope measurement method

The isotope method is based on the registration and subsequent analysis of penetrating ionizing radiation interacting with the object. Depending on the type of ionizing radiation, the terms "X-ray", "neutron" and others may be used in the name of the methods [12].

Most often, gamma and X-ray radiation is used for control, which allows obtaining the maximum resolution.

6 Ultrasonic measurement method

The principle of operation of the thickness gauge is based on the ultrasonic pulse echo measurement method, which uses the property of ultrasonic vibrations to be reflected from the interface between media with different acoustic resistances [13]. The transmitting plate of the transducer emits an ultrasonic pulse through the delay line (prism) in the direction of the outer surface of the product, the thickness of which is to be measured. The ultrasonic pulse propagates in the product to the inner surface, is reflected from it, propagates in the direction of the outer surface and, having passed the delay line (prism), is received by the receiving plate.

7 Mechanical measurement method

The method consists in measuring the thickness of the film using passimeters (lever bracket) and micrometers [14].

We will not even consider the variant of the passimeter, since this tool is designed for "rough" quick control "in tolerance – not in tolerance" of the real size of the part, usually in the serial production of parts. A standard micrometer is also not quite suitable for measuring polymer films, since when the measuring rod rotates during contact with the film surface, shear deformation occurs, in addition, the magnitude of the measuring force depends on the operator. The error of measurement carried out with a standard digital micrometer varies from 5 to 10 microns, depending on the qualifications of the specialist, the thickness and material of the film. Whereas the measurement error using an indicator thickness gauge and a micrometer with a constant force is 2-3 microns. This means that a company that uses a micrometer to control the film thickness makes a film with a greater thickness, that is, it has an extra waste of material.

Conclusions

From the analysis carried out, it is possible to draw up a comparative table (Table 2) of the existing measurement methods in relation to polyethylene

Table 2 – Comparative analysis of measurement methods		
Method of measurement	Advantages	Disadvantages
Contactless methods		
	General for this method: 1. Absence of mechanical contact between the control device and the surface of the film web	General for this method: 1. Increased requirements for the homogeneity of raw materials (its physical properties) 2. The need for strict adherence to the stability of atmospheric parameters (temperature, humidity)
1. Optical methods (Scanning laser, interferometer, reflectometry, infrared temperature stabilized sensors)	1. Continuous real-time thickness control 2. High precision	1. Applicable for homogeneous material 2. High cost 3. Unevenness of the film surface affects the error 4. High dustiness in an industrial environment reduces measurement stability 5. Shaft runout and vibration increase the measurement error
2. Radio wave	1. Continuous real-time thickness control 2. High precision	1. The main limitation is harmful high frequency radiation
Contact methods		
	General for this method: 1. Simplicity and high performance 2. Cost effective	General for this method: 1. Wear of the point of contact 2. Risk of damage to the film web
1. Ultrasonic method	1. A proven method. 2. Reasonable cost of serial samples.	1. The range of measured values (from 1mm) does not correspond to the specified one. 2. The need for the constant availability of contact grease. 3. Restrictions on the acoustic properties of the material.
2. Eddy current method	1. The measurement accuracy is independent of shaft runout, bearing wear, structural deformation, etc. 2. The most suitable for climatic conditions.	-
3. Semiconductor dial indicator (displacement sensor)	1. Availability of a standard interface for signal transmission. 2. Carbide point of contact with the measured film.	1. The measurement accuracy depends on shaft runout, bearing wear, structural deformation, etc. 2. Limited temperature range.
Generic methods		
1. Capacitive method	1. Tested method	1. Dependence on material properties 2. Dependence on temperature and humidity, on static electricity 3. With the contact method, beating and vibration errors are added

films for the manufacture of agricultural hoses based on the specific production conditions.

Drawing conclusions, we can say the following, in the case of the existing production conditions and with the need to manufacture sleeves for storing grain, satisfying the quality and cost of the consumer, it is necessary to create an original model of the hardware and software complex that makes it possible to control the thickness of the polymer film layers along the entire length of the shaft, excluding deformation of the film as a result of the ingress of foreign bodies during extrusion (cuts).

The most appropriate design solution would be to use the eddy current measurement method in the system. The automated system will consist of several sensors operating according to this principle and a registration unit. The principle of operation is contact. The gap measurement will take place between the sensor and the metal surface of the roller formed by the material being measured. The sensor must be located in a movable carriage and spring-loaded to ensure guaranteed contact with the plastic film in case of possible vibrations.

To increase the life of the sensor, it is necessary

to use a replaceable non-magnetic gasket with a minimum sliding friction coefficient and maximum wear resistance. The data transfer will be carried out

to the operator's computer in real time and integrated into the equipment operating mode control system, which will allow the extruder nozzles to be calibrated.

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. AP08052553).

REFERENCES

1. Диханова М.Б. Хранение зерна под пленкой / Диханова М.Б. // Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 11: Молодежь и наука», Астана, 2015. – С. 17-18.
2. Buryanov A.I., Dmitrenko I.A. Device for placement of grain for storage, comprises main receiving de-vice and packaging machine oriented parallel to each other and aggregate with truck tractors / Патент России, №: RU2529747-C1, 2014, Бюл. № 27.
3. ADAM J., ADAM A.J. Agricultural grainy prod-uct storing process, involves filling dry grainy products into plastic sleeves, and controlling concentration of gas i.e. carbon dioxide, in sleeves and setting optimal concentration if neces-sary. Patent Number: HU200500144-A1; HU227636-B1, 2014.
4. Мырзабекова А.М. Обзор современных систем для хранения зерновых культур // VI Научно-практическая конференция «Информационно-измерительная техника и технологии», 27-30 мая 2015 г. – С. 95-101.
5. Солобченко Г.Н. Электрические измерения неэлектрических величин / Новицкий П.В. – СПб: Изд-во ПУ, 2011. – 256 с.
6. Дивин А.Г. Методы и средства измерений, испытаний и контроля: учебное пособие. В 5 ч. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. – 104 с.
7. Прокопенко В.Т. Оптические измерения: Конспект лекций. – СПб: СПбГИТМО, 2012. – 322 с.
8. Селиванов М.Н. Качество измерений. Метрологическая справочная книга / Селиванов М.Н., Фридман А.Э. – Л.: Лениздат, 1987. – 370 с.
9. Хорошайло Ю.Е. Вихретоковый толщиномер неферромагнитных покрытий / Хорошайло Ю.Е. // Тез. докл. X Всесоюз. науч.-техн. конф. «Неразрушающие физ. методы и средства контроля». – 2014, С. 193-195.
10. Матвеев В.И. Радиоволновой контроль. – М.: Изд. Дом «Спектр», 2011. – 184 с.
11. Алешин А.А. Радиационная, ультразвуковая и магнитная дефектоскопия металлоизделий. – М.: Высш. шк., 2011. – 271 с.
12. Zavialkin F.M. Estimating the performance of a differential counting method of measuring material thickness // Soviet Journal of Nonde-structive Testing. – 1985 – Vol. 21 – No. 4 – P. 275-279.
13. Кретов Е.Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении / Кретов Е.Ф. – СПб: Свен, 2011. – 305 с.
14. Смышляев А.Р. Коррекция толщины полимерных пленок в процессе их изготовления // Полимерные материалы. – 2007. – № 12. – С. 10-16.

Нақты уақытта автоматтандырылған басқару жүйесін құруға арналған полимерлі пленканың қалыңдығын өлшеу әдістеріне шолу

¹*НИКОНОВА Татьяна Юрьевна, т.ф.к., доцент, nitka82@list.ru,

¹ДАЙЧ Леонид Израильевич, аға оқытушы, l.daych@mail.ru,

¹ДАНДЫБАЕВ Есім Серикович, PhD, аға оқытушы, y.dandybayev@hansa-flex.com,

¹СИЧКАРЕНКО Андрей Владимирович, аға оқытушы, sichkarenko@gmail.com,

¹БАЙМУЛЬДИН Мұрат Мұратұлы, докторант, murat_owl@mail.ru,

¹Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақалада үш қабатты полиэтиленнен жасалған ауылшаруашылық шлангтарының материалының тұтастығы және пленка қабаттарын басқару мүмкіндігі қарастырылады. Талдау үшін өнеркәсіптік қалыңдық өлшегіштердің өндірушілері және осы өлшеу құралдарының кемшіліктері келтірілген. Кіріс параметрлері пленканың қалыңдығын өлшеу әдісін таңдау үшін ұсынылған. Өндірушінің нақты жағдайларына қатысты пластикалық пленканың қалыңдығын өлшеудің әртүрлі әдістерінің артықшылықтары мен кемшіліктері анықталды. Экструзия кезінде пленканың деформациясы мен кесілуін қоспағанда, біліктің бүкіл ұзындығы бойымен пластикалық пленканың қалыңдығын бақылауға мүмкіндік беретін автоматтандырылған кешен құру ұсынылады. Жұмыстың байланыс принципін қолдана отырып, датчиктермен және тіркеу блогымен құйынды ток өлшеу әдісіне негізделген кешеннің жұмыс принципі сипатталған. Дамыған басқару жүйесінің артықшылығы – деректерді нақты уақыт режимінде оператордың компьютеріне тікелей жіберу.

Кілт сөздер: жең, полимерлі пленка, қалыңдығы, бақылау, автоматтандырылған жүйе, әдіс, датчик, экструдер.

Обзор методов измерения толщины полимерной пленки для создания автоматизированной системы управления в реальном времени

¹*НИКОНОВА Татьяна Юрьевна, к.т.н., доцент, nitka82@list.ru,

¹ДАЙЧ Леонид Израилевич, старший преподаватель, l.daych@mail.ru,

¹ДАНДЫБАЕВ Есим Серикович, PhD, старший преподаватель, y.dandybayev@hansa-flex.com,

¹СИЧКАРЕНКО Андрей Владимирович, старший преподаватель, sichkarenko@gmail.com,

¹БАЙМУЛЬДИН Мурат Муратович, докторант, murat_owl@mail.ru,

¹Карагандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56

*автор-корреспондент.

Аннотация. В статье рассматриваются проблема целостности материала сельскохозяйственных шлангов из трехслойного полиэтилена и возможности управления слоями пленки. Для анализа приведены производители промышленных толщиномеров и недостатки этих измерительных приборов. Представлены входные параметры для выбора метода измерения толщины пленки. Выявлены преимущества и недостатки различных методов измерения толщины полиэтиленовой пленки по отношению к реальным условиям производителя. Предлагается создать автоматизированный комплекс, позволяющий контролировать толщину полиэтиленовой пленки по всей длине вала, исключая деформацию и разрезы пленки при экструзии. Описан принцип работы комплекса, в основе которого лежит вихретоковый метод измерения с датчиками и блоком регистрации с использованием контактного принципа работы. Преимуществом разработанной системы управления является передача данных непосредственно на компьютер оператора в режиме реального времени.

Ключевые слова: рукав, полимерная пленка, толщина, контроль, автоматизированная система, способ, датчик, экструдер.

REFERENCES

1. Dikhanova M.B. Grain storage under a film / Dikhanova M.B. // materials of the Republican scientific-theoretical conference "Seyfullin reading – 11: Youth and science", Astana, 2015. – P. 17-18.
2. Buryanov A.I., Dmitrenko I.A. Device for placement of grain for storage, comprises main receiving device and packaging machine oriented parallel to each other and aggregate with tractors truck / Patent of Russia №: RU2529747-C1, 2014, bull. No. 27.
3. ADAM J., ADAM A.J. Agricultural grainy product storing process, involves filling dry grainy products into plastic sleeves, and controlling concentration of gas i.e. carbon dioxide, in sleeves and setting optimal concentration if necessary. Patent Number: HU200500144-A1; HU227636-B1, 2014.
4. Myrzabekova A.M. Review of modern systems for storing grain crops // VI Scientific and practical Conference "Information and measuring equipment and technologies", May 27-30, 2015. – P. 95-101.
5. Solobchenko G.N. Electrical measurements of non-electrical quantities / Novitsky P.V. – St. Petersburg: Publishing house of PU, 2011. – 256 p.
6. Divin A.G. Methods and means of measurement, testing and control: a textbook. At 5 o'clock. – Tambov: Publishing house of GOU VPO TSTU, 2011. – 104 p.
7. Prokopenko V.T. Optical measurements: Lecture notes. – St. Petersburg: SPbGITMO, 2012. – 322 p.
8. Selivanov M.N. The quality of measurements. Metrological reference book. / Selivanov M.N., Fridman A.E. – Leningrad: Lenizdat, 1987 – 370 p.
9. Khoroshaylo Yu.E. Eddy current thickness gauge of non-ferromagnetic coatings / Khoroshaylo Yu.E. // Tez. dokl. X All-Union. sci.-tech. conf. "Non-destructive physics. methods and means of control". – 2014, P. 193-195.
10. Matveev V.I. Radio wave control. – Moscow: Ed. House "Spectrum", 2011 – 184 p.
11. Aleshin A.A. Radiation, ultrasonic and magnetic flaw detection of metal products. – Moscow: Higher school, 2011. – 271 p.
12. Zavialkin F.M. Estimating the performance of a differential counting method of measuring material thickness // Soviet Journal of Nondestructive Testing. – 1985 – Vol. 21 – No. 4 – P. 275-279.
13. Kretov E.F. Ultrasonic flaw detection in power engineering / Kretov E.F. – St. Petersburg: Sven, 2011 – 305 p.
14. Smyshlyayev A.R. Correction of the thickness of polymer films in the process of their manufacture // Polymer materials. – 2007. – No. 12. – P. 10-16.

Системный анализ ударно-раскалывающего измельчения в молотковой дробилке

¹**ИСКАКОВ Руслан Маратбекович**, к.т.н., ассоциированный профессор, rus.iskakov79@mail.ru,
¹**ИСЕНОВ Султанбек Сансызбаевич**, к.т.н., ассоциированный профессор, isenov_sultan@mail.ru,
¹**ЗАИЧКО Григорий Анатольевич**, к.т.н., ассоциированный профессор, gzaichko@mail.ru,
¹Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Казахстан, 010011, Нур-Султан, пр. Женис, 62,
 *автор-корреспондент.

Аннотация. Цель статьи заключается в выявлении основных характеристик, приводящих к совершенствованию работоспособности шарнирно подвешенных молотков дробилки. Производство кормов и особенно переработка отходов животного происхождения требует совершенствования дробилок. Решение данной задачи возможно за счет проведения системного анализа ударно-раскалывающего измельчения и разработки эффективных конструкций молотков. Вопросы удара, раскалывания, соударения рассмотрены в структурных схемах V уровня иерархии системного анализа, рассматривающих конструктивные особенности дробилки и молотков. В результате выявлено, что совершенствование молотков целесообразно проводить за счет сокращения времени образования трещин и щелей в раскалывающихся частицах, а также за счет изменения конструкции молотка путем образования зубчатой поверхности по внешней поверхности молотка, что позволит интенсифицировать процесс раскалывания измельчаемых частиц. В процессе исследований разработаны новые конструкции молотков, ориентированные на повышение работоспособности с интенсификацией трещинообразования в измельчаемых частицах. Выявлено, что эффективность работы молотковой дробилки зависит от наличия зубьев на молотках молотковой дробилки.

Ключевые слова: сельскохозяйственное и пищевое машиностроение, молотки, молотковые дробилки, ударно-раскалывающее измельчение.

Введение

В современных условиях Казахстана приоритетным является создание условий для развития собственного сельскохозяйственного и пищевого машиностроения. Казахстан как страна с высоким потенциалом развития животноводства, птицеводства и рыбоводства имеет большие возможности для развития переработки продукции животного происхождения. Перспективным является массовая, промышленная переработка отходов животного происхождения, используемых широко для производства кормов [1-4]. При переработке отходов животного происхождения возникает острая необходимость в его измельчении. Существенным и актуальным вопросом при этом становится обеспечение дробилок эффективными рабочими элементами – молотками, способствующими получению качественной продукции с повышенными технико-экономическими показателями.

Результаты исследований

Основой конструктивных решений при расчете и разработке ударно-раскалывающих молот-

ков, являющихся главными элементами для мелкого измельчения, а также выявления основных факторов, влияющих на процесс ударно-раскалывающего измельчения в производстве кормов из отходов животного происхождения является пятый (V) уровень иерархической структуры системного анализа [5-7].

Условия, в которых производится мелкое измельчение, для каждого способа различны, поэтому в зависимости от этих условий различен и характер взаимодействия твердых тел со средой, и, вследствие этого, – и эффекты, вызываемые влиянием среды. Следует отметить, что измельчение кормов из отходов животного происхождения небольших размеров производится в один цикл, т.е. без предварительных стадий дробления. Интенсификация и эффективность процесса ударно-раскалывающего измельчения в производстве кормов из отходов животного происхождения определяется принципом действия и особенностями конструкции как молотков, так и дробилки в целом. В связи с этим представляется уместным систематизация основных приемов ударно-раскалывающего измельчения в производстве кормов

из отходов животного происхождения.

Первым параметром, характеризующим V уровень иерархии системного анализа процесса ударно-раскалывающего измельчения в производстве кормов из отходов животного происхождения, являются конструктивные особенности молотковой дробилки (КОМД), структурная схема которой представлена в соответствии с рисунком 1.

Здесь следует понимать работу и мощность источника энергии (ИЭ), работу механической обработки (РМО), требуемой для измельчения, перемещения поступающих для измельчения частей сырья (ПЧРС), циклического круговорота измельчаемых частиц (ЦКИЧ), их многократного соударения и отскакивания во внутреннем объеме дробилки (СИО); работу, необходимую для уноса готовых измельченных частиц из молотковой дробилки (УИЧ); воздушно-вихревые потоки, приносимые интенсивным динамическим движением молотков и объектов измельчения (ВВПМиОИ). Представленные явления образуют потоки измельчаемых частей и частиц во внутреннем объеме молотковой дробилки, которые образуют поля ударов, раскалывания, соударения, взаимодействия и распределения частиц (ПУРСВРЧ) во вну-

треннем объеме молотковой дробилки, где происходит интенсивное движение частей и частиц измельчаемого материала, их взаимодействие и соударение между собой, а также о стенки и рабочие элементы внутренней конструкции молотковой дробилки, таким образом воздушно-вихревые течения в молотковой дробилке (ВВТМД) значительно влияют на распределение частей и частиц по внутреннему объему молотковой дробилки (РЧиЧОМД), на качество измельчения, то есть гранулометрический состав частиц (ГСЧ), на время измельчения частиц сырья в молотковой дробилке (ВИЧСМД), на производительность кормов (ПМКМ), энергоемкость дробилки (ЭМД).

Основным же параметром, характеризующим V уровень иерархии системного анализа процесса ударно-раскалывающего измельчения в производстве кормов из отходов животного происхождения, структурная схема которой представлена в соответствии с рисунком 2, являются конструктивные особенности молотков молотковой дробилки (КОММД). Здесь следует понимать работу, затрачиваемую на вращение молотков (ВМ), требуемое для создания ударов молотков (УМ) об объекты измельчения; работу, необходимую для внедрения и раскалывания объектов измельчения

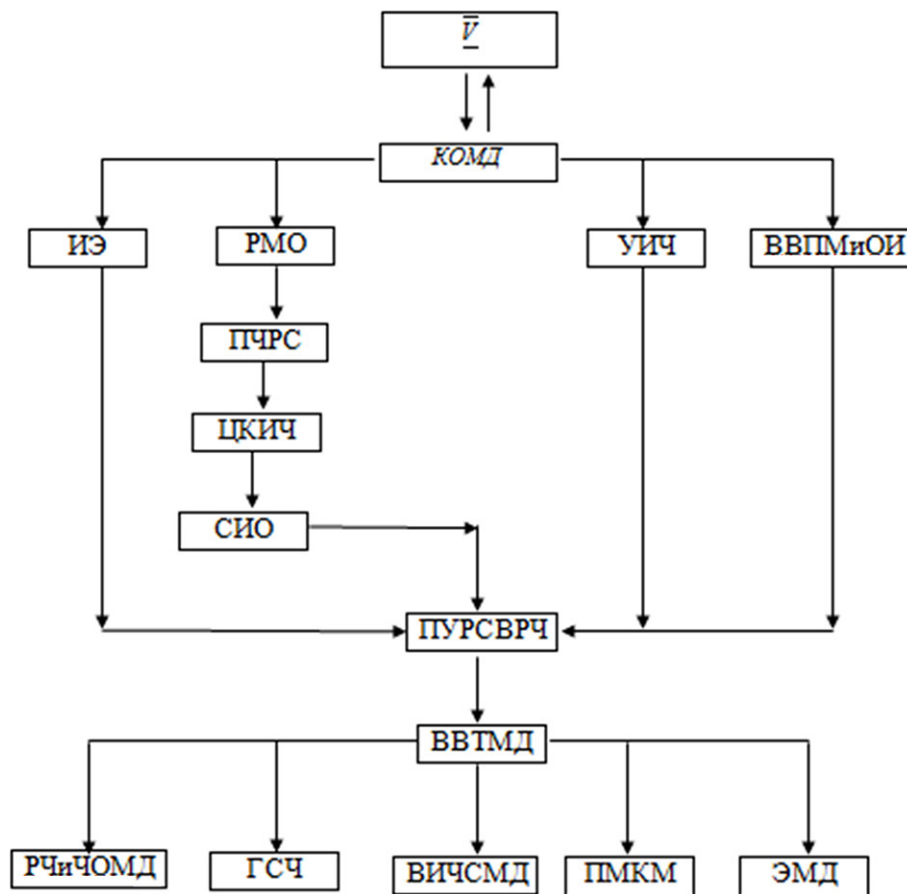


Рисунок 1 – Структурная схема V уровня иерархии системного анализа процесса ударно-раскалывающего измельчения в производстве кормов из отходов животного происхождения, акцентирующей конструктивные особенности молотковой дробилки

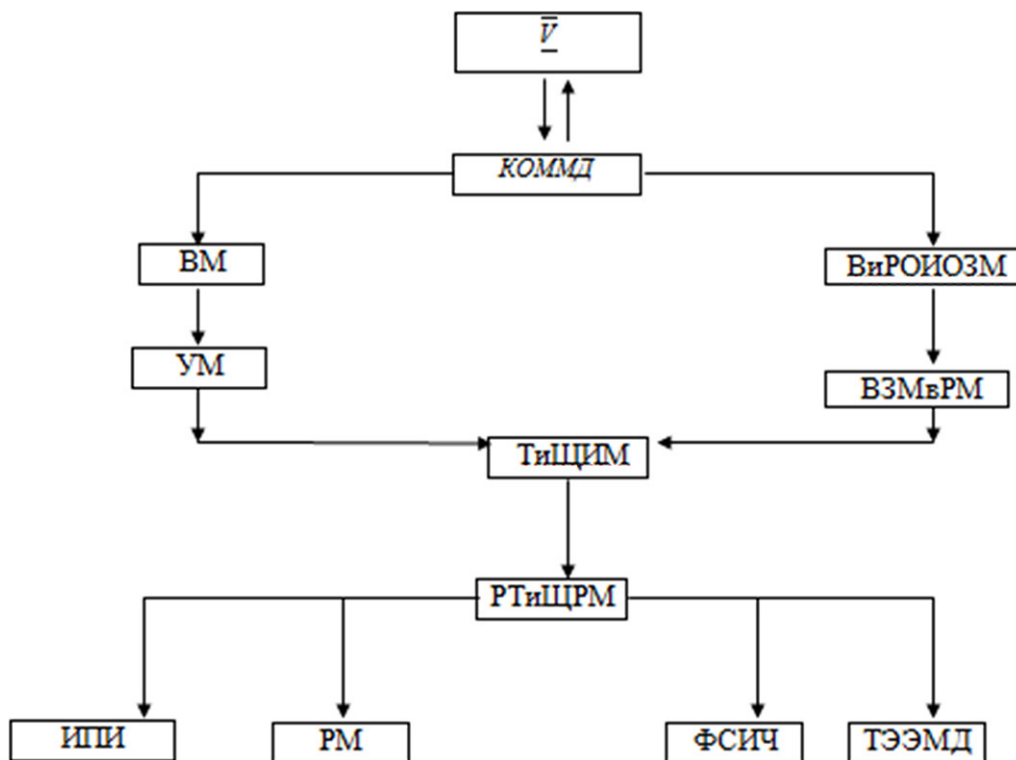


Рисунок 2 – Структурная схема V уровня иерархии системного анализа процесса ударно-раскалывающего измельчения в производстве кормов из отходов животного происхождения, акцентирующей конструктивные особенности молотков

острыми зубьями молотков (ВиРОИОЗМ) с внедрением зубьев молотка в раздробляемый материал (ВЗМвРМ) под действием острых граней зубьев молотка. Представленные явления образуют трещины и щели в частях и частицах измельчаемого материала (ТиЩИМ), далее происходит рост трещин и щелей в раздробляемом материале (РТиЩРМ) до момента отделения одной частицы материала от другой, что значительно влияет на интенсификацию процесса измельчения (ИПИ), работоспособность молотков (РМ), фракционный состав измельченных частиц (ФСИЧ) и технико-экономическую эффективность молотковой дробилки (ТЭЭМД).

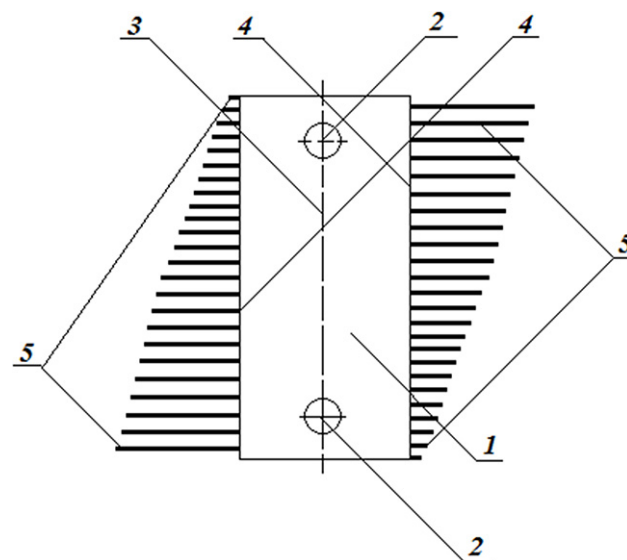
В результате проведенного системного анализа процесса ударно-раскалывающего измельчения в производстве кормов из отходов животного происхождения выяснено, что основными характеристиками, приводящими к совершенствованию молотков, являются:

- сокращение времени образования трещин и щелей в раскалывающихся частицах кормов из отходов животного происхождения;

- изменение конструкции молотка путем образования зубчатой поверхности по внешней поверхности молотка, что позволит интенсифицировать процесс раскалывания измельчаемых частиц.

В результате проведения исследований нами разработаны ударно-раскалывающие молотки

(рисунки 3-5). Молоток в соответствии с рисунком 3 обеспечен стержнями, что повышает работо-



1 – молоток для дробления и измельчения;
 2 – отверстия для подвешивания молотка на ось;
 3 – продольная ось симметрии; 4 – рабочие участки по двум поверхностям прямоугольного молотка;
 5 – острозубчатые стержни различной длины

Рисунок 3 – Молоток для дробления и измельчения (патент № 4754)

способность дробилки. Оригинальность молотка подтверждена патентом [8].

Конструктивное выполнение молотка для измельчения (рисунок 4) позволяет осуществить рост продуктивности по измельчаемому материалу.

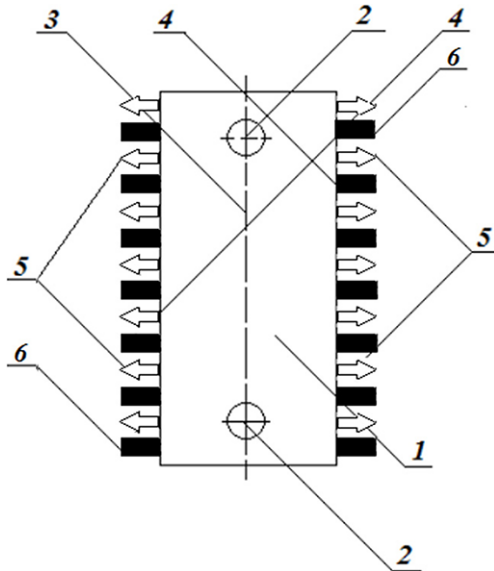
Зубчато-гребенчатый молоток (рисунок 5) работает следующим образом. В процессе работы поступающий материал для измельчения, соударяясь с сверхтвердыми зубцами-гребенками 4 вращающихся молотков 1, интенсивно измельчается. В процессе работы молотка и изнашивания его рабочей поверхности 3 меняется рабочая поверхность молотка путем смены отверстия 2 для шарнирного подвешивания молотка.

В теории удара приняты такие постулаты, как время действия ударных сил бесконечно мало, а импульс, полученный телом в результате удара, имеет конечную величину [9]. В соответствии с рисунком 6 ударная сила выглядит в форме холма, а верхняя точка равняется наибольшему показателю данной силы.

В результате исследования ударного раскалывания возможно применить закон изменения количества движения точки, записываемый в виде основного уравнения удара [11]

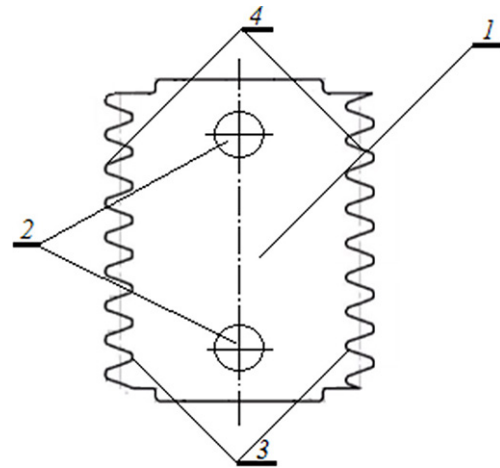
$$m(u - v) = S,$$

где $v = v_k(t)$ – скорость точки в начале удара;
 $u = v_k(t + \tau)$ – скорость точки в конце удара;
 $S = S_k$ – импульс сил, действующих на точку за



1 – молоток для дробления и измельчения;
 2 – отверстия; 3 – продольная ось симметрии;
 4 – рабочие участки молотка; 5 – закаленные
 остроконечные кромки; 6 – закаленные
 прямоугольные бойки

Рисунок 4 – Молоток для дробления
 и измельчения (заявка на патент,
 рег. № 2021/0375.1)



1 – зубчато-гребенчатый молоток; 2 – отверстия;
 3 – рабочие поверхности по двум поверхностям
 молотка; 4 – сверхтвердые зубцы-гребенки

Рисунок 5 – Зубчато-гребенчатый молоток
 молотковой дробилки (заявка на патент,
 рег. № 2021/0722.2)

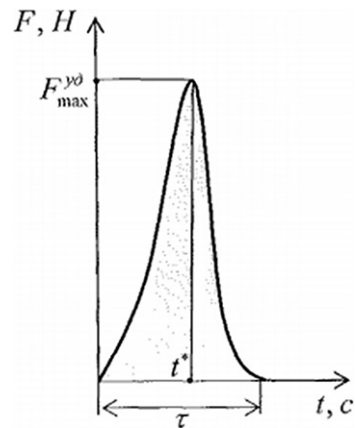


Рисунок 6 – Проекционное изображение ударной
 силы [10]

время удара.

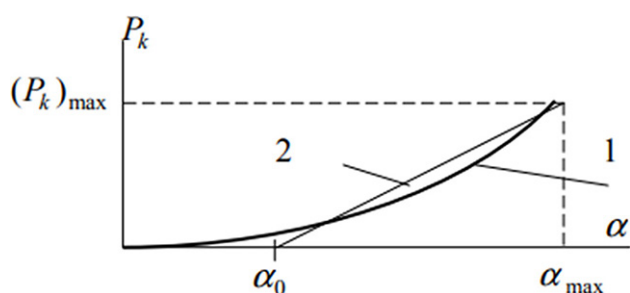
В соответствии с рисунком 7 представлена диаграмма нелинейной зависимости ударной силы P_k в зависимости от сближения α , когда ударная сила опишется по Герцу зависимостью $P_k = k\alpha^{3/2}$ [12].

Работа взаимодействующей силы (модель Герца)

$$\int_0^{\alpha_{\max}} P_k d\alpha = \int_0^{\alpha_{\max}} k\alpha^{3/2} \cdot d\alpha = \frac{2}{5} k\alpha_{\max}^{5/2}.$$

Работа взаимодействующей силы (модель Бидермана В.Л. – Малюковой М.Н.) [13]

$$\int_{\alpha_0}^{\alpha_{\max}} P_k d\alpha = \frac{1}{2} (P_k)_{\max} \cdot (\alpha_{\max} - \alpha_0).$$



1 – модель Герца, 2 – модель Бидермана В.Л. – Малюковой М.Н.

Рисунок 7 – Диаграммы, характеризующие изменение взаимодействующей силы P_k от сближения

Измельчение ударно-зубчатыми молотками можно описать критерием Ньютона [14], характеризующего отношение работы внешних сил к кинетической энергии тела, и следующего из второго закона Ньютона

$$Ne = U/pV_3^2B_3^2,$$

где U – сила усилия зуба молотка на измельчаемые частицы, Н; p – плотность измельчаемых частиц, кг/м³; V_3 – скорость движения головки зуба молотка, м/с; B_3 – расстояние от оси вращения ударно-зубчатого молотка до точки контакта головки зуба молотка с измельчаемыми частицами,

мм.

В начале проникновения зубьев молотка в измельчаемые частицы, усилие на зубьях молотка моментально возрастает, и в измельчаемых частицах образуются трещины и щели. При последующем проникновении зубьев молотка в измельчаемые частицы, усилие на зубьях молотка уменьшается при увеличении трещин и щелей до начала разделения одной частицы от другой.

Выводы

Элементарные акты разрушения осуществляются созданием в частицах предельных напряжений сдвига путем удара с одновременным раскалыванием. Кинетическая энергия сообщается непосредственно молоткам и зубьям молотков дробилки. Исходя из вышеизложенного эффективность работы молотковой дробилки, экономичность и область дисперсности, в которой наблюдаются лучшие показатели, зависят от ряда выявленных факторов, имеющих определенную взаимосвязь, особенно от наличия зубьев на молотках.

Данная научная работа является результатом, полученным в ходе реализации проекта ИРН № АР09562082 «Создание ударно-зубчатых молотков для интенсивного измельчения кормов из отходов животного происхождения», финансируемого в рамках грантового финансирования от Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ивашов В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности: Учебник. – СПб: ГИОРД, 2010. – 736 с.: ил.
- Федоренко И.Я. Технологические процессы и оборудование для приготовления кормов. – М.: Форум, 2015. – 176 с.: ил.
- Лисицын А.Б., Кузнецова О.А., Горбатов С.А. и др. История мясной промышленности России: Монография. Т. 1. – М.: ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова, 2021. – 296 с.
- Лисицын А.Б., Кузнецова О.А., Горбатов С.А. и др. История мясной промышленности России: Монография. Т. 2. – М.: ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова, 2021. – 392 с.
- Кафаров В.В., Дорохов И.Н. Системный анализ процессов химической технологии: основы стратегии: Монография. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 499 с.
- Кафаров В.В., Дорохов И.Н., Арутюнов С.Ю. Системный анализ процессов химической технологии: измельчение и смешение: Монография. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 440 с.
- Кафаров В.В., Дорохин И.Н., Арутюнов С.Ю. Системный анализ процессов производства химической технологии. Процессы измельчения и смешения сыпучих материалов. – М.: Наука, 1985. – 440 с.
- Искаков Р.М., Мулдашева М.Г. Молоток для дробления и измельчения. Патент Республики Казахстан на полезную модель № 4754, бюл. № 9 от 05.03.2020 г.
- Кочетков А.В., Федотов П.В. Некоторые вопросы теории удара / Институт Государственного управления, права и инновационных технологий (ИГУПИТ) Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» №5 2013 <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-voprosy-teorii-udara/viewer>
- Лейбович М.В. Теория удара в задачах и примерах. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та., 2016. – 236 с.
- Юдин В.А. Дополнительные лекции по теоретической механике. – Новосибирск: Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун. (Сибстрин), 2017. – 80 с.
- Манжосов В.К. Модели продольного удара: Монография. – Ульяновск: Ульяновский государственный технический университет, 2006. – 160 с.
- Бидерман В. Л. Расчеты на ударную нагрузку / В.Л. Бидерман // Расчеты на прочность в машиностроении. – М.: Машгиз, 1959. – Т. 3. – С. 479-580.
- Bol'shaya entsiklopediya nefti i gaza. 2 yanvarya 2019 g. [Big encyclopedia of oil and gas. January 2, 2019] [Electronic resource]. – <https://ngpedia.ru/id120712p1.html>.

Балғалы ұсатқышта соққы-бөлу ұнтақтауын жүйелі талдау

- ¹*ИСКАКОВ Руслан Маратбекұлы, т.ф.к., қауымдастырылған профессор, rus.iskakov79@mail.ru,
¹ИСЕНОВ Сұлтанбек Сансызбайұлы, т.ф.к., қауымдастырылған профессор, isenov_sultan@mail.ru,
¹ЗАИЧКО Григорий Анатольевич, т.ф.к., қауымдастырылған профессор, gzaichko@mail.ru,
¹С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті, Қазақстан, 010011, Нұр-Сұлтан, Жеңіс даңғылы, 62,
 *автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақаланың мақсаты – ұсатқыштың топсалы балғаларының жұмысқа қабілеттілігін жақсартуға әкелетін негізгі сипаттамаларды анықтау. Жем өндірісі, әсіресе жануарлардың қалдықтарын өңдеу, ұсатқыштарды жетілдіруді талап етеді. Бұл мәселенің шешімі соққыға бөлінетін тегістеудің жүйелі талдауы мен балғаның тиімді конструкцияларын жасаудың арқасында мүмкін болады. Ұрғыш пен балғаның конструктивтік ерекшеліктерін ескере отырып, соққы, бөліну, соқтығысу мәселелері жүйелік талдаудың иерархиясының V-ші деңгейінің құрылымдық диаграммаларында қарастырылады. Нәтижесінде, бөлшектеу бөлшектерінде жарықтар мен жарықтардың пайда болу уақытын қысқарту арқылы балғаларды жақсарту, сондай-ақ, сыртқы бетінде тісті бетті қалыптастыру арқылы балғаның конструкциясын өзгерту қажет екені анықталды. Ұсақталған бөлшектерді бөлу процесін күшейтетін балға. Зерттеу процесінде ұсақталған бөлшектердегі крекингтің қарқындылығымен тиімділікті арттыруға бағытталған балғалардың жаңа конструкциялары әзірленді. Балға ұсақтағыштың тиімділігі балғалы ұсақтағыштың балғаларында тістердің болуына байланысты екендігі анықталды.

Кілт сөздер: ауылшаруашылық және азық-түлік машинажасау, балғалар, балғалы ұсатқыштар, соққы-бөлу ұнтақтауы.

System Analysis of Impact-Splitting Grinding in a Hammer Mill

- ¹*ISKAKOV Ruslan, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, rus.iskakov79@mail.ru,
¹ISENOV Sultanbek, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, isenov_sultan@mail.ru,
¹ZAIKHO Grigory, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, gzaichko@mail.ru,
¹S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Kazakhstan, 010011, Nur-Sultan, Zhenis Avenue, 62,
 *corresponding author.

Abstract. The purpose of the article is to identify the main characteristics leading to the improvement of the operability of the crusher's hinged hammers. The production of feed and especially the processing of animal waste requires the improvement of crushers. The solution to this problem is possible due to the systematic analysis of impact-splitting grinding and the development of effective hammer designs. The issues of impact, splitting, impact are considered in the structural diagrams of the V level of the hierarchy of systems analysis, considering the design features of the crusher and hammers. As a result, it was revealed that it is advisable to improve hammers by reducing the time of formation of cracks and cracks in the splitting particles, as well as by changing the design of the hammer by forming a toothed surface on the outer surface of the hammer, which will intensify the process of splitting the crushed particles. In the process of research, new designs of hammers have been developed, aimed at increasing the efficiency with the intensification of cracking in the crushed particles. It was revealed that the efficiency of the hammer crusher depends on the presence of teeth on the hammers of the hammer crusher.

Keywords: agricultural and food machinery, hammers, hammer mills, impact-splitting grinding.

REFERENCES

1. Ivashov V.I. Tekhnologicheskoye oborudovaniye predpriyatiy myasnoy promyshlennost: Uchebnyk. – Saint Petersburg: GIORD, 2010. – 736 p.: il.
2. Fedorenko I.YA. Tekhnologicheskoye protsessy i oborudovaniye dlya prigotovleniya kormov. – Moscow: Forum, 2015. – 176 p.: il.
3. Lisitsyn A.B., Kuznetsova O.A., Gorbatov S.A. i dr. Istoriya myasnoy promyshlennosti Rossii: Monografiya. T. 1. – Moscow: FNTS pishchevykh sistem im. V.M. Gorbatova, 2021. – 296 p.
4. Lisitsyn A.B., Kuznetsova O.A., Gorbatov S.A. i dr. Istoriya myasnoy promyshlennosti Rossii: Monografiya. T. 2. – Moscow: FNTS pishchevykh sistem im. V.M. Gorbatova, 2021. – 392 p.
5. Kafarov V.V., Dorokhov I.N. Sistemnyy analiz protsessov khimicheskoy tekhnologii: osnovy strategii: Monografiya. – 2-ye izd., pererab. i dop. – Moscow: Izdatel'stvo Yurayt, 2018. – 499 p.
6. Kafarov V.V., Dorokhov I.N., Arutyunov S.YU. Sistemnyy analiz protsessov khimicheskoy tekhnologii: izmel'cheniye i smesheniye: Monografiya. – 2-ye izd., pererab. i dop. – Moscow: Izdatel'stvo Yurayt, 2018. – 440 p.
7. Kafarov V.V., Dorokhin I.N., Arutyunov S.YU. Sistemnyy analiz protsessov proizvodstva khimicheskoy tekhnologii. Protsessy izmel'cheniya i smesheniya sypuchikh materialov. – Moscow: Nauka, 1985. – 440 p.
8. Iskakov R.M., Muldasheva M.G. Molotok dlya drobleniya i izmel'cheniya. Patent Respubliki Kazakhstan na poleznuyu model', no. 4754, byul. no. 9 ot 05.03.2020 g.

9. Kochetkov A.V., Fedotov P.V. Nekotoryye voprosy teorii udara / Institut Gosudarstvennogo upravleniya, prava i innovatsionnykh tekhnologiy (IGUPIT) Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIYE», no. 5, 2013, <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-voprosy-teorii-udara/viewer>
10. Leybovich M.V. Teoriya udara v zadachakh i primerakh. – Khabarovsk: Izd-vo Tikhookean. gos. un.-ta., 2016. – 236 p.
11. Yudin V.A. Dopolnitel'nyye lektsii po teoreticheskoy mekhanike. – Novosibirsk: Novosib. gos. arkhitektur-stroit. un. (Sibstrin), 2017. – 80 p.
12. Manzhosov V.K. Modeli prodol'nogo udara: Monografiya. – Ul'yanovsk: Ul'yanovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiiy universitet, 2006. – 160 p.
13. Biderman V. L. Raschety na udarnuyu nagruzku / V.L. Biderman // Raschety na prochnost' v mashinostroyenii. – Moscow: Mashgiz, 1959. – T. 3. – pp. 479-580.
14. Bol'shaya entsiklopediya nefti i gaza. 2 yanvarya 2019 g. [Big encyclopedia of oil and gas. January 2, 2019] [Electronic resource]. – <https://ngpedia.ru/id120712p1.html>.

Analysis of Factors Affecting the Cracking Resistance of Steels for Rods

¹*NIKONOVA Tatyana, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, nitka82@list.ru,

¹ZHETESSOVA Gulnara, Dr. Tech. Sci., Professor, zhetesova@mail.ru,

²SHKAMAT Elena, Associate Professor, Senior Employee, jelena.skamat@vilniustech.lt,

¹ZHUNUSPEKOV Darkhan, doctoral student, zhynyspekov_darkhan@mail.ru,

¹MATESHOV Arman, Senior Lecturer, makashka_m@mail.ru,

¹Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

²Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania, 10223, Vilnius, Saulėtekio al., 11,

*автор-корреспондент.

Abstract. The purpose of the study is to determine the factors influencing the fracture toughness of steels in hydraulic cylinder rods. The dependence of the change in the hardness of pre-hardened steel 30KhGSA on the tempering temperature is presented. The hardness values of 30KhGSA steel after surface plastic deformation are presented. The dependences of the heating temperature on the calculated thickness of the sample, on the input energy, and on the level of hydrogen content in steel have been determined. The required heating temperature for steel 20MnV6 has been calculated. The reasons for the formation of cold cracks in steels 45, 40X, 30 HGSA, 20MnV6, 42CrMo have been determined. Recommendations are given for the elimination of the formation of cold cracks under the thermal effect of steels.

Keywords: rod, flock sensitivity, cracks, heat treatment, coating, residual stresses.

Introduction

Special equipment (excavators, drilling rigs) operates in harsh, harsh conditions characterized by high relative humidity, dynamic alternating loads in contact with rocks and soil [1].

The rod is one of the main structural elements of the hydraulic cylinders of special equipment, transmitting the force from the piston. This metal rod is made of structural steel or low alloy steel, with a chrome covering.

The chrome covering provides an additional layer of protection. It is more resistant to negative influences of the environment.

During operation, the rods of the hydraulic cylinders experience large dynamic loads. Despite the chrome-plating protection of the rubbing surfaces of the rod and the cylinder liner, various defects are formed on their surfaces as a result of these loads.

Rods for special equipment are made of the following steel grades: St45, 40X, 30HGSA. The choice of these steels is based on the properties that determine their applicability for such parts, namely, flock sensitivity and tendency to crack formation.

Research methods

The considered group of structural materials (medium-carbon low-alloy steels) is the most common in modern mechanical engineering. The most important characteristics of steels and alloys are

indicators of mechanical, technological and service properties.

In the manufacture of hydraulic cylinder rods, steels with an average carbon content (0.25-0.45%) are used, both unalloyed (for example, steel 45) and low-alloyed (30 HGSA, 40X according to GOST 4543-71). These structural engineering steels are used, as a rule, after quenching and tempering and, less often, in a normalized state. The temperature range of application of products from these steels is from – 5 to 60°C. Their toughness remains high enough down to – 60°C. After heat treatment, the strength can reach up to 1100 MGa [2-5].

The critical cooling rate of medium-carbon alloy steels during quenching is much lower than that of low-carbon steels due to a noticeable increase in the range of low stability of austenite. Therefore, when they are cooled, even in air, part of the austenite can be supercooled and undergo transformation below the MH temperature. Under heating and cooling conditions, the heat affected zone (HAZ) during heating even in the most overheated areas with homogeneous austenite at an increased cooling rate can form martensite [6].

In structural carbonaceous, low- and medium-alloyed steels, the nonequilibrium phase – martensite – is of particular importance. It is a supersaturated solution of carbon in α -iron, is formed by a special mechanism and has high strength and hardness (the

higher, the more carbon is contained in martensite) and low plasticity and toughness.

In steels with a carbon content of 0.30% and higher, upon rapid cooling of the metal in the heat-affected zone, a solid martensitic or troostite structure is formed, which is much more brittle than the base metal, which creates a danger of brittle fracture both during the manufacture of products (cold cracks) and during operation.

Structural changes occurring during various heat treatment operations contribute to the change in the properties of steels. A change in the structure, consisting in a change in the size and state of the phase components, determines the changes in the motion and deceleration of dislocations and, thereby, the resistance to deformation and the limiting value of deformation under loading of steel. The presence in the ferrite matrix of an excess phase in a dispersed state or even in a pre-precipitation state leads to a distributed multiple blocking of dislocation motion and thereby to a significant hardening of the steel. In this case, naturally, the ductility and toughness of the steel are reduced [7].

From literary sources it is known about the effect of tempering temperature on the hardness of pre-hardened structural steel 30HGSA. Figure 1 shows a graph of the dependence of the hardness of steel 30HGSA on the tempering temperature. When the hardened structural steel 30HGSA is heated in

the temperature range of 200-700°C, a significant decrease in the metal hardness occurs [8].

For a more detailed study of the structure and properties of the metal in the area of softening, samples were made from pre-hardened and tempered 30XGSA structural steel. The heating temperature was determined from the thermokinetic diagram for steel 30KhGSA and amounted to 760°C, which corresponds to the Ac1 temperature for 30KhGSA, at which a section of high-temperature tempering of the HAZ begins to form. This heating simulated the thermal effect on the base metal. The results of measuring the hardness of the samples are shown in Figure 2.

It should also be borne in mind that with an increase in the thickness of the metal, the structural and mechanical inhomogeneity of the material increases, and the likelihood of the appearance of defects increases. In this case, stresses along the thickness of the metal also increase and conditions are created for the transition from a plane stress state to a plane-deformed state. Statistical analysis of the causes of destruction of large-sized thick-walled structures operating under load indicates that in more than 80% of cases, destruction occurs as a result of the formation and growth of cracks in the metal.

The high strength of materials can only be realized in structures when it is combined with a sufficient supply of other properties and, above all,

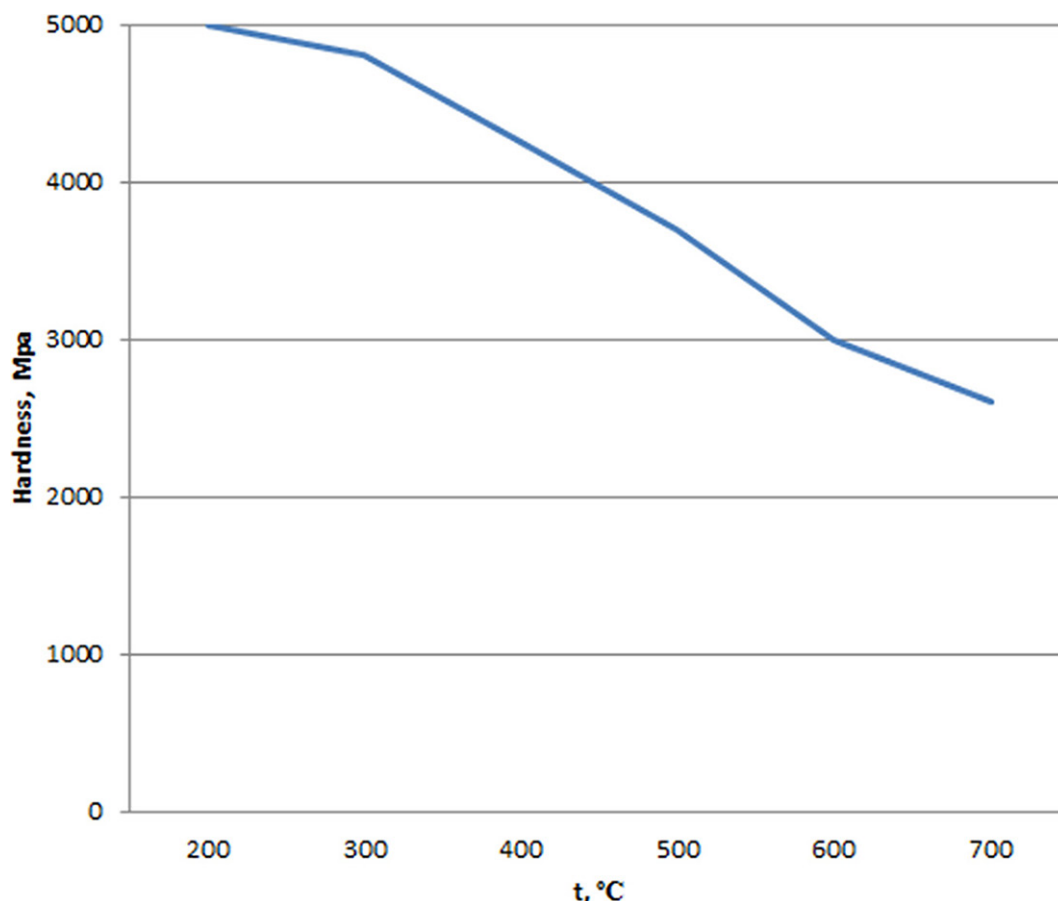
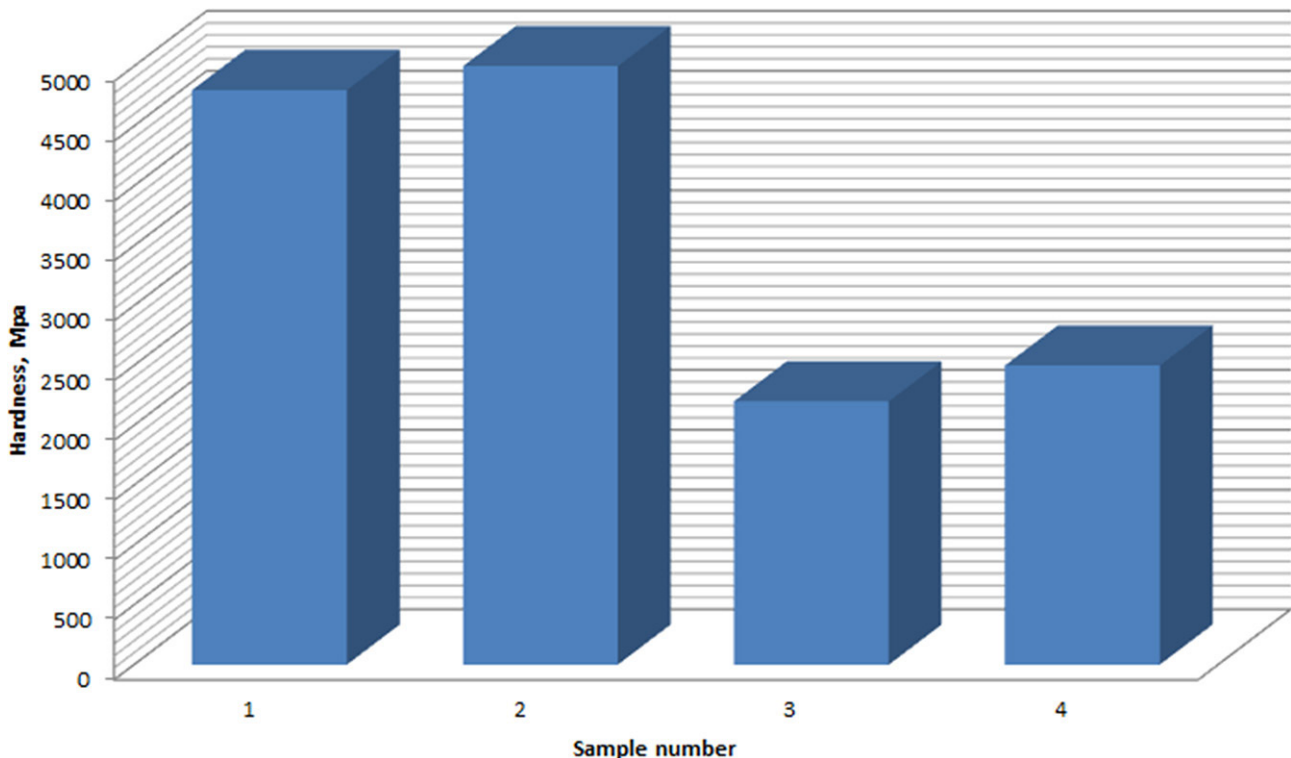


Figure 1 – Dependence of the change in hardness, pre-hardened steel 30HGSA on drawing temperature



1 – value of hardness, hardened and tempered structural steel 30HGSA according to GOST 8479-70; 2 – Sample hardness after hardening and drawing-back; 3 – hardness of the sample after heating to Ac1 temperature (760°C) and subsequent cooling in air; 4 – hardness of a sample subjected to surface plastic deformation

Figure 2 – Hardness of samples of structural steel 30HGSA after various impacts

with the fracture toughness.

It should also be noted that with an increase in the degree of alloying of steels, especially with chemical elements that contribute to precipitation hardening (for example, vanadium, molybdenum, etc.), the likelihood of cracking during reheating of structures during subsequent heat treatment (for example, when remelting coatings) increases significantly. so-called cracks during heat treatment (CHO). The mechanisms responsible for the formation of CHO can be conditionally subdivided into two groups depending on their influence on the direct and relative softening of grain boundaries.

Direct softening is a consequence of grain-boundary segregation of alloying and impurity elements, adsorption of gases, release of brittle phases, the appearance of high-temperature slip and martensitic transformation of a high density of crystal lattice imperfections, and the formation of submicroscopic or microscopic embryonic defects.

Relative softening, which in most cases is the main factor, manifests itself as a result of the precipitation hardening process caused by the release of particles of thermally stable secondary phases. With holding, adopted in the process of heat treatment, precipitation hardening of low and medium alloy steels manifests itself in the temperature range of 500-700°C, in which the appearance of CHO is noted, which is primarily caused by the formation of molybdenum and vanadium carbides.

To analyze the tendency of structures to form cracks upon reheating, the following indicators are used, proposed by various researchers for steels with $C \leq 0.18\%$ and $Cr < 1.5\%$:

$$\Delta G = Cr + 3,3Mo + 8,1V - 2. \quad (1)$$

At $\Delta G > 0$, the danger of the appearance of CHO increases.

The formation of martensite in the HAZ during heating of medium-carbon, low- and medium-alloy steels is the main reason for the difficulty of their heat treatment due to the tendency to form cold cracks. Cold cracks can appear immediately after thermal exposure (for example, during the application of thermal spray coatings and their remelting) and after some time. The disadvantage of the steels under consideration is also the martensitic structure of the HAZ, which determines the increased brittleness of these areas, which can affect their operation, especially when operating at low temperatures, dynamic loads, etc. [9].

Cold cracks are a type of localized destruction of structures. In the formation of cold cracks, three factors are decisive: hardening structures, an increased level of stresses of the first kind, and the saturation of the metal with hydrogen. It was found that the process of cold crack formation includes three stages: preparatory, incubation and spontaneous destruction. The first two stages characterize the nucleation process, and the third, the crack propagation process.

According to the researchers, cold cracks originate along the boundaries of the actual austenite grain as a result of high-temperature plastic deformation, at which the density of mobile dislocations increases and the elastic energy of structural distortions increases. The subsequent appearance of submicrocracks is the result of sliding along grain boundaries and diffusion of vacancies to the boundaries. Hydrogen and sulfur, which reduce the surface energy of grain boundaries, promote the growth of cavities and submicrocracks [10].

The tendency of steels to cold cracking is associated with their hardenability – an increase in hardness under the influence of a thermal cycle and saturation of the HAZ metal with hydrogen. Since the hardenability of steels increases with an increase in the degree of alloying, the propensity to form cold cracks is roughly estimated by the carbon equivalent index C_e :

$$C_e = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{5} + \frac{V}{5} + \frac{(Ni + Cu)}{15}. \quad (2)$$

It is believed that at $C_e \leq 0.4$, steel is not prone to cold cracking.

Equivalent carbon content affects the critical hydrogen content in the metal of structural alloy steels. The higher the content of carbon and other elements that lower the temperature of martensitic transformation, the lower the hydrogen content, cracks form.

In order to avoid the formation of cold cracks during thermal action of medium-carbon steels, especially alloyed ones, it is first of all necessary to slow down the cooling rate of the metal of the structure during thermal action and to reduce the level of arising stresses. Reducing the cooling rate of the HAZ does not always prevent the transformation of austenite to martensite. But even if the martensitic transformation cannot be avoided, the decomposition of austenite in the martensite zone is transferred to the temperature range closer to Mn (farther from Mk), which makes the formed martensite less stressed and less brittle.

Since the formation of cold cracks is influenced by hydrogen, during the thermal effect of steels of this type, special precautions must be taken to prevent the ingress of hydrogen sources – moisture and scale – into the thermal effect zone. To do this,

thoroughly dry and clean the surface of the product before thermal exposure. Technological measures are also advisable, allowing to reduce the level of stresses in the product, heat treatment, most often high tempering, which simultaneously leads to the decomposition of martensite and to reduce residual stresses.

To prevent the formation of cold cracks, it is effective to use heating during thermal exposure. This reduces the cooling rate of the HAZ metal, prevents the formation of martensite, and creates favorable conditions for the removal of diffusible hydrogen.

To estimate the required reheating temperature during thermal action in order to avoid the formation of cold cracks, you can use the recommendations presented in the international standard EN 1011-2: 2002 «Welding – Recommendations for welding of metallic materials – Part 2: Arc welding of ferritic steels». It can be assumed that the thermal effect on the steel metal during the welding process will be similar to the thermal effect during the application of thermal spray coatings and their remelting. The standard [11] presents 2 methods for determining the required heating temperature of steels under thermal action.

The first method for determining the heating temperature according to formula (2).

Let us determine the possible level of hydrogen content in steel according to table 3 [12].

Heating calculation formula:

$$Q^* = Q_1 + Q_2 + Q_3. \quad (3)$$

The energy introduced into the steel when the coating is heated to the melting point [13]:

$$Q_1 = C_1 m (t_2 - t_1), \quad (4)$$

where C_1 is the heat capacity of the heated material, J/kgK;

m is the mass of the heated material, kg;

t_1 is the initial temperature, °K ($t_1 = 293^\circ\text{K}$);

t_2 is the temperature required when heating the coating to the melting temperature, °K ($t_2 = 1273^\circ\text{K}$).
Energy introduced into steel during coating melting:

$$Q_2 = m \times \nu, \quad (5)$$

where m is the mass of the heated material, kg;

ν is the specific heat of fusion.

The energy introduced into the steel when the

Table 1 – ΔG Steels used in the production of hydraulic cylinder rods

Steel grade	45	40X	30HGSA	20MnV6	42CrMo
ΔG	-1,965	-0,9	-0,9	0,184	0,025

Table 2 – Equivalent of carbon C_e of steels used in the production of hydraulic cylinder rods

Steel grade	45	40X	30HGSA	20MnV6	42CrMo
C_e	0,674	0,833	0,783	0,604	0,873

coating is heated to the melting temperature:

$$Q_3 = C_2 m (t_3 - t_2), \quad (6)$$

where C_2 is the heat capacity of the molten material, J/kgK ;

m is the mass of the heated material, kg;

t_2 is the temperature required when heating the coating to the melting temperature, °K ($t_2 = 1273^\circ K$);

t_3 is the temperature required when heating the molten coating, °K ($t_3 = 1573^\circ K$). According to the nomogram shown in Figure 3, we determine the required steel heating temperature [14].

The second method for determining the heating temperature.

Let's define the carbon equivalent for steel:

$$CET = C + \frac{Mn + Mo}{10} + \frac{Cr + Cu}{20} + \frac{Ni}{40}, \% \quad (7)$$

Required temperature Without heating steel under thermal influence (°C) [15]:

$$Tp = TpCET + Tpd + TpHD + TpQ. \quad (8)$$

Heating temperature taking into account the carbon equivalent of steel (°C):

$$TpCET = 750 \times CET - 150. \quad (9)$$

Heating temperature taking into account the thickness (d) of the product (°C):

$$Tpd = 160 \times tg\left(\frac{d}{35}\right) - 110. \quad (10)$$

Heating temperature taking into account hydrogen content in steel (°C):

$$TpHD = 62 \times HD_{0,35} - 100. \quad (11)$$

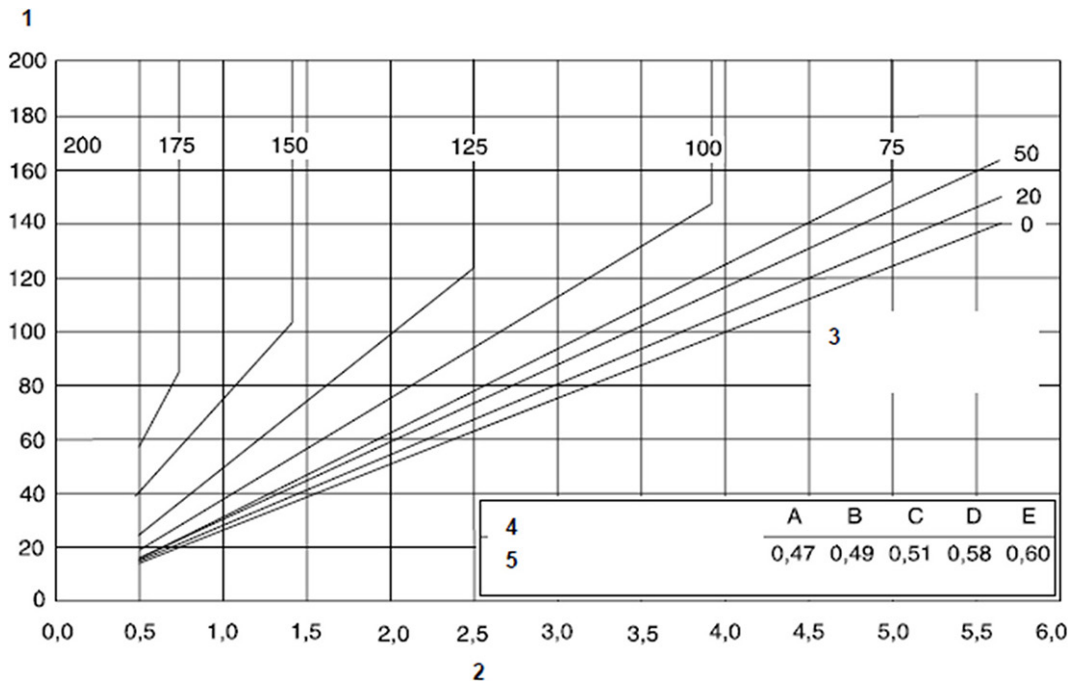
Heating temperature taking into account the energy introduced into the steel during the remelting of the coating (°C):

$$TpQ = (53 \times CET - 32) \times Q - 53 \times CET + 32. \quad (12)$$

After calculating the required heating temperature for steel 20MnV6, the following data were obtained. The required heating temperature of 20MnV6 steel under thermal action (during remelting

Table 3 – The level of hydrogen content in the weld metal

Diffusible hydrogen content, ml/100g of deposited metal	Hydrogen scale
> 15	A
10 ≤ 15	B
5 ≤ 10	C
3 ≤ 3	D
≤ 3	E



1 – design thickness, mm; 2 – introduced energy per unit length, kJ/mm; 3 – minimum required heating temperature, °C; 4 – hydrogen content in steel, ml/100g; 5 – carbon steel equivalent

Figure 3 – Nomogram for determining the heating temperature

of the coating) is 125°C according to the first method, 82°C according to the second method.

Conclusions

When identifying factors affecting the formation of cracks in the steels under study (used in the manufacture of hydraulic cylinder rods 45, 40X, 30HGSA, 20MnV6, 42CrMo), it was found that for steels 20MnV6, 42CrMo, cracking is possible upon reheating. At the same time, evaluating the carbon equivalent of the metal, we can say that all steels (45, 40X, 30HGSA, 20MnV6, 42CrMo) are prone to cold

cracking under significant thermal exposure (for example, when remelting a gas-thermal coating). The reason for the formation of cold cracks is the embrittlement of the steel metal at an increased cooling rate, thermal stresses and hydrogen in the steel metal. In order to avoid the formation of cold cracks during thermal action of steels, it is necessary to slow down the cooling rate of the metal of the structure during thermal action and to reduce the level of arising stresses. In this case, to prevent the formation of cold cracks, it is effective to use preheating during thermal exposure [16].

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. AP08856371).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Karyernyy avtotransport stran SNG v XXI veke / P.A. Mariyev i dr. – Moscow: Nauka. Leningradskoye Otdeleniye, 2006. – 382 p.
2. Lenard J.G. Metal Forming Science and Practice. Elsevier Science, 2002. – 378 p.
3. Callister W.D. Materials Science and Engineering: An Introduction 7th Edition. – Wiley, 2007. – 149 p.
4. Bernshteyn M.L., Zaymovskiy V.A. Mekhanicheskiye svoystva metallov. Moscow: Metallurgiya, 1979. – 494 p.
5. Gulyayev A. P. Metallovedenie. Uchebnik dlya vuzov. 5-ye izd., pererab. i dop. – M.: Metallurgiya, 1986. – 544 p.
6. Gudkov A.A. Treshchinostoykost' stali. – Moscow: Metallurgiya, 1989. – 376 p.
7. Matyunin V.M. Karpman M.G., Fetisov G.P. Materialovedeniye i tekhnologiya metallov – Moscow: Vysshaya shkola, 2002. – 640 p.
8. Lavrent'yev A.Yu. Dozhdelev A.M. Issledovaniye protsessov, protekayushchikh v zone termicheskogo vliyaniya pri naplavke na termoobrabotannuyu konstruktsionnuyu stal' 30HGSA. http://www.science-bsea.bgita.ru/2014/mashin_2014_20/lavrentiev_issled.htm
9. Dozhdelev A.M., Lavrent'yev A.Yu., Zubkov N.S. Vozniknoveniye zony termicheskogo vliyaniya pri izgotovlenii naplavlennogo metallorazhushchego instrumenta. http://www.science-bsea.bgita.ru/2014/mashin_2014_19/dojdelev_vozn.htm
10. Volodyuk M.L., Kravchenko L.P. Strukturnyye prevrashcheniya v zone termicheskogo vliyaniya pri vosstanovlenii detaley naplavkoy iz zakalivayushchikhsya staley <http://nti.khai.edu:57772/csp/nauchportal/Arhiv/AKTT/2011/AKTT211/Volovody.pdf>
11. LST EN 1011-2:2002 Welding – Recommendations for welding of metallic materials – Part 2: Arc welding of ferritic steels EN 1011-2:2001.
12. Dozhdelev A.M. Razrabotka resursosberegayushchey tekhnologii izgotovleniya instrumental'nogo bimetallda na osnove upravleniya strukturoy i svoystvami zony splavleniya R2M8 i 30KHGSA. Avtoreferat dissertatsii na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. Saint Petersburg. – 2018. – 31 p.
13. Lavrent'yev A.Yu., Dozhdelev A.M. Sovershenstvovaniye struktury zony termicheskogo vliyaniya naplavlennogo bimetallicheskogo instrumenta. Nauchno-tekhnicheskiye vedomosti CPbPU. Yestestvennyye i inzhenernyye nauki. Tom 23. – no. 3. – 2017. – pp. 118-126.
14. Lebedev Yu.M. Vliyaniye svarochnogo i poslesvarochnogo nagreva na strukturnyye prevrashcheniya i svoystva ZTV svarnykh soyedineniy zakalivayushchikhsya staley <http://dSPACE.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/100911/06-Lebedev.pdf?sequence=1>
15. Loshakov S.A., Plaksina L.T., Shvedov V.V. Tekhnologiya remontnoy naplavki Sektora modulya burovoy lebedki // MASTER'S JOURNAL. – no. 1. – 2017. – pp. 61-67.
16. Otchet o NIR no. gos. registratsii 0120RK00346 «Razrabotka resursosberegayushchey tekhnologii remonta dlinnomernykh shtokov gidrotsilindrov krupnogabaritnoy spetstekhniki promyshlennogo naznacheniya s vozmozhnost'yu vosstanovleniya lokal'nykh povrezhdeniy na meste yeye ekspluatatsii» avtorov Zhetesovoy G.S., Ibatova M.K., Nikonovoy T.Yu. i dr. – Karaganda, 2020. – 43 p.

Түтіктер үшін сынықты болатқа әсерлейтін факторларды талдау

¹*НИКОНОВА Татьяна Юрьевна, т.ф.к., доцент, nitka82@list.ru,

¹ЖЕТЕСОВА Гульнара Сантаевна, т.ф.д., профессор, zhetesova@mail.ru,

²ШКАМАТ Елена, доцент, аға қызметкер, jelena.skamat@vilniustech.lt,

¹ЖУНУСПЕКОВ Дархан Серикович, докторант, zhynyspekov_darkhan@mail.ru,

¹МАТЕШОВ Арман Кариевич, аға оқытушы, takashka_m@mail.ru,

¹Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

²Гедиминас атындағы Вильнюс техникалық университеті, Литва, 10223, Вильнюс, Saulėtekio al., 11,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Зерттеудің мақсаты – гидравликалық цилиндр өзектеріндегі болаттардың сынуға төзімділігіне әсер ететін факторларды анықтау. Алдын ала беріктендірілген 30KHGSA болатының қаттылығының өзге-

руінің шыңдау температурасына тәуелділігі ұсынылған. Беттік пластикалық деформациядан кейін 30KHGSA болатының қаттылық мәндері келтірілген. Үлгінің есептелген қалыңдығына, берілетін энергияға және болаттағы сутегі құрамының деңгейіне қыздыру температурасының тәуелділігі анықталады. Болаттың 20MnV6 қажетті қыздыру температурасы есептелген. 45, 40X, 30 XГСА, 20MnV6, 42CrMo болаттарында суық жарықтардың пайда болу себептері анықталды. Болаттардың термиялық әсерінен суық жарықтардың пайда болуын жою бойынша ұсыныстар берілген.

Кілт сөздер: баған, флокуляция, жарықтар, термиялық өңдеу, жабын, қалдық кернеулер.

Анализ факторов, влияющих на трещиноустойчивость сталей для штоков

¹*НИКОНОВА Татьяна Юрьевна, к.т.н., доцент, nitka82@list.ru,

¹ЖЕТЕСОВА Гульнара Сантаевна, д.т.н., профессор, zhetesova@mail.ru,

²ШКАМАТ Елена, доцент, старший сотрудник, jelena.skamat@vilniustech.lt,

¹ЖУНУСПЕКОВ Дархан Серикович, докторант, zhynyspekov_darkhan@mail.ru,

¹МАТЕШОВ Арман Кариевич, старший преподаватель, makashka_m@mail.ru,

¹Карагандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

²Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, Литва, 10223, Вильнюс, Saulėtekio al., 11,

*corresponding author.

Аннотация. Цель исследования – определение факторов, влияющих на трещиностойкость сталей в штоках гидроцилиндров. Представлена зависимость изменения твердости предварительно закаленной стали 30XГСА от температуры отпуска. Приведены значения твердости стали 30XГСА после поверхностной пластической деформации. Определены зависимости температуры нагрева от расчетной толщины образца, подводимой энергии и уровня содержания водорода в стали. Рассчитана необходимая температура нагрева стали 20MnV6. Установлены причины образования холодных трещин в сталях 45, 40X, 30 XГСА, 20MnV6, 42CrMo. Даны рекомендации по устранению образования холодных трещин при термическом воздействии сталей.

Ключевые слова: шток, флокучувствительность, трещины, термообработка, покрытие, остаточные напряжения.

REFERENCES

1. Karyernyy avtotransport stran SNG v XXI veke / P.A. Mariyev i dr. – Moscow: Nauka. Leningradskoye Otdeleniye, 2006. – 382 p.
2. Lenard J.G. Metal Forming Science and Practice. Elsevier Science, 2002. – 378 p.
3. Callister W.D. Materials Science and Engineering: An Introduction 7th Edition. – Wiley, 2007. – 149 p.
4. Bernshteyn M.L., Zaymovskiy V.A. Mekhanicheskiye svoystva metallov. Moscow: Metallurgiya, 1979. – 494 p.
5. Gulyayev A. P. Metallovedenie. Uchebnik dlya vuzov. 5-ye izd., pererab. i dop. – M.: Metallurgiya, 1986. – 544 p.
6. Gudkov A.A. Treshchinostoykost' stali. – Moscow: Metallurgiya, 1989. – 376 p.
7. Matyunin V.M. Karpman M.G., Fetisov G.P. Materialovedeniye i tekhnologiya metallov – Moscow: Vysshaya shkola, 2002. – 640 p.
8. Lavrent'yev A.Yu. Dozhdelev A.M. Issledovaniye protsessov, protekayushchikh v zone termicheskogo vliyaniya pri naplavke na termoobrabotannuyu konstruktsionnuyu stal' 30KHGSA. http://www.science-bsea.bgita.ru/2014/mashin_2014_20/lavrentiev_issled.htm
9. Dozhdelev A.M., Lavrent'yev A.Yu., Zubkov N.S. Vozniknoveniye zony termicheskogo vliyaniya pri izgotovlenii naplavlennogo metallorozhushchego instrumenta. http://www.science-bsea.bgita.ru/2014/mashin_2014_19/dojdelev_vozn.htm
10. Volodyuk M.L., Kravchenko L.P. Strukturnyye prevrashcheniya v zone termicheskogo vliyaniya pri vosstanovlenii detaley naplavkoy iz zakalivayushchikhsya staley <http://nti.khai.edu:57772/csp/nauchportal/Arhiv/AKTT/2011/AKTT211/Volovody.pdf>
11. LST EN 1011-2:2002 Welding – Recommendations for welding of metallic materials – Part 2: Arc welding of ferritic steels EN 1011-2:2001.
12. Dozhdelev A.M. Razrabotka resursosbergayushchey tekhnologii izgotovleniya instrumental'nogo bimetallda na osnove upravleniya strukturoy i svoystvami zony splavleniya R2M8 i 30KHGSA. Avtoreferat dissertatsii na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. Saint Petersburg. – 2018. – 31 p.
13. Lavrent'yev A.Yu., Dozhdelev A.M. Sovershenstvovaniye struktury zony termicheskogo vliyaniya naplavlennogo bimetallicheskogo instrumenta. Nauchno-tekhnicheskiye vedomosti CPbPU. Yestestvennyye i inzhenernyye nauki. Tom 23. – no. 3. – 2017. – pp. 118-126.
14. Lebedev Yu.M. Vliyaniye svarochnogo i poslesvarochnogo nagreva na strukturnyye prevrashcheniya i svoystva ZTV svarnykh soyedineniy zakalivayushchikhsya staley <http://dSPACE.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/100911/06-Lebedev.pdf?sequence=1>
15. Loshakov S.A., Plaksina L.T., Shvedov V.V. Tekhnologiya remontnoy naplavki Sektora modulya burovoy lebedki // MASTER'S JOURNAL. – no. 1. – 2017. – pp. 61-67.
16. Otchet o NIR no. gos. registratsii 0120RK00346 «Razrabotka resursosbergayushchey tekhnologii remonta dlinnomernykh shtokov gidrotsilindrov krupnogabaritnoy spetstekhniki promyshlennogo naznacheniya s vozmozhnost'yu vosstanovleniya lokal'nykh povrezhdeniy na meste yeye ekspluatatsii» avtorov Zhetesovoy G.S., Ibatova M.K., Nikonovoy T.Yu. i dr. – Karaganda, 2020. – 43 p.

Технологические решения в непрерывной разливке трубных заготовок

¹***БОГОМОЛОВ Алексей Витальевич**, к.т.н., профессор, bogomolov71@mail.ru,

²**ЖАКУПОВА Арай Толепбергеновна**, докторант, aray_zhakupova86@mail.ru,

¹**ЖАКУПОВ Алибек Ныгматуллович**, PhD, ассоциированный профессор, alibek_j85@mail.ru,

¹Торайгыров университет, Казахстан, 140008, Павлодар, ул. Ломова, 64,

²Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Казахстан, 070004, Усть-Каменогорск, ул. Протозанова, 69,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Цель работы – разработка рекомендаций по совершенствованию существующей технологии непрерывной разливки трубной заготовки и конструкции для ее осуществления, применяемой на трубопрокатном заводе ТОО «KSP Steel». Основным решением является осуществление двустороннего охлаждения полой заготовки в зоне вторичного охлаждения (ЗВО) на машине непрерывной разливки заготовок (МНЛЗ). Обосновано оптимальное соотношение расхода охладителя на внутреннюю и наружную поверхности заготовки. Результатом предлагаемых решений является улучшение качества макроструктуры и геометрии заготовки. При анализе макроструктуры заготовки выявлено уменьшение дефектов более чем в два раза. Исследование поперечного сечения заготовки показало снижение отклонения минимальной толщины стенки от максимальной с 6,1 до 1,8 мм. Равномерность механических свойств по показаниям твердости повышена с $\pm 10,5$ до ± 3 НВ.

Ключевые слова: полая заготовка, непрерывная разливка, макроструктура, кристаллизатор, дорн.

Введение

Единственным производителем бесшовных горячекатаных труб нефтяного сортамента на территории Казахстана является трубопрокатный завод ТОО «KSP Steel». Существующая технология производства включает полный цикл: от разливки непрерывнолитой заготовки до прокатки и отделки готовой трубы. Однако в связи с повышающимися требованиями к качеству труб и необходимостью быть конкурентоспособным на внешнем рынке, требуется постоянное совершенствование и применение новых решений в технологии производства труб.

Для получения горячекатаной трубы на ТОО «KSP Steel» используется сплошная непрерывнолитая заготовка собственного сталеплавильного производства. Однако применение сплошной заготовки имеет свои недостатки: наличие внутренних дефектов заготовки, таких как осевая пористость и ликвация, а также неравномерность структуры и свойств заготовки по сечению, ввиду разных скоростей охлаждения внутренних и внешних слоев металла заготовки [1-3].

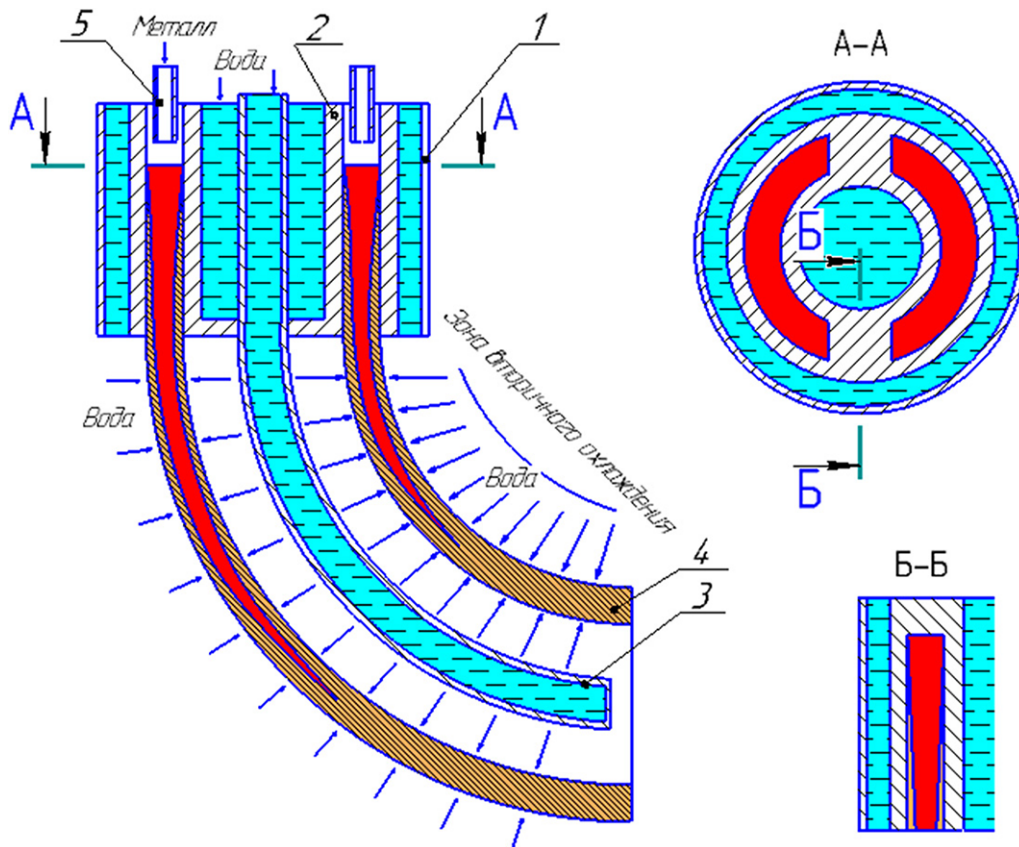
Решением данной проблемы является разливка полой заготовки [4], исключающей возникновение осевой пористости и ликвации, вследствие отсутствия металла в центральной части, а также применения двустороннего охлаждения заготов-

ки после выхода из кристаллизатора, способствующего лучшим условиям теплоотвода и формированию однородной структуры при охлаждении и затвердевании заготовки. Кроме того, использование в качестве исходной заготовки полой литой позволяет исключить процесс прошивки, в результате которой большая вероятность возникновения дополнительных видов дефектов проката, таких как механические задиры, геометрические отклонения размеров в поперечном сечении и другие [5-7].

Методы исследования

Технологический процесс разливки с предлагаемыми решениями включает ввод затравки, подачу жидкого металла в полость между внутренней поверхностью кристаллизатора и наружной поверхностью дорна, формирование корочки металла, охлаждение заготовки: в зоне кристаллизатора за счет подачи хладагента в полость кристаллизатора и дорна; в зоне вторичного охлаждения, как снаружи за счет форсуночной системы, так и внутри, через стержень, установленный ниже дорна [8].

Предлагаемый способ разливки трубной заготовки осуществляется на установке, показанной на рисунке. Установка состоит из кристаллизатора 1 и совмещенного с ним дорна 2 для форми-



Устройство непрерывной разливки полой заготовки [8]

рования внутренней полости отливаемой заготовки. Сквозь дорн проходит полый стержень 3 для подачи под необходимым давлением хладагента для охлаждения внутренней полости заготовки с помощью форсунок. С наружной стороны в ЗВО охлаждение также производится через форсунок. Радиус изгиба стержня соответствует радиусу изгиба кристаллизующейся заготовки 4, при производстве на радиальных МНЛЗ. Подача металла осуществляется через металлопроводы 5.

В работе [9] доказано, что равномерность охлаждения зависит от геометрических параметров охлаждающего изделия. Учитывая данную закономерность, расход охладителя должен соответствовать площади охлаждаемой поверхности. В связи с этим, предлагаемый способ охлаждения достигается обеспечением равномерного охлаждения полой заготовки за счет двустороннего охлаждения по следующей зависимости [10]:

$$G_H = \frac{R}{r} \cdot G_B,$$

где G_H , G_B – расход охладителя соответственно на наружную и внутреннюю поверхности заготовки, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$;

R , r – наружный и внутренний радиус заготовки, м;

Результаты и их обсуждение

Для оценки формирования структуры и геометрии заготовки производилось моделирование

непрерывной разливки в программе «LVM Flow». Анализировались дефекты макроструктуры, нормируемые по ГОСТ Р 58228-2018 «Заготовка стальная непрерывнолитая. Методы контроля и оценки макроструктуры». Результаты моделирования заявляемого способа разливки с применением внутреннего охлаждения ниже кристаллизатора по сравнению с охлаждением только в зоне кристаллизатора приведены в таблице 1. Так как в полых заготовках исключена осевая пористость и ликвация, что и подразумевает их использование вместо сплошных для производства труб, определялись только светлые полосы, краевые точечные загрязнения, ликвационные полосы и трещины.

Как видно из результатов таблицы 1, предлагаемый способ способствует улучшению однородности и формированию бездефектной макроструктуры заготовок.

Усредненные результаты опробования предлагаемого способа охлаждения полых заготовок, смоделированного в «LVM Flow», приведены в таблице 2. Для анализа геометрии была также взята модель заготовки диаметром 210 мм. В численном виде для полой заготовки диаметром 210 мм с внутренним диаметром 144 мм расход охладителя на наружную поверхность осуществляли в 1,46 раз больше, чем при внутреннем.

Полученные результаты свидетельствуют о равномерности охлаждения и целесообразности применения предлагаемого способа.

Таблица 1 – Результаты макроструктурного исследования

Диаметр заготовки, мм	Марка стали	Дефект макроструктуры, балл (среднее значение)		
		Ликвационные полосы и трещины	Светлые полосы	Краевое точечное загрязнение
210	16MnCr5	0,52/023	0,54/0,23	0,0/0,0
	AISI 4130	0,55/0,25	0,56/0,24	0,09/0,02
	Gr9B	0,63/0,31	0,68/0,35	0,09/0,02

Таблица 2 – Результаты опробования предлагаемого способа

Способ	Марка стали	Толщина стенки, мм	Твердость, НВ (от наружной поверхности к внутренней)
Стандартный $G_H = G_B$	AISI 4130	34,0  32,5	139; 137; 131; 145; 152
Предлагаемый $G_H = \frac{R}{r} \cdot G_B$		34,9  36,4	
		34,5	145; 143; 141; 145; 147

Выводы

Результаты опробования предлагаемых решений по разливке полой заготовки с использованием двустороннего охлаждения в ЗВО подтверждают целесообразность их применения вследствие формирования менее дефектной макроструктуры за счет сокращения более чем в два раза светлых полос, краевых точечных загрязнений, ликва-

ционных полосок и трещин. Кроме того, за счет применения зависимости величины расхода хладагента на внутреннюю и наружную поверхности относительно охлаждаемой поверхности снижена разностенность отливаемой полой заготовки с 6,1 до 1,8 мм и достигнута равномерность механических свойств по сечению заготовки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Feldhaus S., Bratberg J. Continuous Casting of High Carbon Steel: How Does Hard Cooling Influence Solidification, Micro- and Macro Segregation? / IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 529 (2019) 1, doi:10.1088/1757-899X/529/1/012069.
- Luchkin V.S. Continuous casting billet with different sections quality specificity / V.S. Luchkin, S.A. Vorobej, G.V. Levchenko // Metal and foundry of Ukraine (2005) 5, P. 30-33.
- Krayushkin N.A. Temperature Fields and Thermal Stress in the Solidification of Cylindrical Continuous-Cast Steel Billet / N.A. Krayushkin, A. Pribytkov, K.S. Shatokhin // Steel in Translation 49 (2019) 1, P. 20-23.
- Harada H. Continuous casting of hollow billets / H. Harada, E. Anzai, E. Takeuchi // Canadian metallurgical quarterly 39 (2000) 3, P. 307-318.
- Ботников С.А. Современный атлас дефектов непрерывнолитой заготовки и причины возникновения прорывов кристаллизующейся корочки металла. 2 изд. Волгоград, 2011. – С. 97.
- Pickering E.J. Macro segregation in Steel Ingots: The Applicability of Modelling and Characterisation Techniques / ISIJ International, 53 (2013) 6, P. 935-949.
- Shevchenko E.A. Rational length of supported system of narrow faces of concast billet for preventing its convexity / E.A. Shevchenko, A.M. Stolyarov, A.N. Shapovalov, K.V. Baranchikov // Izvestiya. Ferrous Metallurgy 58 (2015) 1, P. 39-43.
- Патент на полезную модель №5866, ПК. Способ непрерывного литья полых заготовок. МПК В22D 11/04, опубл. 19.02.2021, бюл. № 7.
- Инновационный патент на изобретение № 28708, ПК. Способ регулируемого охлаждения фасонных профилей сортового проката. МКИ С21D 9/06, опубл. 15.07.2014, бюл. № 7.
- Zhakupov A. Determination of technological parameters for continuous casting of a hollow pipe billet / A. Zhakupov, A. Bogomolov, A. Zhakupova, S. Abdulina, V. Salina // Metallurgija, (2021). 60 (3-4), P. 329-331.

Құбыр дайындамаларын үздіксіз құюдағы технологиялық шешімдер

¹***БОГОМОЛОВ Алексей Витальевич**, т.ф.к., профессор, bogomolov71@mail.ru,

²**ЖАКУПОВА Арай Толепбергеновна**, докторант, aray_zhakupova86@mail.ru,

¹**ЖАКУПОВ Алибек Ныгматуллович**, PhD, қауымдастырылған профессор, alibek_j85@mail.ru,

¹Торайғыров университеті, Қазақстан, 140008, Павлодар, Ломов көшесі, 64,

²Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Қазақстан, 070004, Өскемен, Протозанов көшесі, 69.

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Жұмыстың мақсаты – «KSP Steel» ЖШС құбыр илемдеу зауытында қолданылатын құбыр дайындамасын үздіксіз құюдың қолданыстағы технологиясын және оны жүзеге асыру үшін конструкцияны жетілдіру бойынша ұсынымдар әзірлеу. Негізгі шешім дайындамаларды үздіксіз құю машинасында (ДҮҚМ) қайталама салқындату аймағында (ҚСА) қуыс дайындаманы екі жақты салқындатуды жүзеге асыру болып табылады. Салқындатқышты тұтынудың дайындаманың ішкі және сыртқы беттеріне оңтайлы қатынасы негізделген. Ұсынылған шешімдердің нәтижесі дайындаманың макроқұрылымы мен геометриясының сапасын жақсарту болып табылады. Дайындаманың макроқұрылымын талдау кезінде ақаулардың екі еседен астам төмендеуі анықталды. Дайындаманың келденең қимасын зерттеу қабырғаның минималды қалыңдығының максимумнан 6,1-ден 1,8 мм-ге дейінгі ауытқуының төмендегенін көрсетті.

Кілт сөздер: қуыс дайындама, үздіксіз құю, макроқұрылым, кристаллизатор, дорн.

Technological Solutions in Continuous Casting of Pipe Billets

¹***BOGOMOLOV Alexey**, Cand. Tech. Sci., Professor, bogomolov71@mail.ru,

²**ZHAKUPOVA Arai**, doctoral student, aray_zhakupova86@mail.ru,

¹**ZHAKUPOV Alibek**, PhD, Associate Professor, alibek_j85@mail.ru,

¹Toraighyrov University, Kazakhstan, 140008, Pavlodar, Lomov Street, 64,

²D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Kazakhstan, 070004, Oskemen, Protozanov Street, 69.

*corresponding author.

Abstract. The purpose of the work is to develop recommendations for improving the existing technology of pipe billets continuous casting and the construction for its implementation, which is used at the pipe-rolling plant LLP «KSP Steel». The main solution is the implementation of hollow billet double-sided cooling in the secondary cooling zone (SCZ) on a continuous casting machine (CCM). The optimal ratio of the coolant flow rate to the inner and outer surfaces of the billet has been substantiated. The result of the proposed solutions is to improve the quality of the billet macrostructure and geometry. When analyzing the macrostructure of the billet, a decrease in defects by more than two times was revealed. The research of the billet cross-section showed a decrease in the deviation of the minimum wall thickness from the maximum from 6.1 to 1.8 mm.

Keywords: hollow billet, continuous casting, macrostructure, mold, mandrel.

REFERENCES

1. Feldhaus S., Bratberg J. Continuous Casting of High Carbon Steel: How Does Hard Cooling Influence Solidification, Micro- and Macro Segregation? / IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 529 (2019) 1, doi:10.1088/1757-899X/529/1/012069.
2. Luchkin V.S. Continuous casting billet with different sections quality specificity / V.S. Luchkin, S.A. Vorobej, G.V. Levchenko // Metal and foundry of Ukraine (2005) 5, pp. 30-33.
3. Krayushkin N.A. Temperature Fields and Thermal Stress in the Solidification of Cylindrical Continuous-Cast Steel Billet / N.A. Krayushkin, A. Pribytkov, K.S. Shatokhin // Steel in Translation 49 (2019) 1, pp. 20-23.
4. Harada H. Continuous casting of hollow billets / H. Harada, E. Anzai, E. Takeuchi // Canadian metallurgical quarterly 39 (2000) 3, pp. 307-318.
5. Botnikov S.A. Sovremennii atlas defektov neprerivnolitoi zagotovki i prichini vozniknoveniya prorivov kristallizuyusheysya korochki metalla. 2 izd. Volgograd, 2011. – P. 97.
6. Pickering E.J. Macro-segregation in Steel Ingots: The Applicability of Modelling and Characterisation Techniques / ISIJ International, 53 (2013) 6, pp. 935-949.
7. Shevchenko E.A. Rational length of supported system of narrow faces of concast billet for preventing its convexity / E.A. Shevchenko, A.M. Stolyarov, A.N. Shapovalov, K.V. Baranchikov // Izvestiya. Ferrous Metallurgy 58 (2015) 1, pp. 39-43.
8. Patent na poleznuyu model №5866, RK. Sposob neprerivnogo litya polih zagotovok. MPK V22D 11/04, opubl. 19.02.2021. byul. no. 7.
9. Innovacionnii patent na izobretenie № 28708, RK. Sposob reguliruemogo ohlajdeniya fassonnih profilei sortovogo prokata. MKI C21D 9/06, opubl. 15.07.2014. byul. no. 7.
10. Zhakupov A. Determination of technological parameters for continuous casting of a hollow pipe billet / A. Zhakupov, A. Bogomolov, A. Zhakupova, S. Abdulina, V. Salina // Metallurgija, (2021). 60 (3-4), pp. 329-331.

Corrosion Study of Materials for Electrolyzer Used for Pyrochemical Reprocessing of Spent Nuclear Fuel Based on Cold Crucible Technique

¹KARELIN Vladimir, Dr. Tech. Sci., Professor, vakarelin@tpu.ru,

¹*YUDAKOVA Arina, student, group 0482, asy15@tpu.ru,

¹MIKLASHEVICH Dmitriy, student, group 0481, dmm8@tpu.ru,

¹Tomsk Polytechnic University, Russia, 634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30,

*corresponding author.

Abstract. The application of a cold crucible technique to a pyrochemical electrolyzer used in the method of oxide electrodeposition, which is a method of pyrochemical processing of spent oxide nuclear fuel, is proposed as a means of increasing corrosion resistance. The electrolyzer is subjected to severe corrosion, consisting of molten salt and aggressive gas. In this study, corrosion tests of some metals were carried out in a $2\text{CsCl} - \text{NaCl}$ melt at temperature 923 K with purging with chlorine gas under controlled temperature conditions of the material. The results showed that the corrosion rate of some materials was significantly reduced due to the cooling effect of the material. In particular, the Hastelloy C-22 alloy demonstrated excellent corrosion resistance with a corrosion rate of just under 0.01 mm/year in both the molten salt and vapor phases due to the control of the material surface at temperature 473 K. Finally, an engineering-scale crucible consisting of Hastelloy C-22 alloy was manufactured to demonstrate the main function of a cold crucible. The cold crucible induction melting system and the new hastelloy crucible concept have shown good compatibility in terms of heating and cooling.

Keywords: corrosion, cold crucible technique, reprocessing of spent nuclear fuel, Hastelloy C-22.

Introduction

The method of electrochemical production of oxides has been researched all over the world as a method of pyrochemical processing of spent oxide nuclear fuel based on molten salt, and it is expected that a compact facility can be built by integrating with fuel production using vibration compaction methods [1]. Initially, this method was developed by the Research Institute of Nuclear Reactors (NIIAR) in Russia [2-4]. Two methods for extracting plutonium from spent nuclear fuel have been proposed as methods for the electric release of oxide, namely, the deposition of simple plutonium dioxide (PuO_2) and the electrodeposition of mixed uranium and plutonium oxides (MOX-fuel) [5]. All operations are performed in the main element of the electrolyzer during pyrochemical processing – a crucible. The service life of the crucible material in terms of corrosion damage is considered a significant problem for the method of electric oxide release due to the harsh corrosive environment, including corrosive gases and high temperatures. Pyrographite was used as a crucible material for an electrolyzer in the NIIAR. This material has good electrical conductivity and mechanical strength, but carbon suffers seriously in an oxygen atmosphere with high temperatures

necessary for the deposition of plutonium oxide and the electrodeposition of MOX-fuel. Accordingly, the possibility of using a new corrosion protection technology should be studied in order to extend the service life of the crucible.

The corrosion resistance of ceramics under pyrochemical conditions was studied [6, 7]. Ceramics can be a promising material for use in conditions of exposure to aggressive gases at high temperatures. However, ceramics have never been used as a structural material for technological equipment used for processing spent nuclear fuel in processes such as fuel dissolution, moreover, the welding characteristics of ceramics and its resistance to loads are not as good as those of metals. Thus, the use of metal containers is necessary to ensure the reliability of the installation. The cold crucible method is considered a promising method for processing structural materials in environments of moderate corrosion.

In this study, corrosion tests of several metals in a $2\text{CsCl} - \text{NaCl}$ melt were carried out with purging with chlorine gas while controlling the temperature of the material using air cooling. Promising materials have been proposed that have shown good corrosion resistance under pyrochemical conditions.

Brief description of the pyrochemical processing method

The scheme of the method of electrolytic production of oxides based on MOX deposition is shown in Figure 1 [8]. In this method, most of the fuel components are dissolved in molten 2CsCl-NaCl by purging with chlorine gas at 923 K. The uranium in the fuel is dissolved as the uranyl ion UO_2^{2+} , and the plutonium is dissolved as Pu^{4+} in the molten salt through chlorination.

The noble metals (NM) in the fission products (FP) and part of the uranium are isolated from the dissolved particles by prior electrolysis after the fuel is dissolved. The noble metals are precipitated with uranium dioxide on a pyrographite cathode. The need to separate UO_2 from electrodeposition may appear in order to improve the uranium recovery coefficient. Then, the electrodeposition of MOX is performed in a salt melt, which is blown with oxygen, chlorine and argon gases. At this stage, Pu^{4+} is transitioned to PuO_2^{2+} by purging with O_2 and Cl_2 gases, and then PuO_2 is reduced as MOX at the cathode by electrolysis with UO_2 . Finally, the minor actinides are separated as precipitation by adding sodium carbonate and sodium phosphate.

All these processes are carried out in a crucible-type electrolyzer at high temperatures. Therefore, the electrolyzer suffers from aggressive environment, including corrosive gases such as chlorine and oxygen, at high temperatures.

The design of the apparatus for conducting corrosion tests

The corrosion testing apparatus was designed in such a way that they could be carried out in a salt melt with purging with chlorine gas, during the control of the temperature of the material.

The scheme of the device for corrosion testing is shown in Figure 2. The apparatus mainly consisted of an electric oven, a quartz cell and a cooler for

samples. The cooling device was of the rod type and consisted of a Hastelloy alloy. Hastelloy alloys have excellent resistance to pitting, corrosion cracking and oxidizing atmosphere.

The test samples and thermocouples attached to the cooling device are schematically shown in Figure 3. The ring-shaped test samples were put on the outside of the cooler and cooled from the inside by supplying air to the device.

In order to make possible a thorough study of the corrosive behavior of the crucible material, the samples were contacted with both the vapor phase and the molten salt phase.

Table shows the conditions under which the tests were carried out and shows the materials that were subjected to corrosion resistance tests as part of the study.

The following hastelloy alloys were selected as test samples: stainless steel (310S, 304L), carbon steel (SS400), zirconium, titanium, tantalum, copper and graphite. The purity of samples made of materials such as zirconium, titanium, tantalum, copper and graphite exceeded 99.5%. Three types of alloys such as Hastelloy (Hastelloy C-22 (C-22), Hastelloy G-30 (G-30) and Hastelloy X (X)) were used in corrosion tests.

Results of researches

Figure 4 shows data about the corrosion rate of several materials. The temperature of the surface of these materials in the melted salt was maintained at the level of 473 K, and the surface temperature of the samples in the vapor always was kept at the level of 393 K.

In the figure 4, the corrosion rates are the average value for the two samples. All Hastelloy alloys have good resistance to corrosion; particularly, the corrosion rate of Hastelloy grade C-22 was slightly less than 0.01 mm/year, both in the salt melt and in the vapor phase.

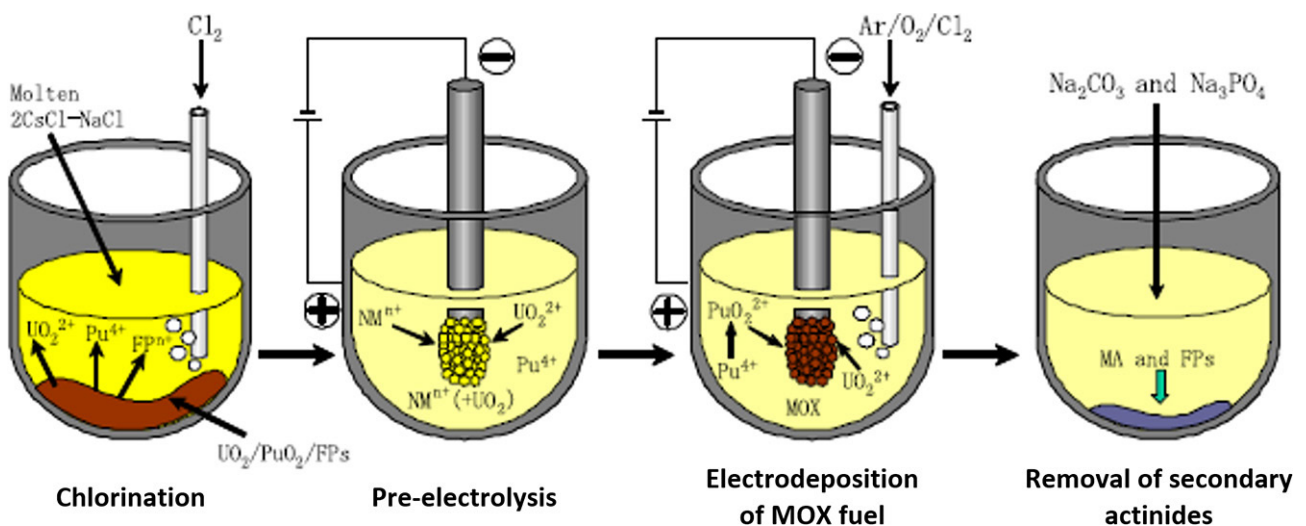


Figure 1 – The process of electrodeposition of oxides based on the deposition of MOX fuel

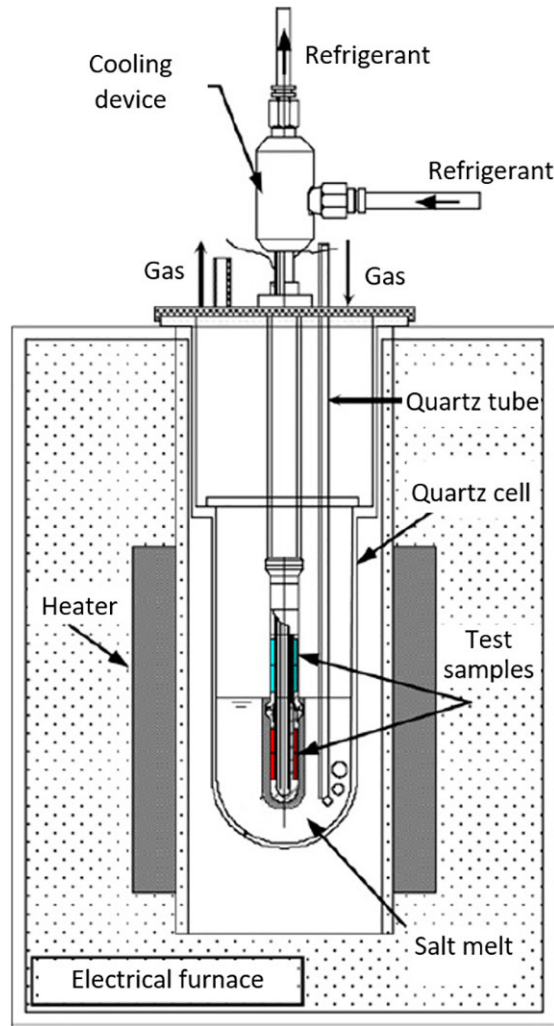


Figure 2 – The diagram of the device for conducting corrosion tests

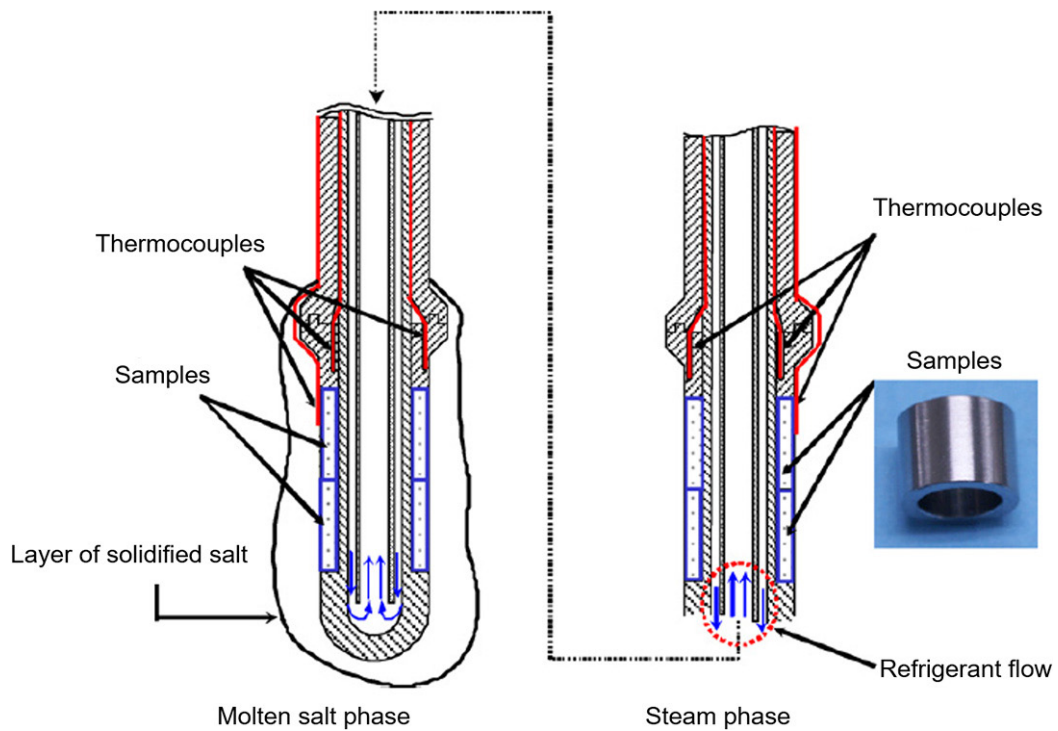


Figure 3 – The arrangement of samples and thermocouples on the cooling device

Test conditions	
Materials	Hastelloy alloys C-22, G-30, X; SS400, Zr, Ti, Ta, Cu, C (Graphite)
Type of salt	2CsCl-NaCl
Flow rate Cl ₂	150 ml / min
Melt temperature	923 K
Minimum temperature of the samples in the salt melt	473 K
Sample cooling method	Air
Location of samples in a cell	Melt phase and steam phase
Test time	6 hours

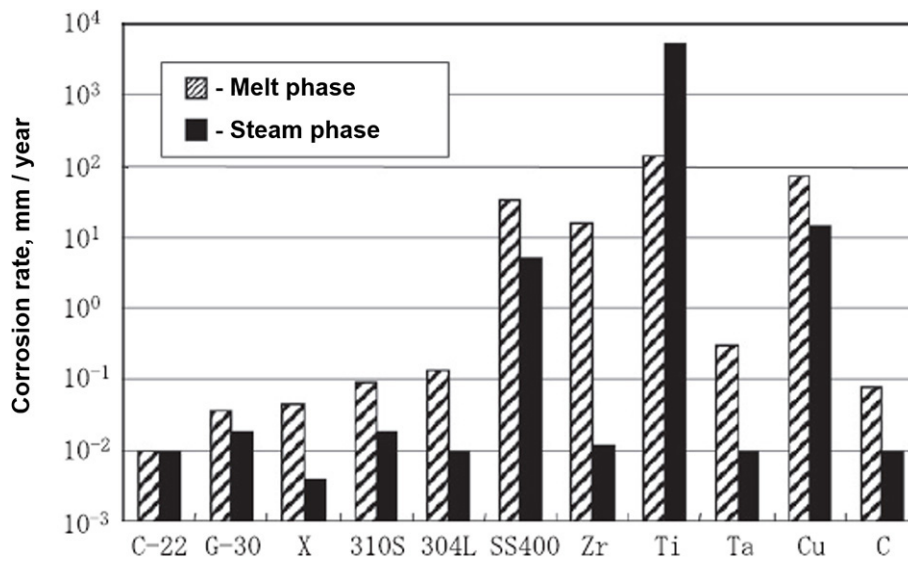


Figure 4 – Corrosion rate of materials

The effect of the cold crucible on the corrosion rate was significant. In a salt melt, the corrosion rate at a material temperature of 573 K corresponds to approximately 1/1000 of the corrosion rate at 923 K. In the temperature range of the formation of a solidified salt layer, which is below the melting point of 2CsCl–NaCl, the corrosion rate in the molten salt was lower than in the vapor phase. On the other hand, the corrosion rate was higher in the region above the melting point in the molten salt phase than in the vapor phase. This variable behavior of the corrosion rate in both molten salt and vapor phases suggests that the melting point acts as a border due to the barrier effect of the solidified salt.

The solidified salt layer plays an important role as a corrosion inhibitor of the crucible material, since it protects the surface of the material from the effects of molten salts and aggressive gas. It is admitted to be one of the advantages of the cold crucible method, which makes it possible to obtain a pyrochemical electrolyzer with good corrosion resistance. Therefore, it was experimentally shown that the cold crucible method provides a significant

improvement in corrosion resistance. Figure 5 shows the dependence of the corrosion rate on the surface temperature.

According to the results of corrosion tests, Hastelloy C-22 was signed as the most proper material for an improved pyrochemical electrolyzer.

Conclusions

Corrosion resistance tests of a variety of materials for use in an electrolyzer with a cold crucible for reprocessing spent nuclear fuel have been carried out. It is proved that the Hastelloy S-22 alloy has the greatest resistance to the effects of an aggressive environment.

It was experimentally shown that the cooling effect of the crucible significantly increases the corrosion resistance. In particular, the Hastelloy C-22 alloy showed excellent corrosion resistance both in the melted salt and in the vapor phase. Therefore, it was shown that the use of an improved pyrochemical electrolyzer based on the cold crucible method has a significant advantage in the form of significantly improved corrosion resistance.

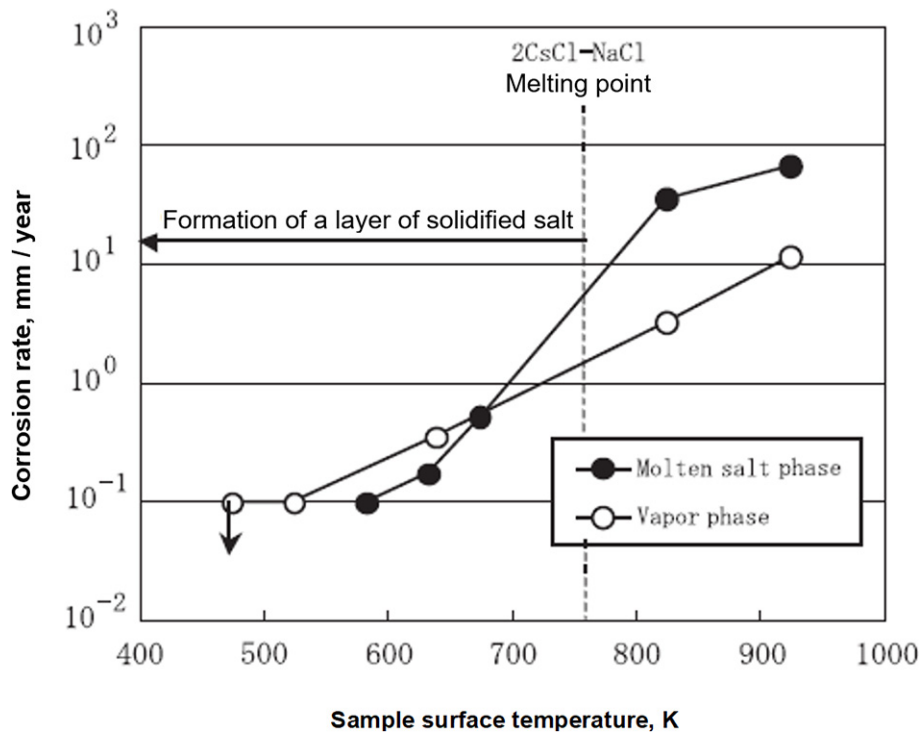


Figure 5 – Dependence of corrosion of Hastelloy C-22 alloy samples on temperature

REFERENCES

1. K. Fujii, A. Inoue, T. Namba, K. Sato, in: Proceedings of Global'97, Yokohama, Japan, 1997, p. 756.
2. O.V. Skiba, Y.P. Savochkin, A.V. Bychkov, P.T. Porodnov, L.G. Babikov, S.K. Vavilov, in: Proceedings of Global'93, Seattle, USA, 1993, p. 1344.
3. A.V. Bychkov, S.K. Vavilov, P.T. Porodnov, O.V. Skiba, in: Proceedings of Global'93, Seattle, USA, 1993, p. 1351.
4. A.V. Bychkov, S.K. Vavilov, P.T. Porodnov, A.K. Pravdin, G.P. Popkov, K. Suzuki, Y. Shoji, T. Kobayashi, in: Proceedings of Global'97, Yokohama, Japan, 1997, p. 912.
5. T. Kobayashi, S.K. Vavilov, F. Sato, M. Myochin, T. Namba, K. Fujii, J. Nucl. Sci. Technol. 42 (2005) 295-300.
6. M. Aso, S. Tamura, T. Namba, in: Proceedings of Global'99, Wyoming, USA, 1999, p. 659.
7. M. Takeuchi, T. Kato, T. Koizumi, Corrosion Eng. 52 (2003) 403-417.
8. S. Ninagawa, M. Nagao, Technol. Rev. 23 (2000) 19-22.

Пайдаланылған ядролық отынды пирохимиялық өңдеуге арналған электролизер материалының тоттануға төзімділігін суық тигель технологиясын қолдана отырып зерттеу

¹КАРЕЛИН Владимир Александрович, т.ф.д., профессор, vakarelin@tpu.ru,

¹*ЮДАКОВА Арина Сергеевна, студент, 0482 топ, asy15@tpu.ru,

¹МИКЛАШЕВИЧ Дмитрий Михайлович, студент, 0481 топ, dmm8@tpu.ru,

¹Томск политехникалық университеті, Ресей, 634050, Томск, Ленин даңғылы, 30,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Пайдаланылған оксидті ядролық отынды пирохимиялық өңдеу әдісі болып табылатын оксидті электрмен тұндыру әдісінде қолданылатын пирохимиялық электролизерге суық тигель әдісін қолдану коррозияға төзімділікті арттыру құралы ретінде ұсынылады. Электролизер балқытылған тұз бен агрессивті газдан тұратын қатты коррозияға ұшырайды. Бұл зерттеу 2CsCl – NaCl балқымасындағы кейбір металдардың коррозиялық сынақтарын 923 К кезінде материалдың бақыланатын температуралық жағдайында хлор газын үрлеу арқылы жүргізді. Нәтижелер кейбір материалдардың коррозия жылдамдығы материалды салқындату әсерінен айтарлықтай төмендегенін көрсетті. Атап айтқанда, Хастеллой С-22 қорытпасы балқытылған тұзда да, бу фазаларында да коррозия жылдамдығы жылына 0,01 мм-ден сәл аз болатын тамаша коррозияға төзімділікті көрсетті, 473 К-де материалдың бетін бақылау арқылы. Соңында, Хастеллой С-22 қорытпасынан тұратын инженерлік масштабтағы тигель суық тигельдің негізгі функциясын көрсету үшін жасалды. Суық тигельмен индукциялық балқыту жүйесі және жаңа хастеллой тигель тұжырымдамасы қыздыру және салқындату тұрғысынан жақсы үйлесімділікті көрсетті.

Кілт сөздер: коррозия, суық тигель әдісі, пайдаланылған ядролық отынды өңдеу, Хастеллой С-22.

Исследование коррозионной стойкости материала электролизера для пирохимической переработки отработавшего ядерного топлива с применением технологии холодного тигля

¹КАРЕЛИН Владимир Александрович, д.т.н., профессор, vakarelin@tpu.ru,

^{1*}ЮДАКОВА Арина Сергеевна, студент, группа 0482, asy15@tpu.ru,

¹МИКЛАШЕВИЧ Дмитрий Михайлович, студент, группа 0481, dmm8@tpu.ru,

¹Томский политехнический университет, Россия, 634050, Томск, пр. Ленина, 30,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Применение метода холодного тигля к пирохимическому электролизеру, используемому в методе оксидного электроосаждения, который представляет собой метод пирохимической переработки отработавшего оксидного ядерного топлива, предлагается в качестве средства повышения коррозионной стойкости. Электролизер подвергается сильной коррозии, состоящей из расплавленной соли и агрессивного газа. В данном исследовании были проведены коррозионные испытания некоторых металлов в расплаве $2\text{CsCl} - \text{NaCl}$ при 923 К с продувкой газообразным хлором в контролируемых температурных условиях материала. Результаты показали, что скорость коррозии некоторых материалов была значительно снижена из-за эффекта охлаждения материала. В частности, сплав Хастеллой С-22 продемонстрировал отличную коррозионную стойкость со скоростью коррозии чуть менее 0,01 мм / год как в расплавленной солевой, так и в паровой фазах за счет контроля поверхности материала при 473 К. Наконец, тигель инженерного масштаба, состоящий из сплава Хастеллой С-22, был изготовлен для демонстрации основной функции холодного тигля. Система индукционной плавки с холодным тиглем и новой концепцией тигля из хастеллоя показала хорошую совместимость с точки зрения нагрева и охлаждения.

Ключевые слова: коррозия, метод холодного тигля, переработка отработавшего ядерного топлива, Хастеллой С-22.

REFERENCES

1. K. Fujii, A. Inoue, T. Namba, K. Sato, in: Proceedings of Global'97, Yokohama, Japan, 1997, p. 756.
2. O.V. Skiba, Y.P. Savochkin, A.V. Bychkov, P.T. Porodnov, L.G. Babikov, S.K. Vavilov, in: Proceedings of Global'93, Seattle, USA, 1993, p. 1344.
3. A.V. Bychkov, S.K. Vavilov, P.T. Porodnov, O.V. Skiba, in: Proceedings of Global'93, Seattle, USA, 1993, p. 1351.
4. A.V. Bychkov, S.K. Vavilov, P.T. Porodnov, A.K. Pravdin, G.P. Popkov, K. Suzuki, Y. Shoji, T. Kobayashi, in: Proceedings of Global'97, Yokohama, Japan, 1997, p. 912.
5. T. Kobayashi, S.K. Vavilov, F. Sato, M. Myochin, T. Namba, K. Fujii, J. Nucl. Sci. Technol. 42 (2005) 295-300.
6. M. Aso, S. Tamura, T. Namba, in: Proceedings of Global'99, Wyoming, USA, 1999, p. 659.
7. M. Takeuchi, T. Kato, T. Koizumi, Corrosion Eng. 52 (2003) 403-417.
8. S. Ninagawa, M. Nagao, Technol. Rev. 23 (2000) 19-22.

Полимерлі матрицаның қайталануымен алынған керамикадан жасалған кеуекті материалдар

¹ИБАТОВ Марат Кенесович, т.ғ.д., профессор, басқарма төрағасы – ректор, m.ibatov@bk.ru,

^{1*}ЖОЛДУБАЕВА Жумагуль Дюсенбаевна, PhD, доцент, zhuma-77@mail.ru,

¹ИСАҒҰЛОВ Аристотель Зейнуллович, т.ғ.д., профессор, атқарушы директор, aristotel@kstu.kz,

¹ИСИН Даулет Калыкович, т.ғ.к., профессор, mlr.issind@mail.ru,

¹МАЖИТОВА Ляззат Ашарбековна, докторант, liazzat1984@mail.ru,

¹Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Полимерлі матрицаның қайталану әдісімен алынған керамикадан жасалған кеуекті материалдың құрылымы, полимерлі дайындамаларды алу әдісі қарастырылады. Сонымен қатар, дайындалған керамикалық ұнтақтың мөлшері мен материалдың шөгуге әсері зерттеледі. Органикалық полимер ретінде пенополиуретан қолданылады. Полимерлі матрицаны қайталау әдісінің көмегімен жоғары меншікті беті бар материалдарды тікелей алу қарастырылмайды. Табиғи және дайындалған керамикалық ұнтақтың мөлшері материалдың шөгуге әсер ететіні анықталды. Рентгенографиялық таза кордиерит түзілетін кордиерит қоспасынан алынған үлгілерде нөлдік шөгуге байқалады. Синтезделген кордиериттен үлгілерді жентектеуде материалдың шөгуге анықталды.

Кілт сөздер: кеуекті материал, полимерлік матрица, жентектеу, суспензия, кордиерит.

Кіріспе

Техниканың түрлі салаларын жетілдіру жоғары пайдалану сипаттамалары бар материалдарды қалыптастыруды талап етті. Мысалы, кеуекті және жоғары кеуекті керамиканы айтуға болады. Мұндай керамикадан жасалған бұйымдар жоғары кеуектілігі мен өзіндік құрылымының арқасында тығыз бұйымдардың химиялық құрамы бойынша қасиеттерімен ерекшеленеді.

Зерттеулердің әдістемесі

Кеуекті материалдар – катализаторлардың, сүзгіш және жылудан қорғайтын материалдардың, шлам сөндіргіштердің және дыбыс сіңіргіштердің қазіргі заманғы тасығыштарының негізі болып табылады. Ол табиғи көбіктегіштерді, жанып жатқан қоспаларды немесе қуыс денелерді енгізумен және экструзиялық қалыптаумен дайындалады. Кеуектілігі 70-95% жоғары аэро- және гидроөткізгіштігі бар керамикалық материалдар жанатын қоспалар әдісінің бір түрі болып табылатын полимерлі матрицаны қайталау әдісімен алынады.

Полимерлі матрицаның торлы-ұяшықты қаңқалы қайталау әдісін жанатын қоспаларды пайдалану әдістеріне жатқызуға болады. Бұл әдісте полимерлі матрица да жанып кетеді, ал оның орнында тесіктер пайда болады. Алайда, әдістің ерекшелігі полимерлі матрицаның жануы кезінде алынған керамика макрокеуекті құрылымын

зерттейді [1, 2].

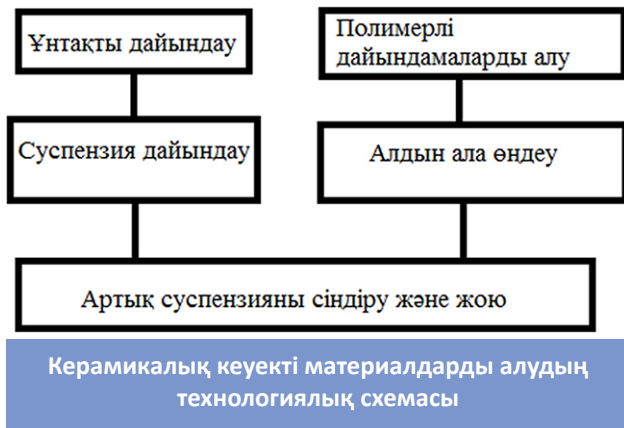
Бұл зерттеудің мақсаты осы әдіс бойынша кеуектілігі 70-95%, ал кеуектердің көлденең қимасы 200 мкм-ден 3 мм-ге дейін керамикалық материалдарды алу. Бұл материалдар жоғары аэро- және гидроөткізгіштікке ие. Органикалық полимерлер ретінде пенополиуретандар (ППУ) жиі қолданылады.

Полимерлі матрицаны қайталау әдісі бойынша өткізгішті материалдарды қалыптаудың технологиялық процесі керамика ұнтағының суспензиясын дайындаудан, оны полимерлі негізге жағудан, суспензияның артық жоғалуынан, дайындаманы кептіруден және жентектенуден тұрады (сурет).

Ұнтақты дайындау және суспензияны дайындау бірнеше ерекшеліктерге ие. Полимерлі матрицаны қайталау әдісі тек күйдіру қоспаларының әдісін модификациялау ретінде ғана емес, сонымен қатар, шликерлі құю әдісінің бір түрі ретінде де қарауға болады.

Полимерлі дайындамаларды алуға мыналар кіреді: торлы-ұяшықты қаңқасы бар полимерді таңдау; ұяшықтар арасындағы қалқаларды жою есебінен қаңқаның ең жоғары өткізгіштігін қамтамасыз ету жөніндегі операциялар; пластиналарды өлшемдері бойынша кесу.

ППУ бетіне керамика ұнтағының адгезиясы әдетте жұқа, торлы-ұяшықты қаңқаны шығаратын тұтас керамикалық пленканың пайда болуы



үшін жеткіліксіз. Бұл алдын алу әдістері негізінен екіге бөлінеді: шликер құрамына түзетін немесе желімдейтін реагенттерді енгізу немесе көбік-полиуретанды алдын ала өңдеу.

Керамикалық бөлшектерді ажырататын ППУ гельдің бетіне сіндіру немесе пайда болған кезде керамикалық бөлшектерді флокуляциялауға қабілетті ППУ реагенттермен өңдеу ұсынылды. Флокуляциялаушы агенттер ретінде полиакриламид немесе 0,005-5,0% концентрациясы бар ерітінділер түріндегі полисахаридтер. ППУ негіздермен, әсіресе органикалық негіздермен жай беттерді улау, алюминий гидроксихлоридін немесе поли-карбоксил қышқылдарын енгізу арқылы гельдің үстіңгі жағында пайда болу үшін жетілдірілді. ППУ сіндіруді дірілді немесе механикалық әсерді қолдана отырып, керамикалық шликерге батыру жүзеге асырады. Ең күрделі міндет-ППУ бетіндегі керамикалық ұнтақтың біркелкі қабатын сақтай отырып, артық шликерді жою. Қатты пенополиуретандар үшін қолданылатын центрифугалау әдісі иілімді ППУ үшін мүлдем жарамсыз, олардың артығын шликер сығумен алып тастайды. Бұл жағдайда аппараттық безендіру әртүрлі болуы мүмкін. Сіңірілген дайындамаларды кептіру 80-100°C кезінде кез келген құрылымды кептіргіштерде немесе ауада жүзеге асырылады.

Жентектеу ұсынылған керамикалық композицияны күйдіру температурасына сәйкес температурада ауа атмосферасында жиі жүргізіледі. Пенополиуретан матрицасын алып тастау технологиялық күрделі кезең болып табылады.

Полиуретанды қыздыру кезінде деструкциялау-ұшпалы қосылыстардың көп санының пайда болуына алып келетін көп сатылы процесс. Бастапқыда полиуретандар мономерлерге диссоциацияланады. Уретандардың термиялық ыдырауы кезінде үш сатыны ажыратады: изоцианат пен спиртке диссоциация; бастапқы амин мен олефиннің түзілуі; бастапқы аминнің түзілуі. Осы қосылыстардың әрқайсысы реакция аймағынан ұшып кетуі, басқа химиялық қосылыстармен өзара іс-қимыл жасауға кірісуі, элементтер оксидтерінің пайда болуымен жануы мүмкін. Осылайша, ППУ-ның деструкция өнімдерінде қосы-

лыстардың күрделі жиынтығы бар: изоцианаттар, спирттер, аминдер, көмірсутектер, көміртегі және азот оксидтері, су және т.б.

ППУ термиялық және термототықтырғыш ыдырау кезінде дифференциалды термогравиметрия әдісімен алынған деректерді талдау тотықтырғыш ортада деструкция үш кезеңде өтетінін көрсетті. 220-330°C интервалында жоғалту серпімділік ППУ жүреді. Бұл кезеңде деструкция дәрежесі 0,2-0,3. 330-420°C интервалында полимерлік қаңқаның тез бұзылуы, деструкция дәрежесі 0,8 болады. Ақырында, 420°C жоғары температурада жоғары көміртекті қалдық тотығады. Процесс қатты баяулайды және 660°C іс жүзінде толық тоқтатылады. Осылайша, 660°C температураға дейін керамикалық ұнтақты қолдайтын ППУ торлы-ұяшықты қаңқасының тағы бір қалдықтары бар. Жоғары температураларда және жентектеуге дейін торлы-ұяшықты қаңқаның пішіні тек қыш бөлшектердің адгезиясы есебінен сақталады.

Полимерлі көбіктің торлы-ұяшықты қаңқасына керамика ұнтағын жағу арқылы алынған жоғары кеуекті дайындамаларды термоөңдеу процесінде полимердің ыдырауы мен жойылуы және материалды жентектеу жүреді. Бұл ретте материалдың меншікті беті, тығыздығы, беріктігі, оның сызықтық өлшемдері өзгереді.

Кордиерит ($2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$) – соңғы онжылдықта ең танымал керамикалық материалдардың бірі – термиялық коэффициенттің сызықтық кеңеюі (ТКСК) және агрессивті орталардағы төзімділігінің төмен анықтауымен, ал оның құрамында сирек элементтердің болмауы кордиеритті керамиканы жеткілікті арзан етуге мүмкіндік береді. Табиғатта кордиерит минералы сирек кездеседі және өнеркәсіптік зерттеме объектісі болып табылмайды. Кордиеритті керамиканы қатты фазалы реакциялар, шыныдан кристалданумен, флюстерден монокристалдарды өсірумен, золь-гель технологиямен синтездеп алады. Шихта құрамдарын әзірлейтін барлық зерттеушілер микроэлектроника үшін емес, машинажасау, химия, металлургия қажеттілігі үшін қатты фазалы синтезді қолданады.

Кордиерит алу үшін массалардың әртүрлі құрамдары жүргізілді. Алайда, кордиерит шығуының және сәулеленген материалдың қасиеттері бастапқы компоненттердің құрамына өте тәуелді. Оның үстіне табиғи шикізаттан кордиеритті синтездеуде, әрдайым темір оксидін, титанды, сілтілі және сілтілі жер металдарын ұстап тұратын қоспалардың әсері байқалады [3].

Қоспаларды жентектеу процесінде, негізінен, кордиерит кристалдары арасындағы қуыстарды толтыру есебінен материалдың беріктігін жоғарылататын шыны фазаны құрайды; шыны фазаның сол санының өсуі бұйымның деформациясын, беріктіктің төмендеуі мен термо- және коррозиялық төзімділіктің нашарлауын тудырады. Шыны фазаның болуы кордиерит керамикасында өте тар және тек 10 градус шамасында болатын жентектеу

аралығына да әсер етеді. Өндірістік жағдайларда таза кордиерит емес, құрамында кордиерит бар полифазды материалдар алады, олардың құрамына кордиеритпен қатар корунд, муллит және басқа қосылыстар кіреді.

Эксперименттік бөлім

Полимерлі дайындамаларды алуға торлы қаңқасы бар полимер таңдалды. Ұяшықтар арасындағы қалқаларды алып тастау есебінен қаңқаның максималды өткізгіштігін қамтамасыз ету жөніндегі формасы мен мөлшері бойынша талап етілетін дайындамаларды полимерден кесу кіреді. Пенополиуретанды таңдауда маңызды рөл ретінде агрессивті ортада жоғары төзімділік, ісінудің болмауы және жақсы адгезиялық қасиеттер атқарады.

Полимерлі матрицаны қайталау әдісімен жоғары кеуекті материалдарды алған кезде үлгілердің өлшемдері материалдың сапалық сипаттамаларына әсер ететін факторлар қатарына жатады. Өте үлкен де, кіші де үлгілердің көлемінде шликердің біркелкі таралуын қамтамасыз ету күрделілігінен туындаған кейбір қиындықтардан басқа, үлкен өлшемді үлгілерді кептіру және жентектеу кезінде проблемалар туындады. Осылайша, полимерлі дайындамаға жағылған шликердің біркелкі кебуі ыстық ауамен тез кептіру кезінде үлгінің қорабын және керамикалық қабаттың жарылуын тудырады. Алайда, жентектеу кезінде сынықтың болмауын қамтамасыз ету қиын [4].

Полимерлі матрицаның физикалық-механикалық қасиеттері мен шликердің реологиялық сипаттамасы материалдың шөгуіне және беріктігіне елеулі әсер етуіне қарамастан, дәнекерленген материалдың қасиеттерін қалыптастыруға негізгі үлес болып табылады. Бірінші кезекте, оның беріктік сипаттамаларының материалды жентектеу кезінде болатын керамикалық композицияның құрамы және фаза түзілу процестері енгізілді.

Материалдың шөгуі инертті компоненттерді енгізу арқылы азайтылды. Кестеде 11%-дан (мас-

са) ультрафарфорлық масса негізіндегі үлгілердің шөгуі және сыртқы түрі бойынша деректер келтірілген. Сынықтың аз мөлшері үлгінің шөгуіне және сыртқы түріне елеулі әсер етпейді, көп сынық кезінде жентектеу нашарлайды, үлгілер сынғыш болады.

Алынатын материалдың термотұрақтылығын арттыру мақсатында электрофарфорлық массаға синтез температурасы 1400°C кем емес цельзиан-барий құрамды $BaO_xAl_2O_3 \cdot 2SiO_2$ алюмосиликаты енгізілді. Цельзиан ортоклаз бен альбитке жақын, бірақ инертті емес және шихта компоненттерімен өзара әрекеттеседі. Материалдарды жентектеу беріктігін, химиялық беріктігін және материалдардың кейбір басқа да қасиеттерін шектейтін шыны фаза түрінде қорытылған материал құрамында қалған сұйық фазаның пайда болуымен қатар жүрді [5].

Алюмосиликатты материалдарды дайындау кезінде сұйық фазаның елеулі мөлшері жоқ фаза түзілу реакцияларымен ғана ілесе жүретін жентектеу болып табылады. Осы процестің негізінде кордиерит алынды.

Қорытынды

1. Бұл жұмыста кеуекті материалдарды қолдану ерекшеліктерін анықтау және алу технологиясы, олардың құрылымы мен қасиеттерін қалыптастыру процестерінің заңдылықтарын зерттеуде полимерлі матрицаны қайталау әдісімен алюмосиликатты материалдардың құрылымы мен қасиеттерінің қалыптасу заңдылықтары зерттелді.

2. Сонымен қатар, бастапқы пенополиуретан параметрлерінің рөлі, әртүрлі алюмосиликатты композициялардан материалдарды жентектеу кинетикасы зерттелді. Полимерлі матрицаны қайталау әдісінің көмегімен жоғары меншікті беті бар материалдарды тікелей алуға болмайтыны белгілі болды. Табиғи (сазды, құрамында кварц бар, жеңіл балқитын және инертті компоненттердің болуы) және дайындалған керамикалық ұнтақтың мөлшері материалдың шөгуіне айтарлықтай әсер ететіні анықталды.

Күйдіру кезінде шөуге ультрафарфорлы массада сынықтың мөлшерінің әсері және пісірілген үлгілердің сапасы

Сынықтың мөлшері, %	Үлгілердің сыртқы түрі	Сызықтық шөгу, %
-	Балқытылған	23
10	Балқытылған	18
20	Жақсы пісірілген	10
26	Аздап үгітіледі	11

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- Schwartzwalder K., Somers A.V. Method of making porous ceramic articles. US Patent 3090094. 2012.
- Анциферов В.Н., Порозова С.Е. Высокопористые проницаемые материалы на основе алюмосиликатов. Пермь: Изд-во

Перм. гос. техн. ун-та. 2013. 207 с.

3. Масленникова Г.Н. Некоторые направления развития развития алюмосиликатной керамики // Стекло и керамика. – 2011. – № 2. – С. 10-14.
4. Солodкий Н.Ф., Казлов А.И., Лукин Е.С., Казлов И.А., Грунский В.Н. Активность блочного носителя катализатора с модифицированной подложкой // Там же. 2007. № 7. С. 12-14.
5. Особенности фазообразования при спекании высокопористого кварцевого фарфора с сетчато-ячеистым каркасом / В.Н. Анциферов, В.И. Овчинникова, С.Е. Порозова // Огнеупоры. – 2008. – № 12. – С. 11-13.

Пористые материалы из керамики, полученные дублированием полимерной матрицы

¹**ИБАТОВ Марат Кенесович**, д.т.н., профессор, председатель правления – ректор, m.ibatov@bk.ru,

¹***ЖОЛДУБАЕВА Жумагуль Дюсенбаевна**, PhD, доцент, zhuma-77@mail.ru,

¹**ИСАГУЛОВ Аристотель Зейнуллинович**, д.т.н., профессор, исполнительный директор, aristotel@kstu.kz,

¹**ИСИН Даулет Калыкович**, к.т.н., профессор, mlp.issind@mail.ru,

¹**МАЖИТОВА Ляззат Ашарбековна**, докторант, liazzat1984@mail.ru,

¹Кагарандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Рассматриваются структура пористых материалов из керамики, полученных методом дублирования полимерной матрицы, и метод получения полимерных заготовок. Кроме того, изучается количество подготовленного керамического порошка и влияние материала на усадку. В качестве органического полимера используется пенополиуретан. Прямое получение материалов с высокой удельной поверхностью с помощью метода дублирования полимерной матрицы не рассматривается. Установлено, что количество натурального и приготовленного керамического порошка влияет на усадку материала. В образцах, полученных из смеси кордиерита с образованием рентгенографически чистого кордиерита, наблюдается нулевая усадка. При спекании образцов из синтезированного кордиерита была обнаружена усадка материала.

Ключевые слова: пористый материал, полимерная матрица, спекание, суспензия, кордиерит.

Porous Ceramic Materials Obtained By Duplicating the Polymer Matrix

¹**IBATOV Marat**, Dr. Tech. Sci., Professor, Chairman of the Management Board – Rector, m.ibatov@bk.ru,

¹***ZHOLDUBAYEVA Zhmagul**, PhD, Associate Professor, zhuma-77@mail.ru,

¹**ISSAGULOV Aristotle**, Dr. Tech. Sci., Professor, Executive Director, aristotel@kstu.kz,

¹**ISSIN Daulet**, Cand. Tech. Sci., Professor, mlp.issind@mail.ru,

¹**MAZHITOVA Lyazzat**, doctoral student, liazzat1984@mail.ru,

¹Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

*corresponding author.

Abstract. Discusses the structure of porous materials from ceramics obtained by duplicating the polymer matrix, a method for obtaining polymer blanks. In addition, the amount of prepared ceramic powder and the effect of the material on shrinkage are studied. Polyurethane foam is used as an organic polymer. Direct production of materials with a high specific surface area using the polymer matrix duplication method is not considered. It was found that the amount of natural and prepared ceramic powder affects the shrinkage of the material. Zero shrinkage is observed in samples obtained from a mixture of cordierite to form radiographically pure cordierite. When sintering samples from synthesized cordierite, shrinkage of the material was detected.

Keywords: porous material, polymer matrix, sintering, suspension, cordierite.

REFERENCES

1. Schwartzwalder K., Somers A.V. Method of making porous ceramic articles. US Patent 3090094. 2012.
2. Anciferov V.N., Porozova S.E. Vysokoporistye pronicaemye materialy na osnove alyumosilikatov. Perm': Publ. Perm. gos. tekhn. un-ta. 2013. 207 p.
3. Maslennikova G.N. Nekotorye napravleniya razvitiya alyumosilikatnoj keramiki // Steklo i keramika. – 2011. – no. 2. – pp. 10-14.
4. Solodkij N.F., Kazlov A.I., Lukin E.S., Kazlov I.A., Grunskij V.N. Aktivnost' blochnogo nositelya katalizatora s modifitsirovannoj podlozhkoj // Tam zhe. 2007. no. 7. pp. 12-14.
5. Osobennosti fazoobrazovaniya pri spekanii vysokoporistogo kvarcevego farfora s setchato-yacheistym karkasom / V.N. Anciferov, V.I. Ovchinnikova, S.E. Porozova // Ogneupory. – 2008. – no. 12. – pp. 11-13.

Анализ мировых трендов производства деталей грунтовых насосов

¹*ЩЕРБАКОВА Елена Петровна, PhD, старший преподаватель, sherbakova_1984@mail.ru,

¹ДОСТАЕВА Ардак Мухамедиевна, PhD, старший преподаватель, ardak_erkekyz@mail.ru,

¹КВОН Светлана Сергеевна, к.т.н., профессор, svetlana.1311@mail.ru,

¹ТЫРТЫКАЕВА Карина Тимуровна, студент, tyrtykaevakarina@gmail.com,

¹Карагандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Цель исследования – проведение сравнительного анализа материалов для изготовления деталей грунтовых насосов и способов их производства. Грунтовые насосы применяются для перекачки гидросмесей с твердыми абразивными частицами. Большая часть деталей подвергается различным видам износа и трения, во многих случаях эксплуатация грунтовых насосов происходит в химически агрессивной среде. Значительная часть деталей грунтовых насосов изготавливается из износостойких чугунов, антифрикционных чугунов и легированных сталей. На основании информационного анализа и регионального мониторинга установлена частота выхода из строя различных деталей. Показано, что наиболее «узким местом» являются мелкогабаритные детали, изготавливаемые из антифрикционных чугунов. Повышение их срока эксплуатации позволит сократить число простоев, связанных с заменой, и повысить производительность насосов.

Ключевые слова: грунтовые насосы, мелкогабаритные детали, выход из строя, антифрикционные чугуны, литье в ГПФ.

Введение

Грунтовые насосы применяются для перекачки гидросмесей с твердыми абразивными частицами. Области применения – разработка карьеров, котлованов, перекачка грунта, золоудаление, очистка буровых растворов и т.д. Работа грунтовых насосов (рисунок 1) связана с перекачкой абразивных частиц (до 30% по массе), поэтому детали грунтовых насосов работают в крайне тяжелых условиях. Большая часть деталей подвергается различным видам износа и трения, во многих случаях эксплуатация грунтовых насосов происходит в химически агрессивной среде [1].

Виды износа, которым подвергаются детали грунтовых насосов, условно можно разделить на три вида: абразивный, кавитационный и механический [2].

Гидроабразивный износ проявляется в относительно равномерном изнашивании поверхности работающих деталей и зависит как от свойств материала детали, так и от характеристик перекачиваемой пульпы. Гидроабразивному износу подвергаются, в основном, рабочие колеса, бронедиски, крышки.

Кавитационный износ связан с нарушением режима работы насоса, внешне проявляется в увеличении вибрации, что приводит к еще большему износу и аварийной ситуации. Кавитационно-

му износу подвергаются все детали работающего износа, включая подшипники, втулки и вал.

Механический износ появляется в результате трения и удара твердых частиц, что характерно при перекачке грунта. Механическому износу



Рисунок 1 – Насос 8ГРК8 с двигателем 132квт/1000об.

также больше подвержены рабочие пульпопроводящие части насоса.

Очевидно, что для производства деталей грунтовых насосов используются материалы, ориентированные на работу в указанных условиях. К большинству материалов деталей грунтовых насосов предъявляются высокие требования по износостойкости, твердости, химической инертности и коэффициенту трения.

Значительная часть деталей грунтовых насосов изготавливается из износостойких чугунов, антифрикционных чугунов и легированных сталей [1-4]. В таблице приведен выборочный список деталей с указанием материала изготовления [5].

Как видно из приведенного списка, наиболее используемым материалом являются высокохромистые чугуны марки ИХЧ, серые чугуны, антифрикционные чугуны, а также стали. В ряде зарубежных исследований в качестве основного материала насосов указываются чугуны класса «нихард» [6, 7].

Помимо перечисленных материалов при изготовлении деталей насосов широко применяются алюминиевые сплавы с покрытием, нержавеющие стали AISI 316, а также фторопласты PTFE [8].

Экспериментальная часть и обсуждение результатов

Одним из мировых трендов изготовления деталей грунтовых насосов является их корундирование, т.е. покрытие поверхности слоем корунда, что повышает твердость и износостойкость детали. Однако надо заметить, что несмотря на значительное увеличение твердости и износостойкости, применимость данного направления весьма ограничена, т.к. покрытие является достаточно хрупким, обладает низкой ударной вязкостью и подвергается сколам.

Другим весьма популярным трендом является производство деталей насосов из высокохромистых чугунов или нихардов с последующим гуммированием. Этот способ весьма эффективен при

транспортировке мелкодисперсных абразивных частиц, однако при транспортировке достаточно крупных частиц (например, при обогащении руды) гуммирование себя не оправдывает.

На рисунке 2 приведена сравнительная диаграмма материалов, используемых при производстве грунтовых насосов. Диаграмма составлена на основании проведенного информационного анализа и регионального мониторинга. При расчете учитывалась не абсолютная масса изготавливаемой детали, а позиция в спецификации.

Как видно из приведенной диаграммы (рисунок 2), основная доля используемых материалов приходится на высокохромистые чугуны и чугуны класса нихард, затем следуют стали и антифрикционные чугуны. Неудивительно, что большая часть исследований, направленных на совершенствование материалов для изготовления деталей грунтовых насосов, посвящена повышению износостойкости и твердости материалов. Объектами исследований в таких работах обычно являются высокохромистые чугуны и чугуны класса «нихард», т.к. из них изготавливают основные рабочие части насосов – корпус и рабочее колесо.

Между тем, в конструкции насосов присутствует значительное число деталей, от которых требуются не только хорошее сопротивление износу и твердость, но также и антифрикционные свойства, т.к. такие детали, как втулки, вкладыши, работают в сопряженной паре и подвергаются трению. Следовательно, для обеспечения эффективной работы грунтовых насосов необходимо уделять внимание производству и качеству «малых» деталей, т.к. они выходят из строя чаще, чем основные. В качестве антифрикционных материалов для производства вкладышей, втулок грунтовых насосов используются чугуны, в основном серые, марок АЧС1,2-6.

Основными способами изготовления деталей являются различные методы литья с последующей механообработкой при необходимости. Известными производителями грунтовых насосов

Материалы для изготовления деталей грунтового насоса		
Номер п/п	Элемент	Материал, ГОСТ (ТУ)
1	Внутренний корпус	ИЧХ28Н2, ТУ 26-06-553-70
2	Рабочее колесо	ИЧХ28Н2, ТУ 26-06-553-70
3	Защитный диск	ИЧХ28Н2, ТУ 26-06-553-70
4	Корпус насоса – передняя (верхняя) половина	СЧ18-36
5	Корпус насоса – задняя (нижняя) половина	СЧ18-36
6	Вал	Сталь 45, сталь 50
7	передней опоры	СЧ18-36
8	задней опоры	СЧ18-36
9	Втулка проставки	АЧС-2, АЧС-4
10	Втулка вала	АЧС-2, АЧС-4. СЧ18-36

и деталей к ним являются НХМ «НаосХимМаш» (Россия), ENCE GmbH (Швейцария), Star Pump Alliance (Великобритания), Dredging Machinery Co.Ltd (Китай) и многие другие.

Наиболее распространенными методами изготовления деталей грунтовых насосов являются литье в кокиль, в ПГФ, реже способ ЛВМ и литье в оболочку [1,4]. Выбор способа литья деталей зависит конкретно от номенклатуры, наличия основных средств и материала для изготовления (рисунок 3).

В качестве способов для изготовления предпочтение отдается литью в кокиль (рисунок 3), т.к. этот способ позволяет получать отливки с высоким качеством поверхности и соответствия

геометрическим размерам при относительной простоте технологии по сравнению с другими методами точного литья (например, ЛВМ). Однако значительным недостатком этого способа является высокая скорость охлаждения, что приводит к отбелу, который в ряде случаев недопустим, например, в антифрикционных материалах.

Широкое применение имеет и такой традиционный способ, как литье в ПГФ. Этот способ отличается низкой стоимостью и простотой изготовления литейной формы, однако качество поверхности отливки не всегда удовлетворительное. Однако низкая скорость теплоотвода способствует графитизации, соответственно, этот способ можно рекомендовать при производстве деталей

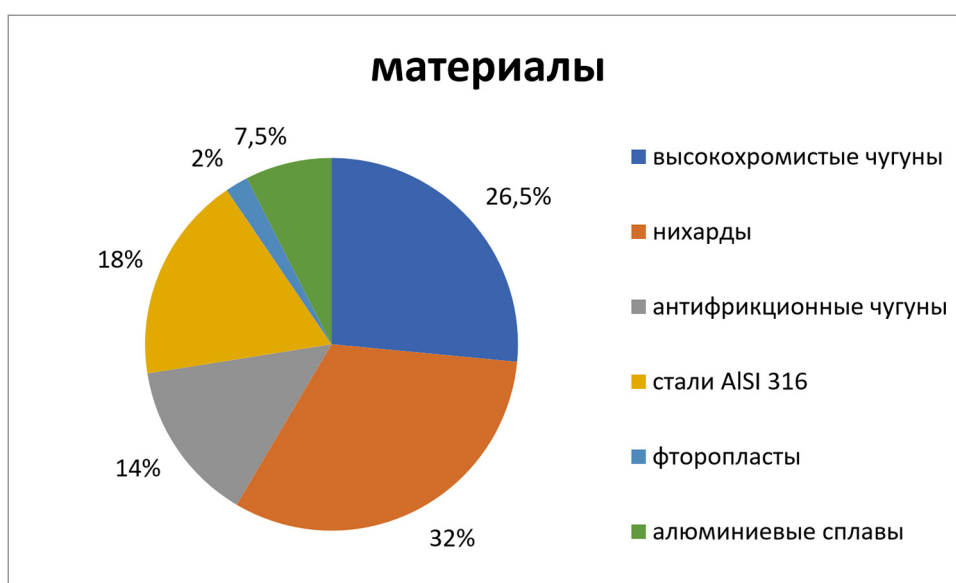


Рисунок 2 – Доля материалов, используемых для изготовления деталей грунтовых насосов

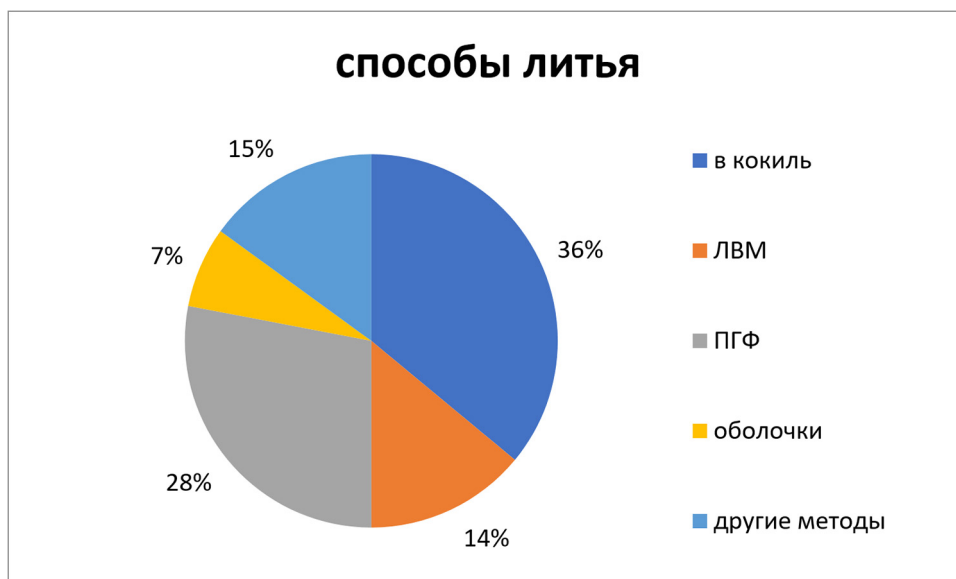


Рисунок 3 – Способы литья, используемые при изготовлении деталей грунтовых насосов

из серых и антифрикционных чугунов. При этом надо уделить очень большое влияние качеству формовочной смеси, особенно облицовочной.

Конструктивные решения при проектировании грунтовых насосов помимо максимально возможного КПД должны также предусматривать достаточно легкую замену деталей. По данным [6-8] крупные детали грунтовых насосов (рабочее колесо, бронедиски, корпуса) меняются через 8 000 часов работы, более мелкие детали (втулки, вкладыши и пр.) – еще чаще.

На рисунке 4 приведена диаграмма частоты смены некоторых деталей грунтовых насосов (количество замен на 8 000 часов работы).

Из рисунка 4 видно, что замены мелких деталей происходят гораздо чаще, чем крупногабаритных, т.к. в отличие от первых они подвергаются всем видам износа, включая кавитационный. При этом надо отметить, что хотя стоимость, на-

пример, втулки и рабочего колеса несопоставимы, стоимость простоя, связанного с их заменой, одинакова.

Заключение

Таким образом, проведенный информационный анализ позволил предположить «узкие места» эксплуатационного срока грунтовых насосов: короткий срок службы мелких деталей (типа втулок и пр.) и связанные с этим замены. Увеличение срока службы таких деталей позволит сократить число простоев, связанных с заменой, и увеличить производительность насосов.

Данные исследования проведены в рамках реализации гранта Комитета науки МОН РК АР09058350 «Разработка и внедрение технологии производства хромистых антифрикционных чугунов для деталей горно-шахтного оборудования».

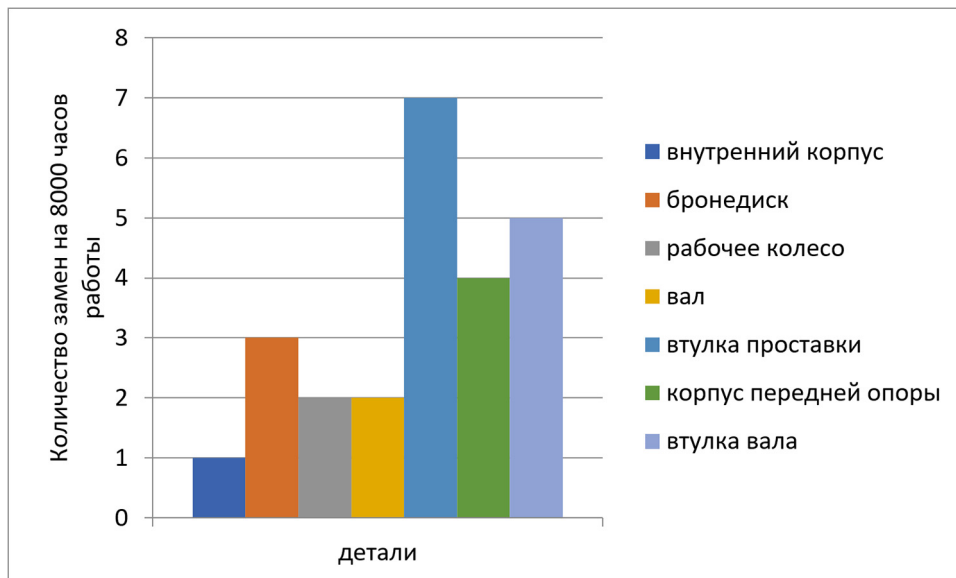


Рисунок 4 – Количество замен некоторых деталей насосов на 8 000 часов работы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции. – М.: Стройиздат, 1986. – 320 с.
2. O. Dogan, J. Hawk, J. Rice. Comparison of Three Ni-Hard I Alloys // J. Materials Science and Technology, 2004/09/01 vol. 1.
3. Ивановский В.И. Оборудование для добычи нефти и газа. Ч. 1. – М.: Нефть и газ, 2002. – 756 с.
4. Технология корундирования грунтовых насосов // ТУ АО «ССГОП», 2006. – 18 с.
5. www.standartgost.ru
6. Поветкин В.В., Керимжанова М.Ф., Орлова Е.П. Совершенствование оборудования для транспорта гидросмесей в обогательном производстве // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 6. С. 161-169.
7. Исагулов А.З., Квон Св.С., Куликов В.Ю. Повышение износостойкости элементов горно-обогатительного оборудования // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2020. Т. 76. № 6. С. 609-613.
8. Kovalev P., Riaboshuk S., Issagulov A., Kvon S., Kulikov V. Improving shipbuilding steel grade quality at stages of smelting, secondary refining, and continuous casting // Metals. 2019. Т. 9. № 2. С. 203.

Топырақ сорғысының бөлшектерін өндірудің әлемдік тенденцияларын талдау

^{1*}ЩЕРБАКОВА Елена Петровна, PhD, аға оқытушы, sherbakova_1984@mail.ru,

¹ДОСТАЕВА Ардак Мухамедиевна, PhD, аға оқытушы, ardak_erkekyz@mail.ru,

¹КВОН Светлана Сергеевна, т.ғ.к., профессор, svetlana.1311@mail.ru,

¹ТЫРТЫКАЕВА Карина Тимуровна, студент, tyrtukaevakarina@gmail.com,

¹Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Бұл зерттеудің мақсаты экскаваторлы сорғы бөлшектерін дайындауға арналған материалдарға және оларды өндіру әдістеріне салыстырмалы талдау жүргізу болды. Шөгінділерді қатты абразивті бөлшектермен айдау үшін топырақ сорғылары қолданылады. Бөлшектердің көпшілігі әртүрлі тозуға және үйкеліске ұшырайды, көптеген жағдайларда топырақ сорғылардың жұмысы химиялық агрессивті ортада жүреді. Топырақ сорғысының бөлшектерінің едәуір бөлігі тозуға төзімді шойындардан, антифрикциялық шойындардан және легіріленген болаттардан жасалған. Ақпараттық талдау және аймақтық мониторинг негізінде әртүрлі бөлшектердің істен шығу жиілігі анықталды. Антифрикциялық шойыннан жасалған кішігірім бөлшектер ең «тар жол» екендігі көрсетілген. Олардың қызмет ету мерзімін ұзарту ауыстырумен байланысты тоқтап қалуын азайтуға және сорғының жұмысын жақсартуға мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: топырақ сорғылары, шағын өлшемді бөлшектер, істен шығу, антифрикциялық шойындар, ГПФ құю.

Analysis of World Trends in the Production of Dredge Pump Parts

^{1*}SHCHERBAKOVA Elena, PhD, Senior Lecturer, sherbakova_1984@mail.ru,

¹DOSTAEVA Ardak, PhD, Senior Lecturer, ardak_erkekyz@mail.ru,

¹KVON Svetlana, Cand. Tech. Sci., Professor, svetlana.1311@mail.ru,

¹TYRTYKAEVA Karina, student, tyrtukaevakarina@gmail.com,

¹Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

*corresponding author.

Abstract. The purpose of this study was to conduct a comparative analysis of materials for the manufacture of dredge pump parts and methods of their production. Dredge pumps are used for pumping slurries with solid abrasive particles. Most of the parts are exposed to various types of wear and friction; in many cases, the operation of dredge pumps takes place in a chemically aggressive environment. A significant part of the dredge pump parts are made of wear-resistant cast irons, antifriction cast irons and alloy steels. Based on information analysis and regional monitoring, the frequency of failure of various parts has been established. It is shown that the most «bottleneck» is small-sized parts made of antifriction cast iron. Increasing their service life will reduce replacement downtime and improve pump performance.

Keywords: dredge pumps, small-sized parts, failure, antifriction cast irons, GPF casting.

REFERENCES

1. Karelin V.Ya., Minaev A.V. Nasosy i nasosnye stancii. – Moscow: Strojizdat, 1986. – 320 p.
2. O. Dogan, J. Hawk, J. Rice. Comparison of Three Ni-Hard I Alloys // J. Materials Science and Technology, 2004/09/01 vol. 1.
3. Ivanovskij V.I. Oborudovanie dlya dobychi nefi i gaza. Ch. 1. – Moscow: Neft' i gaz, 2002. – 756 p.
4. Tekhnologiya korundirovaniya gruntovyh nasosov // TU AO «SSGOP», 2006. – 18 p.
5. www.standartgost.ru
6. Povetkin V.V., Kerimzhanova M.F., Orlova E.P. Sovershenstvovanie oborudovaniya dlya transporta gidrosmelej v obogatitel'nom proizvodstve // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'. 2018. no. 6. pp. 161-169.
7. Isagulov A.Z., Kvon Sv.S., Kulikov V.Yu. Povyshenie iznosostojkosti elementov gorno-obogatitel'nogo oborudovaniya // Chernaya metallurgiya. Byulleten' nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii. 2020. T. 76. no. 6. pp. 609-613.
8. Kovalev P., Riaboshuk S., Issagulov A., Kvon S., Kulikov V. Improving shipbuilding steel grade quality at stages of smelting, secondary refining, and continuous casting // Metals. 2019. T. 9. no. 2. pp. 203.

Выбор и обоснование технологии комплексной переработки изгари с получением товарных продуктов

¹*КОЙШИНА Гулзада Мынгышкызы, PhD, лектор, gulzada.koishina@mail.ru,

¹ЖОЛДАСБАЙ Ержан Есенбайулы, докторант, zhte@mail.ru,

¹КУРМАНСЕЙТОВ Мурат Бауыржанулы, старший научный сотрудник, murat.kmb@mail.ru,

¹ТАЖИЕВ Елеусиз Болатович, PhD, тьютор, eleusiz_t1990@mail.ru,

¹Satbayev University, Казахстан, 050013, Алматы, ул. Сапиева, 22а,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Вопросы переработки отходов, тесно связанные с ресурсосбережением первичного сырья, привлекают особое внимание и приобретают большую актуальность. Рассматриваемые в настоящей работе вопросы переработки отходов горячего цинкования изделий и материалов, в частности изгари, не исключение. Проведенный в работе анализ способов переработки изгари показал, что имеющиеся в технической литературе способы недостаточно эффективны и разработаны применительно к конкретным условиям производства. Тем не менее, рост и накопленные объемы изгари на складах предприятий, ввиду отсутствия рациональной технологии их переработки, требуют изыскания новых решений и подходов. Сравнительный анализ существующих способов показывает, что, в основном, все способы сводятся к получению металлического цинка невысокого качества и вторичному его использованию в процессе цинкования. Такой оборот цинка является источником накапливания примесей. Кроме того, ни в одном из способов не уделено особого внимания на поведение таких примесей, как свинец и железо, высокое содержание которых в изгари во многом определяет качество получаемого цинка. Показано, что наиболее эффективным способом переработки изгари является предварительное разделение металлической ее части от неметаллической с дальнейшей самостоятельной, отдельной переработкой каждой из них. Разработана концептуальная схема переработки изгари с получением металлического цинка высокого качества и чистого оксида цинка, не содержащего свинец, пригодного для использования в качестве минеральных добавок в корм для животных.

Ключевые слова: оцинкование, изгарь, цинк, оксид цинка, хлорид кальция, хлорид аммония, свинец, железо.

Введение

Мировое производство цинка сегодня, хотя и демонстрирует небольшой рост, его потребление остается на высоком уровне и достигает 14 млн тонн [1, 2]. Основные направления использования цинка включают процессы оцинкования изделий. В мировом потреблении цинка 50% составляет горячее оцинкование стали [3].

Цинковое покрытие имеет хороший внешний вид и позволяет увеличить срок службы изделий в 2-3 раза, надежно защищая их от атмосферной, водной и других видов коррозии. На процесс горячего оцинкования со стороны исследователей обращается недостаточное внимание, хотя здесь имеются большие резервы, носящие проблемный характер. Среди назревших проблем – необходимость стабилизации качества покрытия и повышение эффективности производства, совершенствование технологического процесса горячего

оцинкования, утилизация большого количества ценных промышленных отходов (изгари).

Решение указанных проблем позволит качественно повысить уровень организации, эффективность и культуру производства, снизить нагрузку на окружающую среду.

Высокие цены на цинк, составляющие главную часть расходов в оцинковании, требуют экономного использования цинка и утилизации его отходов, к которым относятся изгарь, гартцинк и зола (нашатырный шлак). Правильно организованная работа отделения оцинкования позволит минимизировать количество отходов и создать собственное производство их переработки с получением дополнительной товарной продукции. Развитие цинкового производства в мире подтверждает актуальность и приоритетность выбранных научных направлений, применительно к Казахстану.

В настоящей работе на основании анализа существующих способов переработки изгари (глубина поиска 20 лет), успешно прошедших опытно-промышленные и промышленные испытания, сформулированы ключевые технологические операции комплексной технологии переработки изгари на основе концепции ее построения.

Краткий анализ способов переработки изгари

Выход изгари составляет от 0,5 до 3,5% от массы пропускаемых изделий. Изгарь по своему составу представлена оксидом цинка. В нем остается 30-40% металлического цинка [4]. Сложный химический состав изгари затрудняет дальнейшее ее использование. Основная переработка ее сводится к извлечению металлического цинка, который ввиду низкого качества не является товарным цинком и используется вторично в процессе цинкования изделий. В то же время оставшаяся после выделения цинка неметаллическая часть изгари, ввиду значительного содержания в нем свинца, с одной стороны, и отсутствия рациональной технологии переработки – с другой, накапливается и складывается на предприятии и занимает большие территории.

В настоящее время на практике широко используются пирометаллургические способы переработки изгари с получением металлического цинка. В последние годы развиваются гидрoметаллургические способы [2,4,5].

Наиболее распространенные способы переработки изгари – это их нагревание в цилиндрических барабанах или ретортах различных конструкций до температуры выше температуры плавления цинка [5,6]. Недостаток этих способов – отсутствие герметизации внутреннего объема барабана. Второй существенный недостаток – отсутствие непосредственного прямого контакта стенок разогретой камеры сгорания с сырьем, загруженным в барабан.

Более подробного анализа заслуживают способы переработки изгари, где основной упор сделан на вторичное использование цинковых отходов [7-12]. Так, в работе [7] получали раствор азотнокислого цинка из отходов, содержащих цинк, который мог быть использован в химической технологии для переработки изгари. Сущность работы заключается в получении раствора нитрата цинка из отхода металлургического производства, в частности, изгари цинка и азотной кислоты с введением в реакционную массу раствора карбамида при молярном соотношении $\text{HNO}_3:\text{CO}(\text{NH}_2)_2=1,0:(0,02-0,05)$. Раствор карбамида полностью исключал возможность образования оксидов азота и выделение их в атмосферу.

В работе [8] в 20-25% растворе серной кислоты растворяли пыль, уловленную при прокаливании отходов бронзы. В полученный сернокислый раствор добавляли гартцинк, после чего осаждали и отделяли от суспензии пасту, содержащую ок-

сиды меди и свинца. Отфильтрованный раствор сульфата цинка обрабатывали отходами кальцийсодержащих соединений в два этапа. На первом этапе к раствору добавляли хлорид кальция для перевода сульфата цинка в хлорид, и отделяли от суспензии образовавшийся гипс. На втором этапе раствор нейтрализовали пылью-уносом, получаемой при прокаливании известняка. После отделения на поверхности вакуум-фильтра твердой фазы от раствора пасту оксида цинка промывали водой от хлорида кальция и сушили. Полученный материал подвергали дополнительной сушке при температуре 110-120°C в комбинированной распылительной сушилке и получали товарный продукт в виде цинковых белил.

В работе [9] переработке подвергали отходы цинка в виде изгари, полученные после цинкования железа и окисленных отходов. Отходы загружали в расплав эквимольной смеси хлоридов натрия и калия. Далее добавляли фториды натрия или алюминия и выдерживали расплав при температуре 740-790°C в течение 15-30 мин. По истечении заданного времени извлекали металлический цинк. Операцию повторяли 3-5 раз, после чего в расплав добавляли 5-10% алюминия от массы расплава солей и извлекали алюмоцинковый сплав. Из расплава солей извлекали осадок оксидов и интерметаллидов железа с алюминием и цинком, после чего операцию повторяли. В качестве фторидов добавляли NaF или AlF_3 в количестве 10-15% от массы эквимольной смеси хлоридов калия и натрия. При этом единовременная загрузка отходов цинка от массы расплава солей составляла 0,12-0,20. Процесс осуществлялся в одном агрегате с высокой производительностью. Цинк извлекался не только из интерметаллидов, но и из отходов цинка.

Авторы работы [10] совместной плавке подвергали изгарь с металлическим алюминием. Суть способа заключалась в следующем. В тигле плавильного агрегата расплавляли металлический алюминий, к которому добавляли изгарь исходя из соотношения $M_{\text{Al}}:M_{\text{изгари}}=1:(4\pm 5)$. На поверхность расплава засыпают (заливают) флюс с температурой плавления, на 210-280°C превышающей температуру плавления цинка. Расход флюса осуществляют из расчета создания слоя толщиной 0,2-0,3 от высоты тигля. Ввод пылевидной фракции изгари цинка осуществляют посредством ее замешивания во флюс при температуре 720-760°C. По мере заполнения рабочего пространства тигля металлическим и флюсовым расплавами температуру снижают до 430-500°C. Далее проводят отстаивание в течение 0,4-12 ч. Перед отстаиванием во флюс загружают порцию алюминиевой стружки из расчета 1±3% от массы металлического расплава с целью снижения остаточного содержания цинка во флюсе. При этом повышается выход и качество получаемого цинка, снижаются затраты на осуществление процесса.

Интересным представляется способ, разрабо-

танной авторами работы [11]. По данному способу загрузку изгари осуществляют в рабочую камеру, где нагрев и плавление изгари цинка проводят в среде защитного газа при температуре рабочей камеры 430-450°C в течение 1,4-1,6 ч. При этом выходящие из рабочей камеры печи продукты сгорания разбавляют вторичным воздухом и регулируют их отвод тягой. Получаемый металлический цинк разливают в изложницы. Способ осуществляют на установке, схема которой представлена на рисунке 1.

Установка содержит корпус (1) со съемным сводом (2). Нагреватель устанавливается под наклоном в корпусе с возможностью вращения от электропривода (4), который располагается в отверстии рабочей камеры со съемной крышкой. Съемный свод дополнительно содержит дымовую трубу (7) с установленными в ней соплами (9) вторичного воздуха и устройством регулирования тяги. Съемная крышка рабочей камеры (3) снабжена термопарой (12) и трубкой для подачи защитного газа (13). Способ позволяет повысить чистоту выплавленного из изгари цинка, производительность установки, снизить энергетические затраты, и обеспечивает техническую и экологическую безопасность при эксплуатации установки.

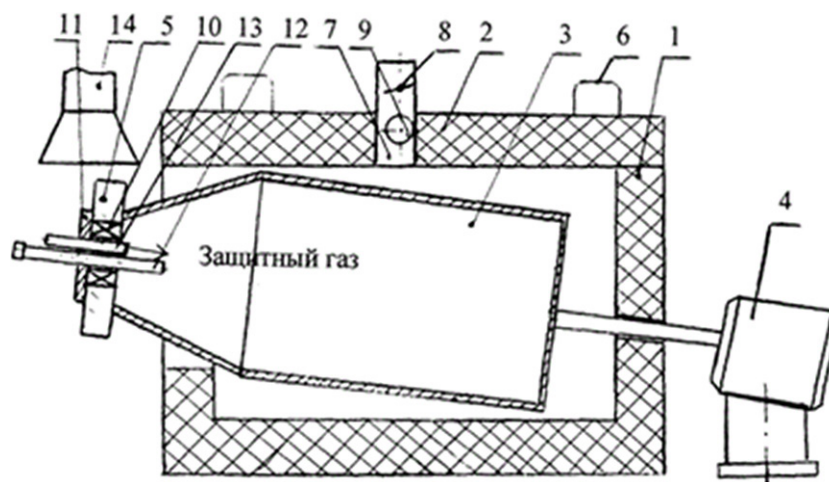
Авторы работы [12] плавил изгарь под слоем расплавленного флюса при температуре 420-460°C. С целью повышения извлечения цинка и обеспечения возможности повторного использования флюса авторы использовали хлористый цинк. Отработанный расплав хлористого цинка удаляют с поверхности цинковой ванны, растворяют в воде, выделяют окислы цинка, а раствор хлористого цинка упаривают и направляют на плавку.

Аналогичный способ плавки изгари при температуре 540-560°C опробован в работе [13].

Расплавленный цинк разливали в чушки и возвращали в технологию горячего цинкования. По данному способу изгарь цинка, получаемую на поверхности расплава цинка в процессе цинкования металлических изделий, снимали и охлаждали. Перед использованием изгари ее сортировали, и после отделения кусков (50-300 мм) их загружали в тигель в количестве 450-460 кг. Тигель с изгарью взвешивали и ставили на изложницу квадратной формы, после чего устанавливали в электрическую печь. После нагрева изгари до заданной температуры печь отключали. По мере нагрева, начиная с температуры плавления цинка (419°C), цинк выплавлялся из изгари и стекал через отверстие в тигле в изложницу. Изгарь выдерживали в печи (3-4 часа). Остатки изгари цинка в тигле складировали, а полученные слитки цинка взвешивали, анализировали на содержание железа и использовали вместо покупного цинка на участке горячего цинкования. По данному способу эффект достигался за счет отсекаания цинка, выплавленного из изгари, при температуре 540-560°C, которая была ниже температуры плавления интерметаллических соединений железа (гартцинка), с высоким содержанием в них железа.

К общим недостаткам рассмотренных способов можно отнести:

- трудоемкость выделения металлической фракции, образование большого объема сточных вод, требующих дополнительной очистки и упаривания для получения хлорида цинка;
- энергетические затраты, связанные с использованием дополнительного оборудования, увеличение штата рабочего персонала. Организация дополнительного участка для переработки изгари цинка;
- необходимость в дополнительном транспортном оборудовании для перемещения жид-



1 – корпус, 2 – съемный свод, 3 – рабочая камера, 4 – электропривод, 5 – торцевая крышка, 6 – скобы, 7 – дымовая труба, 8 – поворотная заслонка, 9 – сопла, 10 – подшипник, 11 – крышка, 12 – термопара, 13 – труба с газом, 14 – вытяжной зонт

Рисунок 1 – Установка для переработки изгари

кого металла в технологическую ванну горячего цинкования;

- дополнительные затраты на упаривание раствора хлористого цинка;

- дороговизна некоторых реагентов, используемых при переработке изгари.

Наиболее эффективным является способ разделения металлической и оксидной части изгари с отдельной переработкой каждой из них [6]. Металлическую часть плавят в индукционной печи под слоем хлористого аммония и древесного угля. Из металлической части получают металлический цинк состава, %: 95,9 Zn; 1,54 Pb; 0,9 Fe; 0,4 Cu.

Оксидную часть изгари подвергают обжигу при 800-900°C и получают оксид цинка, который используется для приготовления белил. Недостатки способа: трудность разделения металлической и неметаллической оксидной фракции; в металлических корольках цинка остается оксид цинка, что сильно ухудшает качество получаемых цинковых белил.

Как показывает анализ, известные способы переработки изгари характеризуются большими энергетическими и материальными затратами, использованием дорогостоящих реагентов. Не обеспечивается высокое извлечение цинка и комплексность использования сырья (изгари). Вопросы переработки неметаллической части изгари остаются открытыми.

При переработке изгари большое значение имеет поведение примесей, присутствующих в изгари. Принципиальное значение имеет изучение поведения свинца, ввиду высокого до 1% его содержания в изгари, который оказывает существенное влияние на качество получаемого цинка.

Результаты работ по переработке изгари, подвергнутых анализу, не дают однозначной картины по удалению свинца. Нет данных по минимизированию содержания свинца в металлизированной и неметаллической части изгари. Не исследованы формы нахождения цинка, свинца и других металлов-примесей в оксидно-металлизированных расплавах, составляющих основу изгари. Остаются открытыми вопросы механизма распределения свинца между продуктами плавки металлической части и переработки неметаллической части изгари.

Тем не менее, результаты проведенного анализа позволяют сделать следующие важные для практики выводы, а именно:

1) при организации высокоэффективной технологии переработки отходов процесса горячего

цинкования (изгари) и некондиционных цинк-, свинецсодержащих отходов цветной металлургии вначале необходимо проводить предварительное разделение металлической и неметаллической части изгари.

2) необходимо предусматривать отдельную переработку металлической и неметаллической части изгари с получением товарных продуктов – металлического цинка высокого качества и чистого порошка оксида цинка, не содержащего свинца в виде минеральных добавок для животноводства.

Наиболее перспективным, на наш взгляд, для переработки металлической части изгари представляется плавка с использованием хлорида аммония, а для неметаллической части низкотемпературный обжиг с добавлением хлоридов кальция и аммония.

Результаты предварительных поисковых опытов показали принципиальную возможность осуществления предложенных решений с получением металлического цинка высокого качества и чистого порошка оксида цинка, содержащего % масс: 73 Zn; 0,02 Pb; 0,5 Fe; 0,04 Cu; 0,001 Cd; 0,005 As; 0,005 Sb; 0,007 Sn.

Проведенный анализ и полученные предварительные результаты позволяют построить концептуальную схему общей технологии переработки изгари, которая представлена на рисунке 2.

Выводы:

1. На основании сравнительного анализа существующих способов по переработке изгари, получаемой после оцинкования изделий установлено, что в настоящее время нет высокоэффективной технологии ее переработки. Показано, что способы переработки изгари, используемые на практике, решают лишь локальную задачу – возврат цинка в процесс оцинкования.

2. Показано, что наиболее эффективным способом переработки изгари является разделение ее металлической части от неметаллической части с дальнейшей отдельной переработкой каждой из них с получением товарных продуктов – металлического цинка высокого качества и чистого оксида цинка, пригодного для использования в качестве минеральных добавок в корм для животных.

3. Предложена концептуальная схема переработки изгари, предусматривающая высокоэффективное комплексное решение вопроса с получением товарных продуктов при минимальных затратах с использованием хлорирующей плавки и обжига.

Исследования проводились в рамках грантового финансирования Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан на 2021-2023 годы по приоритетному направлению «Рациональное использование природных ресурсов, в том числе водных ресурсов, геологии, переработки, новых материалов и технологий, безопасных изделий и конструкций» проекта № AP09058297 «Разработка новой безотходной технологии утилизации отходов горячего оцинкования с комплексным извлечением ценных компонентов».

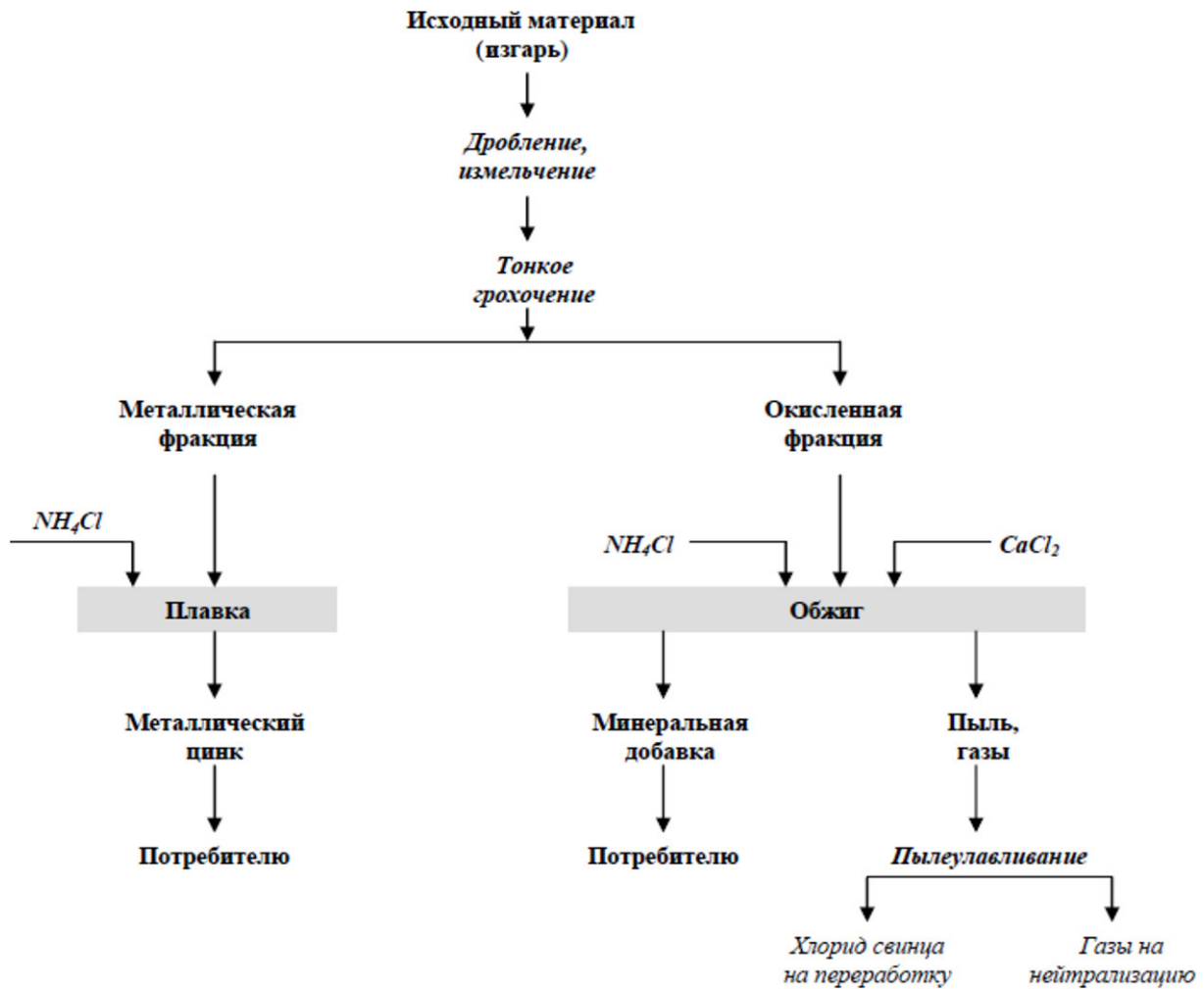


Рисунок 2 – Концептуальная схема технологии переработки изгари

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Saramak D., Krawczykowski D., and Gawenda T. Investigations of zinc recovery from metallurgical waste. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018. 427(1).
2. Trpcavska J., et al., Leaching of Zinc Ash with Hydrochloric Acid Solutions. Polish Journal of Environmental Studies, 2018. 27(4): p. 1785-1771.
3. Stubbe G., Hillmann C., and Wolf C. Zinc and Iron Recovery from Filter Dust by Melt Bath Injection into an Induction Furnace. Erzmetall, 2016. 69(3): p. 5-12.
4. Takáčová Z., Hluchánová B., and Trpcavská J. Leaching of zinc from zinc ash originating from hot-dip galvanizing. Metall, 2010. 64(12): p. 517-519.
5. Najiba, S. Recovery of Zinc from Ash of Galvanizing Plant by Hydrometallurgical Route. Bangladesh University of Engineering and Technology, 2009. The thesis of Master of Science in Materials and Metallurgical Engineering Department: p. 1-92.
6. Тарасов А.В. Переработка отходов горячего цинкования // Сталь. 1989. № 6. С.57-58.
7. Ягубова В.Л., Чумаевский О.В. Способ получения нитрата цинка. Патент РФ № 96111199/25 от 10.04.1998.
8. Бархатов В.И., Добровольский И.П., Капкаев Ю.Ш., Костюнин С.В. Способ переработки отходов, содержащих тяжелые цветные металлы. Патент РФ № 2016108776 от 26.05.2017.
9. Казанцев Г.Ф., Барбин Н.М., Моисеев Г.К., Ватолин Н.А. Способ переработки отходов цинка. Патент РФ № 99107789/02 от 10.04.2000.
10. Шаршин В.Н., Кечин В.А., Скитович С.В., Чернова Л.А., Трихаев С.В. Способ алюминотермического переплава пылевидной фракции изгари цинка. Патент РФ № 99104196/02 от 10.06.2000.
11. Чернов П.П., Корышев А.Н., Ларин Ю.И., Астахов А.Н., Евсюков В.Н., Бубнов С.Ю. Способ получения цинка из цинкового дросса. Патент РФ № 2001109810/02 от 27.08.2002.
12. Юдин Р.А., Виноградов А.В., Ковряков С.В., Судаков Э.А., Яничев А.Н. Установка и способ извлечения цинка из изгари цинка. Патент РФ № 2008102795/02 от 10.10.2009.
13. Кодочигов Б.Н. Способ переработки изгари цинка. Патент РФ № 2267546, 2006.

Тауарлық өнімдерді алу үшін мырыш күлін кешенді өңдеу технологиясын таңдау және негіздеу

¹*КОЙШИНА Гүлзада Мынғышқызы, PhD, Лектор, gulzada.koishina@mail.ru,

¹ЖОЛДАСБАЙ Ержан Есенбайұлы, докторант, zhte@mail.ru,

¹КУРМАНСЕИТОВ Мұрат Бауыржанұлы, аға ғылыми қызметкер, murat.kmb@mail.ru,

¹ТАЖИЕВ Елеусіз Болатұлы, PhD, тьютор, eleusiz_t1990@mail.ru,

¹Сәтбаев Университеті, Қазақстан, 050013, Алматы, Сәтбаев көшесі, 22а,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Бастапқы шикізатты ресурстарды үнемдеумен тығыз байланыстағы қалдықтарды қайта өңдеу мәселелері маңызды және өзекті болып табылады. Бұл жұмыста қарастырылған өнімдер мен материалдарды, ыстық күйде мырыштаудан шыққан қалдықтарды, атап айтқанда, мырыш күлін қайта өңдеу мәселелері де маңызды. Жұмыста жүргізілген мырыш күлін өңдеу әдістерін талдау техникалық әдебиеттерде бар әдістердің жеткілікті дәрежеде тиімді еместігін және нақты өндірістік жағдайларға байланысты дамығандығын көрсетті. Соған қарамастан, оларды қайта өңдеудің ұтымды технологиясының болмауына байланысты кәсіпорындардың қоймаларындағы қалдықтардың өсуі мен жинақталған көлемі жаңа шешімдер мен тәсілдерді іздеуді қажет етеді. Қолданыстағы әдістердің салыстырмалы талдауы көрсеткендей, негізінен барлық әдістер төмен сапалы мырыш алуға және оны мырыштау процесінде қайталап қолдану процестерімен шектеледі. Бұл мырыш айналымы қоспалардың жинақталу көзі болып табылады. Сонымен қатар, әдістердің ешқайсысы қорғасын мен темір сияқты қоспалардың мінез-құлқына ерекше назар аудармады, оның құрамында күлдің көп мөлшері алынған мырыштың сапасын анықтайды. Күлді өңдеудің ең тиімді тәсілі – оның металдық бөлігін бейметалдан алдынала бөлу, олардың әрқайсысын одан әрі тәуелсіз, бөлек өңдеумен жүзеге асырылатындығы көрсетілген. Мал азығына минералды қоспалар ретінде пайдалануға жарамды жоғары сапалы металл мырыш пен қорғасынсыз мырыш оксидін шығарумен мырыш күлін қайта өңдеудің тұжырымдамалық схемасы жасалды.

Кілт сөздер: мырыштау, мырыш күлі, мырыш, мырыш оксиді, хлорлы кальций, хлорлы аммоний, қорғасын, темір.

Selection and Justification of the Technology of Integrated Processing of False with Obtaining Commodity Products

¹*KOISHINA Gulzada, PhD, Lecturer, gulzada.koishina@mail.ru,

¹ZHOLDASBAY Erzhan, doctoral student, zhte@mail.ru,

¹KURMANSEITOV Murat, Senior Researcher, murat.kmb@mail.ru,

¹TAZHIEV Yeleussiz, PhD, Tutor, eleusiz_t1990@mail.ru,

¹Satbayev University, Kazakhstan, 050013, Almaty, Satbayev Street, 22a,

*corresponding author.

Abstract. Waste processing issues, closely related to the resource conservation of primary raw materials, attract special attention and become more urgent. The issues of processing waste products from hot-dip galvanizing of products and materials, in particular, ash, considered in this work, are no exception. The analysis of the methods for processing ash, carried out in the work, showed that the methods available in the technical literature are not effective enough and are developed in relation to specific production conditions. Nevertheless, the growth and accumulated volumes of waste in the warehouses of enterprises, due to the lack of rational technology for their processing, require the search for new solutions and approaches. Comparative analysis of the existing methods shows that basically, all methods are reduced to the production of low quality metal zinc and its secondary use in the galvanizing process. This zinc turnover is a source of impurity accumulation. In addition, none of the methods paid special attention to the behavior of impurities such as lead and iron, the high content of which in the ash largely determines the quality of the resulting zinc. It has been shown that the most effective way of processing the ash is the preliminary separation of its metallic part from the non-metallic one with further independent, separate processing of each of them. A conceptual scheme for the processing of ashes with the production of high quality metal zinc and pure lead-free zinc oxide, suitable for use as mineral additives in animal feed, has been developed.

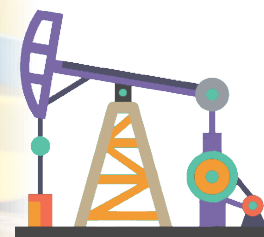
Keywords: galvanizing, ash, zinc, zinc oxide, calcium chloride, ammonium chloride, lead, iron.

REFERENCES

1. Saramak D., Krawczykowski D., and Gawenda T. Investigations of zinc recovery from metallurgical waste. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018. 427(1).
2. Trpcevska J., et al., Leaching of Zinc Ash with Hydrochloric Acid Solutions. Polish Journal of Environmental Studies, 2018. 27(4): p. 1785-1771.

3. Stubbe G., Hillmann C., and Wolf C. Zinc and Iron Recovery from Filter Dust by Melt Bath Injection into an Induction Furnace. *Erzmetall*, 2016. 69(3): p. 5-12.
4. Takáčová Z., Hluchánová B., and Trpcevsá J. Leaching of zinc from zinc ash originating from hot-dip galvanizing. *Metall*, 2010. 64(12): p. 517-519.
5. Najiba, S. Recovery of Zinc from Ash of Galvanizing Plant by Hydrometallurgical Route. Bangladesh University of Engineering and Technology, 2009. The thesis of Master of Science in Materials and Metallurgical Engineering Department: p. 1-92.
6. Tarasov A.V. Pererabotka otkhodov goryachego tsinkovaniya // *Stal'*. 1989. no. 6. pp. 57-58.
7. Yagubova V.L., Chumayevskiy O.V. Sposob polucheniya nitrata tsinka. Patent RF no. 96111199/25 ot 10.04.1998.
8. Barkhatov V.I., Dobrovolskiy I.P., Kapkayev YU.SH., Kostyunin S.V. Sposob pererabotki otkhodov, sodержashchikh tyazhelye tsvetnyye metally. Patent RF no. 2016108776 ot 26.05.2017.
9. Kazantsev G.F., Barbin N.M., Moiseyev G.K., Vatolin N.A. Sposob pererabotki otkhodov tsinka. Patent RF no. 99107789/02 ot 10.04.2000.
10. Sharshin V.N., Kechin V.A., Skitovich S.V., Chernova L.A., Trikhayev S.V. Sposob alyuminotermicheskogo pereplava pylevidnoy fraktsii izgari tsinka. Patent RF no. 99104196/02 ot 10.06.2000.
11. Chernov P.P., Koryshev A.N., Larin YU.I., Astakhov A.N., Yevsyukov V.N., Bubnov S.YU. Sposob polucheniya tsinka iz tsinkovogo drossa. Patent RF no. 2001109810/02 ot 27.08.2002.
12. Yudin R.A., Vinogradov A.V., Kovryakov S.V., Sudakov E.A., Yanichev A.N. Ustanovka i sposob izvlecheniya tsinka iz izgari tsinka. Patent RF no. 2008102795/02 ot 10.10.2009.
13. Kodochigov B.N. Sposob pererabotki izgari tsinka. Patent RF no. 2267546, 2006.

Геотехнологии. Безопасность жизнедеятельности



DOI 10.52209/1609-1825_2021_3_94

УДК 533

Особенности геологического строения, магматизма и рудообразования месторождений Бакырчикского рудного поля

¹МИЗЕРНАЯ Марина Александровна, к.г.-м.н., ассоциированный профессор, mizernaya58@bk.ru,

¹ДБЯЧКОВ Борис Александрович, д.г.-м.н., профессор, bdyachkov@mail.ru,

²МИРОШНИКОВА Анастасия Петровна, PhD, старший научный сотрудник, anastasiya-2588@mail.ru,

^{1*}ЗИКИРОВА Карина Талгатовна, докторант, 96karina@list.ru,

¹ЕСКАЛИЕВ Ертай Талгатович, докторант, yeskaliev96@mail.ru,

¹Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Казахстан, 070004, Усть-Каменогорск, ул. А.К. Протозанова, 69,

²Филиал РГП «НЦ КПМС РК» «ВНИИцветмет», Казахстан, 070002, Усть-Каменогорск, ул. Промышленная, 1,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Рассмотрены особенности геологии, магматизма и рудообразования золоторудного месторождения Бакырчик, относимого большинством авторов к крупным месторождениям мезотермального типа в черносланцевых образованиях. Месторождение расположено в Западной Калбе в Восточном Казахстане. Все известные на территории Западной Калбы геолого-промышленные типы золотого оруденения по приоритетности делятся на три группы: первая – золото-сульфидные прожилково-вкрапленные в черных сланцах (бакырчикский тип); далее – золото-сульфидно-кварцевые жильные и прожилково-жильные (Акжал, Кулуджун, Сенташ и др.) и штокверковые месторождения с прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией (Баладжал, Джумба и др.). Наиболее перспективный, но, несмотря на многие годы изучения, недоизученный уровень представлен Бакырчикским рудным районом. Региональная позиция рудного поля определяется приуроченностью его к структурам в палеогибах каледонского фундамента субконтинентального типа с промежуточной земной корой. Цель статьи – установить взаимосвязь структурной позиции и воздействия скрытой интрузии на формирование оруденения месторождений Бакырчикского рудного поля.

Ключевые слова: магматизм, тектоника, золото-сульфидные руды, Западная Калба, стратоуровни.

Введение

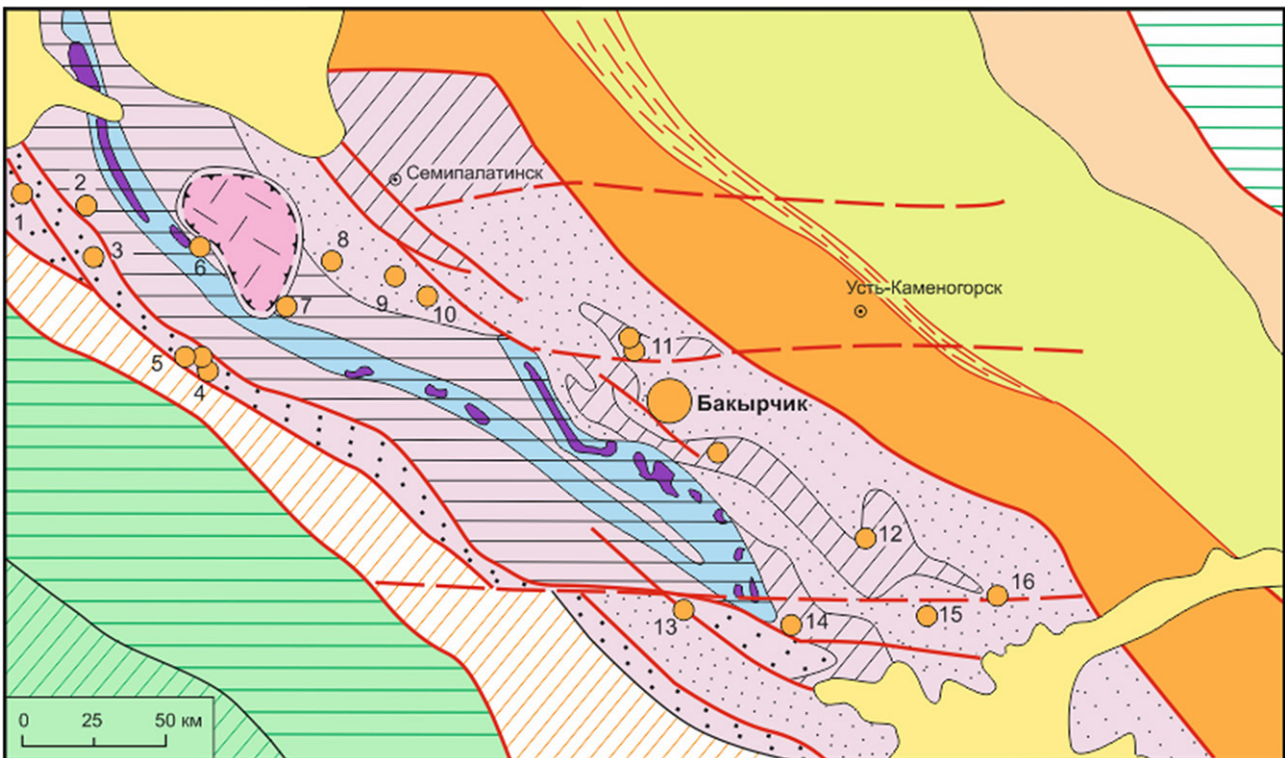
Западно-Калбинская металлогеническая зона в Восточном Казахстане сформировалась в постколлизсионное время (поздний палеозой) и протягивается в полосы северо-западного простирания согласно основным структурам Зайсанской складчатой системы (рисунок 1). По геофизическим данным (В.Н. Любецкий, Г.П. Нахтигаль), она подстилается астеносферным валом, эпицентр которого соответствует Миялинскому поднятию – дифференцированной палеовулканической дуге, четко выраженной в гравитационных полях.

Западно-Калбинская зона – золотоносная структура многоступенчатого развития с оригинальной комбинацией рудоподготовительных и рудоформирующих факторов. Выделены основные этапы ее формирования во времени: 1) C_{1-2} и C_2 – господствует прибрежно-морская и дельтовая седиментация, образование обширных полей

донорской углеродисто-терригенной формации (аркалыкская, буконьская свиты); 2) C_{2-3} – имеет место метаморфизм, покровно-складчатые преобразования, локализация зон смятия и экранов, реювинация первичного золота; 3) C_3 – наблюдается флюидно-магматогенная активность (кунушский комплекс), гидротермальный метасоматоз и концентрированное оруденение прожилково-вкрапленного, жильного и штокверкового типов как результат коллизсионно-аккреционных процессов [1-3]. Эти процессы привели к формированию уникальной по набору месторождений и запасам зоны, в которой сосредоточено более 250 месторождений золота.

Геологическая позиция месторождения Бакырчик

Месторождение Бакырчик расположено на северо-западе центральной части Калбинской



1-2 – зоны пострифтовых коллизий блоков: 1 – симатических (Западно-Калбинский золоторудный углеродисто-терригенный пояс), 2 – сиалических (Калба-Нарымский танталово-вольфрамо-оловянный пояс), 3 – зона тектонизированных офиолитов Чарского позднедевонского рифта, 4 – зона энсиалических дуг (Жарма-Саурский золото-медно-никелево-редкометалльный пояс), 5-6 – зоны энсиаматических дуг: 5 – ранней, D_1-D_2 и 6 – поздней, D_2-D_3 (Рудно-Алтайский полиметаллический пояс) стадий; 7-8 – каледонские складчатые системы: 7 – Чингиз-Тарбагатайская (зоны энсиаматических островных дуг ранней, C_1-O_2 (а) и поздней, O_{1-2} (б) стадий), 8 – Горно-Алтайская (пассивная континентальная окраина); 9-12 – структуры Западно-Калбинского золоторудного пояса: 9 – области глыбовых (а) и конседиментационных раннеорогенных (б) поднятий, 10 – прогибы: а – орогенные молассовые (с редуцированным вулканизмом), б – вулканогенно-молассовые; 11 – ультрабазиты; 12 – наложенные континентальные вулканотектонические сооружения киммерийского рифтогенеза; 13 – глубинные разломы; 14 – скрытые субширотные разломы фундамента герцинид; 15 – Иртышская зона смятия; 16 – мезозой-кайнозойские отложения; 17 – золоторудные месторождения в углеродисто-терригенных толщах: 1 – Балтемир, 2 – Балдыколь, 3 – Кемпир, 4 – Алимбет, 5 – Жанан, 6 – Мираж, 7 – Суздальское, 8 – Мукур, 9 – Мукур Восточный, 10 – Кедей, 11 – Миялы, 12 – Сенташ, 13 – Васильевское, 14 – Балажал, 15 – Джумба, 16 – Кулуджун

Рисунок 1 – Положение месторождений Бакырчикской группы в структурах Зайсанской герцинской складчатой системы (Атлас, 2012 г.)

структурно-фациальной зоны Зайсанской складчатой системы (рисунок 1). Оно образует единое Бакырчикское рудное поле, включая средние и мелкие месторождения и рудопроявления Кызыловской зоны и ее оперения.

Под Кызыловской зоной понимается сложная длительно живущая структура, развивающаяся в бортовой части мульды на границе отложений аркалыкской и буконьской свит и вмещающая дайки и оруденение. В современном представлении геологическое строение осадочного разреза в пределах бакырчикского рудного поля представляется таким образом. Основание разреза слагает толща темных филлитизированных пелитолитов (D_3bm_2). Выше согласно залегают вулканогенно-кремнистые отложения (карабайская свита D_3-C_1). Известняково-пелитолитовая толща, мощностью до 750 м (аркалыкская свита C_1ar) согласно перекрывает вулканогенно-кремнистые отложения карабайской свиты. Завершают разрез отложения буконьской свиты ($C_{2-3}bk$), представленной ритмичным переслаиванием вулканогенных песчаников и алевролитов [4-6].

Характеристика магматических образований

В течение длительного периода исследований Западная Калба считалась амагматичной структурой, и месторождения золота никак не связывали с магматизмом. В последнее время по результатам геофизических исследований было установлено, что здесь широко проявлены магматические процессы [7], парагенетически связанные с формированием многих жильных полей, размещенных в над- и околоинтрузивных зонах (Жумба, Ку-

луджун, Лайлы, Сенташ) или непосредственно в пределах выступов малых массивов гранитоидов, где они представлены золото-березитовым минеральным типом (Баладжал) в корневой части рудной колонны. Такие месторождения рассредоточены по всему разрезу углеродисто-терригенных образований, но чаще всего встречаются на четырех стратоуровнях: C_{1V2-3} (Акжал, Северное Ашала), C_{1S1} (Сенташ, Джумба, Теректы), C_{1S3} (Кулуджун, Лайлы) и C_2 (Еспе) (рисунок 2) [8,9].

Среди магматитов наиболее широкое распространение имеют интрузивы кунушской габбро-плагиогранитной серии, представленной малыми телами амфиболизированных габбро-диабазов, биотитовых тоналитов и плагиогранитов. По петрохимическим особенностям они рассматриваются как высоконатриевые породы повышенной глиноземистости и низкой общей щелочности. Кроме интрузивов кунушского комплекса в ряде золоторудных полей выделяется габбро-диоритовый дайковый комплекс, слагающий отчетливо выраженные пояса северо-западного и субширотного простираний. Для пород комплекса характерны повышенные концентрации TiO_2 (до 2,21%) и P_2O_5 (до 0,89%).

По геофизическим данным, в зоне Кызыловского разлома непосредственно под Бакырчикским рудным полем находится интрузивный массив (7x3 км) габбро-диоритов, относимый многими авторами к коллизионным гранодиорит-плагиогранитам кунушского комплекса (C_3). Дифференциаты интрузивного комплекса на Бакырчике размещены ярусно: гранитоидный очаг залегает на глубине 3,0-3,5 км, а дайковые породы локализуются на верхнем горизонте – в зоне

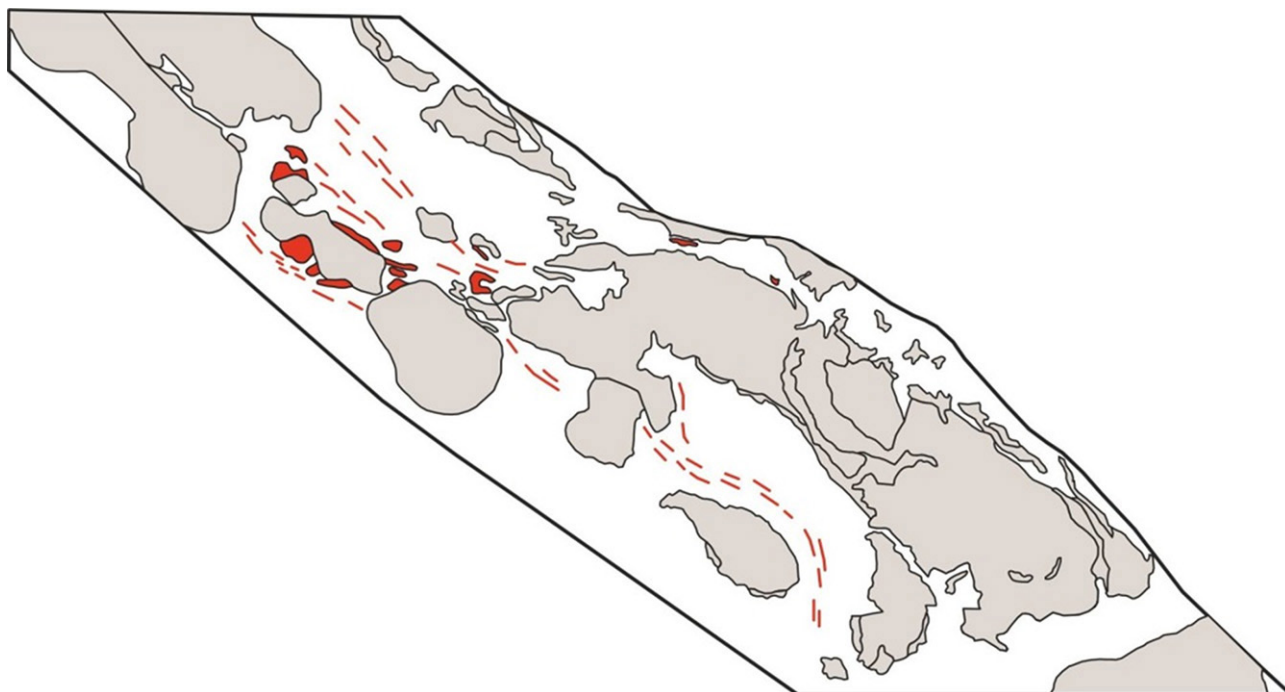


Рисунок 2 – Размещение малых интрузий и даек кунушского комплекса [Большой Алтай, 1998]

рудоносного надвига [3,10].

Зональность золотого оруденения месторождений Бакырчикского рудного поля относительно глубинной интрузии

Эндогенная зональность золотого оруденения Западной Калбы проявляется в виде латеральной зональности формационных и геохимических типов, вертикальной упорядоченности (распределенности) месторождений относительно глубинных интрузивных тел и вертикальной зональности конкретных рудных объектов (рисунок 2). Реконструированная мезотермальная рудно-магматическая колонна рассматриваемого региона диапазоном 3,0-3,5 км состоит из четырех индикаторных зон (ритмов), закономерно сменяющих друг друга в направлении от кровли интрузивного очага к палеоповерхности. Снизу вверх в колонне отмечаются следующие изменения: снижение температур образования продуктивных минеральных ассоциаций; смена профиля оруденения от редкометалльного и золото-редкометалльного (тыловая и промежуточные зоны) к золотому и золото-сурьмяно-полиметаллическому (фронтальная и прифронтальная зоны); увеличение сульфидности оруденения на фоне «сквозного» развития пирит-арсенопиритовой ассоциации; смена кварцевожильных типов оруденения со свободным золотом вкрапленными рудами со связанным золотом в сульфидах; закономерная последовательность гидротермальных изменений (турмалинизация – березитизация – аргиллизация, альбитизация); контрастное увеличение продуктивности золотого оруденения (крупное месторождение Суздальское и очень крупное месторождение Бакырчик локализованы в прифронтальной и фронтальной зонах).

Ярусная расчлененность и вертикальная изменчивость месторождений рассматриваются как показатель многоступенчатого, полигенного рудообразования, включающего концентрированное переотложение полезных компонентов с активным участием в данном процессе углеродсодержащих осадков с повышенным кларком золота. Гигантская концентрация золота в апикальной части колонны (Бакырчик) является итогом длительного (сотни млн лет) рудообразования, метал-

логической преемственности, комбинирования нескольких источников благородного металла (первично-осадочного, метаморфогенного, флюидно-гидротермального). Пространственное сочетание и «взаимопереходы» редкометалльного (Sn, Mo) и золотого типов оруденения, наблюдаемые в тыловой зоне, размещение таких объектов в единой системе «интрузив-надинтрузивная зона» свидетельствуют в пользу их формирования под преобладающим воздействием магматогенно-гидротермального источника.

Анализ геологических условий формирования месторождения Бакырчик выявляет сложную историю накопления и концентрации золота в рудах золото-мышьяково-углеродистого типа. В глобальных масштабах это было время закрытия Палеоазиатского океана, слияние Казахстанско-Кыргызского материка с Таримским, Восточно-Европейским, Алтае-Монгольским континентами, во время которого контрастно и разнообразно проявили себя процессы заключительного орогенеза и гранитоидного магматизма. Известны представления А.Ф. Коробейникова, Н.А. Фогельман, Л.Г. Марченко, А.М. Мысника, В.А. Нарсеева, Т.М. Жаутикова и других исследователей о стадийности рудообразования и двойственном источнике золота (седиментного и ювенильного) на объектах бакырчикского типа.

В связи с этим генезис золотого оруденения Бакырчика может рассматриваться как *ремобилизационно-гидротермальный процесс* с первичным накоплением осадочно-диагенетического золота в нелитифицированных осадках буконьской свиты и поступлением гидротермальных растворов с ювенильным золотом магматического источника, перераспределением и концентрацией благородного металла в термоаномальных зонах. Такой процесс рудообразования со стадийной концентрацией золота способствовал, вероятно, формированию крупных золоторудных месторождений в черносланцевых толщах, что согласуется с представлениями других исследователей [9]. В дальнейшем в перми и мезозое руды месторождения Бакырчик, как и на других объектах Западной Калбы, испытали преобразование в результате внутриплитной активизации в постколлизийной геодинамической обстановке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mizernaya M.A., Miroshnikova A.P., Pyatkova A.P., Akilbaeva A.T. The main geological-industrial types of gold deposits in East Kazakhstan // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu (Ukraine)*, (5), pp. 5-10, 2019.
2. Kuzmin M.I., Yarmolyuk V.V., Kotov A.B. Early evolution of the Earth, beginning of its geological history: how and when granitoid magma appeared. *Litosfera*, 5, pp. 653-371, 2018.
3. Rafailovich M.S. *Geology of Central Asian gold: ore evolution, metasomatic formations, explosive breccia*. Monograph, Almaty, p. 423, 2013.
4. Parilov Yu.S. Genesis of the main types of non-ferrous metals deposits in Kazakhstan (based on the results of studying fluid inclusions). – Almaty. p. 266, 2012.
5. Mizernaya, M.A., Aitbayeva, S.S., Mizerny, A.I., Dyachkov, B.A., Miroshnikova A.P. Geochemical characteristics and metallogeny of Herzin granitoid complexes (Eastern Kazakhstan) *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu (Ukraine)*, (1), 5-10, 2020.

6. Kuzmina O.N., Dyachkov B.A., Vladimirov A.G., Kirillov M.V., Kolpakov V.V., Mizernaya M.A., Mayorova N.P. Gold-sulfide jasperoids of East Kazakhstan // Special issue of Mineralogical Magazine. Goldschmidt abstracts, 2013 (in press).
7. Наумов Е.А., Калинин Ю.А., Ковалев К.Р., Борисенко А.С. Золоторудные месторождения Восточного Казахстана в углеродистых терригенных и терригенно-карбонатных комплексах и их геохронологические характеристики // Гигантские месторождения золота Центральной Азии. Укрепление золоторудного потенциала Казахстана: Материалы международного симпозиума. – Алматы, 2014. – С. 123-126.
8. Ермолов П.В. Актуальные проблемы изотопной геологии и металлогении Казахстана: Монография. – Караганда: Издательско-полиграфический центр Казахстанско-Российского университета, 2013. – 206 с.
9. Ханчук А.И., Мартынов Ю.А. Тектоника и магматизм границ скольжения океанических и континентальных литосферных плит // Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит: Материалы Всероссийской конференции с международным участием. – Владивосток: Дальнаука, 2011. – С. 45-49.
10. Дьячков Б.А., Черненко З.И., Майорова Н.П., Мизерная М.А., Кузьмина О.Н. Геологические условия формирования и размещения золоторудных месторождений апокарбонатного типа Восточного Казахстана. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2011. – 136 с.

Бақыршық кенді кен орындарының геологиялық құрылымы, магматизмі мен кен түзу ерекшеліктері

¹МИЗЕРНАЯ Марина Александровна, г.-м.ф.к., қауымдастырылған профессор, mizernaya58@bk.ru,

¹ДЬЯЧКОВ Борис Александрович, г.-м.ф.д., профессор, bdyachkov@mail.ru,

²МИРОШНИКОВА Анастасия Петровна, PhD, аға ғылыми қызметкер, anastasiya-2588@mail.ru,

¹*ЗИКИРОВА Карина Талгатовна, докторант, 96karina@list.ru,

¹ЕСКАЛИЕВ Ертай Талгатович, докторант, yeskaliev96@mail.ru,

¹Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Қазақстан, 070004, Өскемен, А.К. Протозанов көшесі, 69,

²«ҚР МШКҚӨ ҰО» РМК филиалы «ВНИИцветмет», Қазақстан, 070002, Өскемен, Промышленная көшесі, 1,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Қара тақтатастардағы мезотермиялық типтегі ірі кен орындарына жатқызылған Бақыршық алтын кен орнының геологиясының, магматизмінің және кенді түзілуінің ерекшеліктері қарастырылады. Кен орны Шығыс Қазақстандағы Батыс Калбада орналасқан. Батыс Калба аумағында белгілі алтын минерализациясының барлық геологиялық және өндірістік түрлері басымдық бойынша үш топқа бөлінеді: біріншісі-қара тақтатастарда таралған алтын-сульфидті венлет (Бақыршық түрі); әрі қарай-алтын-сульфидті-кварцты және веналық вена (Ақжал, Кулуджун, Сенташ және т.б.) және венада таралған сульфидті минерализациясы бар стокворды кен орындары (Баладжал, Джумба және т.б.). Ең перспективалы, бірақ көп жылдық зерттеуге қарамастан, зерттелмеген деңгей Бақыршық кенді аймағымен ұсынылған. Кенді кен орнының аймақтық жағдайы оның субконтинентальды типті каледониялық жертөле палеотроузындағы құрылымдармен шектелуімен анықталады. Мақаланың мақсаты – Бақыршық кенді кенішінің минералдануының пайда болуына құрылымдық позиция мен жасырын ерудің әсері арасындағы байланысты анықтау.

Кілт сөздер: магматизм, тектоника, алтын-сульфидті кендер, Батыс Калба, страто-деңгей.

Features of Geological Structure, Magmatism and Ore Formation of Bakyrchik ore Field Deposits

¹MIZERNAYA Marina, Cand. Geol. and Min. Sci., Associate Professor, mizernaya58@bk.ru,

¹DYACHKOV Boris, Dr. Geol. and Min. Sci., Professor, bdyachkov@mail.ru,

²MIROSHNIKOVA Anastasiya, PhD, Senior Researcher, anastasiya-2588@mail.ru,

¹*ZIKIROVA Karina, doctoral student, 96karina@list.ru,

¹YESKALIYEV Yertay, doctoral student, yeskaliev96@mail.ru,

¹D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Kazakhstan, 070004, Oskemen, A.K. Protozanov Street, 69,

²Branch of RSE «NC IPMRM RK» «VNIItsvetmet», Kazakhstan, 070002, Oskemen, Promyshlennaya Street, 1,

*corresponding author.

Abstract. The features of geology, magmatism and ore formation of the Bakyrchik gold deposit, which is referred to large deposits of the mesothermal type in black shale formations, are considered. The deposit is located in Western Kalba in Eastern Kazakhstan. All known geological-industrial types of gold mineralization in the territory of Western Kalba are divided into three groups by priority: first – gold-sulfide vein-embedded in black shale (Bakyrchik type); then – gold-sulfide-quartz vein and vein-embedded (Akzhal, Kulujun, Sentash etc.) and stockwork deposits with vein-embedded sulfide mineralization (Balajal, Jumba etc.). The most promising, but, despite many years of study, understudied level is represented by Bakyrchiksky ore district. The regional position of the ore field is determined by its confinement to structures in paleofaults of Caledonian basement of subcontinental type with intermediate earth crust. The aim of the article is to establish the relationship between the structural position and the impact of a hidden intrusion on the formation of mineralization of the Bakyrchik ore field deposits.

REFERENCES

1. Mizernaya M.A., Miroshnikova A.P., Pyatkova A.P., Akilbaeva A.T. The main geological-industrial types of gold deposits in East Kazakhstan // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu (Ukraine)*, (5), pp. 5-10, 2019.
2. Kuzmin M.I., Yarmolyuk V.V., Kotov A.B. Early evolution of the Earth, beginning of its geological history: how and when granitoid magma appeared. *Litosfera*, 5, pp. 653-371, 2018.
3. Rafailovich M.S. *Geology of Central Asian gold: ore evolution, metasomatic formations, explosive breccia*. Monograph, Almaty, p. 423, 2013.
4. Parilov Yu.S. Genesis of the main types of non-ferrous metals deposits in Kazakhstan (based on the results of studying fluid inclusions). – Almaty. p. 266, 2012.
5. Mizernaya, M.A., Aitbayeva, S.S., Mizerny, A.I., Dyachkov, B.A., Miroshnikova A.P. Geochemical characteristics and metalogeny of Herzin granitoid complexes (Eastern Kazakhstan) *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu (Ukraine)*, (1), 5-10, 2020.
6. Kuzmina O.N., Dyachkov B.A., Vladimirov A.G., Kirillov M.V., Kolpakov V.V., Mizernaya M.A., Mayorova N.P. Gold-sulfide jasperoids of East Kazakhstan // *Special issue of Mineralogical Magazine. Goldschmidt abstracts, 2013* (in press).
7. Naumov E.A., Kalinin Yu.A., Kovalev K.R., Borisenko A.S. Zolotorudnye mestorozhdeniya Vostochnogo Kazahstana v uglerodistykh terrigennykh i terrigenno-karbonatnykh kompleksakh i ih geohronologicheskie harakteristiki // *Gigantskie mestorozhdeniya zolota Central'noj Azii. Ukreplenie zolotorudnogo potenciala Kazahstana: Materialy mezhdunarodnogo simpoziuma*. – Almaty, 2014. – pp. 123-126.
8. Ermolov P.V. Aktual'nye problemy izotopnoj geologii i metallogenii Kazahstana: Monografiya. – Karaganda: Izdatel'cko-poligraficheskij centr Kazahstansko-Rossijskogo universiteta, 2013. – 206 p.
9. Hanchuk A.I., Martynov Yu.A. Tektonika i magmatizm granic skol'zheniya okeanicheskikh i kontinental'nykh litosfernykh plit // *Geologicheskie processy v obstanovkakh subdukcii, kollizii i skol'zheniya litosfernykh plit: Materialy Vserossijskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem*. – Vladivostok: Dal'nauka, 2011. – pp. 45-49.
10. D'yachkov B.A., Chernenko Z.I., Majorova N.P., Mizernaya M.A., Kuz'mina O.N. Geologicheskie usloviya formirovaniya i razmeshcheniya zolotorudnykh mestorozhdenij apokarbonatnogo tipa Vostochnogo Kazahstana. – Ust'-Kamenogorsk: VKGTU, 2011. – 136 p.

Approaches to Reduce the Use of Radioisotope Sources in the Logging of Oil and Gas Wells in Ukraine and Kazakhstan within the Framework of the Policy of Reducing Radiation Hazard

¹*VYZHVA Sergey, Dr. Geol. Sci., Professor, Head of Department, vsa@univ.kiev.ua,

¹SHABATURA Alexander, Cand. Geol. Sci., Associate Professor, sand@univ.kiev.ua,

¹PASTUSHENKO Tatiana, Cand. Philol. Sci., Associate Professor, Head of Department, tatiana.v.pastushenko@gmail.com,

¹Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology, Ukraine, 03022, Kyiv, Vasylykivska Street, 90,

*corresponding author.

Abstract. During the preparation of the scientific project «Technology Status Report on Radioactive Well Logging Source Risk Mitigation (ISTC / STCU)», information was collected from industry experts in Ukraine and Kazakhstan. Active radionuclide sources of radiation used in logging tools are Cs-137 and Pu-238. They used to determine the formation density and neutron porosity. They also help to determine oil-water contact, gas-liquid contact and to isolate oil-and-gas-saturated formations. The article analyzes the possibilities of alternatives for replacing logging technologies with ampoule sources of ionizing radiation (IRS) with technologies that use, albeit more expensive, but safer controlled deuterium-tritium pulsed neutron generators. It is concluded that at this stage, the complete replacement of well logging tools with ampoule IRS by tools with controlled neutron generators is impractical. The latter can be a significant addition to traditional radioactive logging technologies. The main steps towards the implementation of the policy of reducing radiation risks when performing radioactive well logging have been developed.

Keywords: radionuclide, radioisotope sources, radiation, logging, oil-and-gas-saturated formation.

Introduction

The most common using mobile radioactive sources is oil geology along with medicine, test equipment, technical diagnostics et cet. The potential dangers of mobile radioactive sources lead to permanent correct requirements and regulatory norms, decreasing level of activities of sources, and to attempt various non-nuclear tools. Policies to reduce radiation hazard need to maintain government regulatory and/or enhance requirements of activity with mobile sources and emphasize decreasing the probability worker radiation exposure, widespread adoption of managed sources instead radionuclide-based sources and increasing the total radiation security. That is the reason for modernization of nuclear sources and substantial financial resources. How is this transfer to execute in an economical manner that for all provider and operators is key issue of State Regulatory policy. They must face the facts inherent in diversity and complexity of radiation safety tasks in oil geology. Namely, simultaneously meeting geological challenges for commercial needs and ensuring radiation safety means that logging operations using nuclear physics

tools must simultaneously be accurate, safe and cost-effective. Any changes in these factors could become sensitive for operators and logging service providers. For example, geophysical well survey (GIS) data are critical to the determination of porosity, lithology, and subsurface dissection. Considering the rather high cost of drilling (some wells can cost more than \$ 100 million), the significance of well logging results in establishing the physical characteristics of reservoir rocks, type of fluid, pressure, etc. no doubt. An error in determining porosity even in one unit for highly porous (~20%) reservoirs with low reserves (up to 100 million barrels) causes a loss in monetary terms up to \$ 3.33 million, and for low-porosity reservoirs these losses will increase several times [16].

The incident with the loss of the ¹³⁷Cs radioactive source in September 2014 and the attempted illegal sale of ¹³⁷Cs [https://www.caravan.kz/gazeta/yadernyyj-sklad-v-vashem-dvore-cezijj137-i-drugie-podarki-radiacii-79722] stimulated expert discussions on the issues of potential threats and damage associated with mobile IRS, as well as the transparency of user handling practices [10] and ways to reduce the use of radioisotope sources.

The operations of well logging service providers and designers are governed by stringent regulations (state safety standards and departmental guidelines) concerning all the stages of handling radionuclide-based logging tools, including site storage, transport, use, tracking, inventory, removal upon completion of job, disposal, dealing with lost or missing sources, dealing with stuck source incidents, and the regulatory regime followed by the source licensees.

Respect for the principle «Risk Mitigation without losing benefits» is no alternative and may be some approach to achieve the goal.

1) enhancing of Government regulations and/or requirements;

2) decreasing of activities of used radionuclide-based sources in logging technology;

3) increasing use nuclear alternatives simultaneously with decrease use of the conventional radionuclide-based logging tools.

The possible replacement of radionuclide-based logging technology by managed sources in frame of mitigation policies radiation security in Ukraine and Kazakhstan is analyzed in our study.

Activities and risks of radiation sources used in radioactive logging (RL) of oil and gas wells in Ukraine and Kazakhstan.

To study a geological section, traditional logging technology uses radioactive logging, which consists in studying the natural gamma radiation of rocks (gamma-ray logging – GK) and the effects of interaction of radiation from a gamma-source (gamma-gamma-ray logging – GGK) and neutrons (neutron logging – NK) with rock. Radioisotope instruments and neutron generators are used as sources of ionizing radiation (IRS). Usually these are ampoules, therefore such methods are called «ampoule». The term «stationary» is also used for neutron generators. They are used in neutron gamma-ray logging (NGK), thermal neutron-neutron logging (NNK-T) and epithermal neutrons (NNK-NT).

Another type of neutron source is a neutron generator, the main part of which is a neutron tube, which contains a titanium or zirconium target with a hydrogen isotope, tritium, dissolved in it. Radiation of the neutron flux occurs only when the power is turned on to the neutron tube. A neutron generator of this type can operate in a pulsed mode. An important advantage of «pulsed» neutron sources is the ability to turn them off, which increases the safety of work and allows the intensity of the sources to be increased to 10^8 - 10^9 neutrons/sec. With their use, it becomes possible to study the total age of the medium and its neutron characteristics, such as the neutron diffusion coefficient, the average lifetime of thermal neutrons and the slowing down length of neutrons in the medium, which subsequently makes it possible to determine the oil saturation coefficients of rocks. At the same time, the cost of such a source significantly exceeds the cost of ampoule sources. There are also technological problems, since the guaranteed service

life of neutron tubes in the operating mode is from 50 to 120-150 hours. In addition, the presence of tritium in the tubes requires the same safety measures as when using radiation sources.

The relative simplicity and profitability of using ampoule sources is accompanied by the need to solve a number of problems associated with maintaining the required level of radiation and physical safety at all stages of the life cycle. Radioactive sources in logging tools, as a rule, belong to the 2-4 category of radioactive materials in terms of their potential radiation hazard (Table 1). Their radiological effects on human health can result in injury or death. In the general case, logging radiation sources are characterized by the average values of the ratio of the source activity (A) to the conditional hazard value (D): $10 > A/D \geq 1$. Note that the conditional hazard value depends on both the deterministic radiation exposure to human organs and the type of radionuclide [18].

Radiological risks when using ampoule sources in GIS arise both within the framework of operational activities and during unauthorized irradiation. Structurally, radioactive sources have a double casing made of steel or lead, resistant to external influences. Therefore, during technological operations with IRS, they do not pose a significant threat and, as a rule, the exposure of personnel at the drilling site, during transportation or in stationary storage does not pose a significant radiation threat. The specified group of risks, as a rule, is well standardized and has fairly accurate guidelines for expected radiation doses.

The second group of risks is associated with various unauthorized factors and interventions – accidents, losses and theft of sources, with outside interference or unauthorized access. The vulnerability of ampoule sources of radiation sources is associated with this group of factors, since all ampoule sources are removable, have a miniature size and a small mass.

The second group of risks has recently been given increasing attention both by the IAEA directives [17-18] and by national regulators. Regulatory support for the safety of the activities of companies in Ukraine and Kazakhstan has a multi-level structure and consists of laws, rules, state standards, regulations and departmental orders covering the manufacture, use, export / import, commissioning and decommissioning, transportation, accounting, control, formation IRS registers, as well as the Procedure for ensuring radiation safety [4-5, 7-9, 11-15].

Currently, in Ukraine and Kazakhstan, radioisotopes are used as ampoule radiation sources:

- Cs-137 in DL, with source strength ranging from 1.2×10^{10} to 1.2×10^{11} Becquerel (Ukraine), $9,25 \times 10^{10}$ Bq (Kazakhstan); Co-60 in GGRL, with source strength of 1.5×10^8 Becquerel (Ukraine); $^{238}\text{Pu}/\text{Be}$ with source strength of $2,4 \times 10^{11}$ Becquerel (Ukraine, Kazakhstan);

- stationary neutron generators used in neutron gamma-ray logging (NGK), neutron-neutron logging (NNK), two-probe neutron-neutron logging (2NNK)

Table 1 – Application and categorization of the hazard of radioisotope sources during logging and well operation in oil and gas geology

Isotope (/targeted)	Operator of source	IAEA category [16]	A/D	T _{1/2} , year	Typical activity, $\frac{TBq}{Cu}$	Practice
²⁴¹ Am/Be	Kazakhstan	2 – 3	12	433	$\frac{> 0,74}{> 20}$	NL
		3 – 4	12			Frack-pack monitoring
	Kazakhstan	4	0,031		$\frac{0,0019}{0,05}$	DL
⁷⁵ Se		2	15	~0,33	$\frac{3}{80}$	pectrometric gamma-gamma ray log
⁶⁰ Co	Ukraine	3 – 4	3,71	5,27	$\frac{0,00015}{0,04}$	DL
²³⁸ Pu/Be	Ukraine Kazakhstan	3	1,9	24360	$\frac{0,11}{3}$	NL
¹³⁷ Cs	Ukraine Kazakhstan	3 – 4	0,74	30	$\frac{0,037 - 0,074}{1 - 2}$	DL
²⁵² Cf		4	0,056	2,55	$\frac{0,0011}{0,03}$	NL
²¹⁰ Po/Be	Ukraine	4	0,019	0,39	$\frac{0,0011}{0,03}$	NL
²²⁶ Ra		4	0,019	1620	$\frac{0,000074}{0,02}$	DL
⁸⁵ Kr		3 – 4	0,0012	10,7	$\frac{0,037}{1}$	tracer analysis

use ²³⁸Pu (target – Be) with an activity from 6.1×10¹⁰ Bq to 2, 4×10¹¹ Bq (Ukraine), 5.92×10¹⁰ Bq (Kazakhstan).

Based on the results of logging studies, lithological dissection of the section is performed, determination of oil-water contact, gas-liquid contact (GLC), contacts between oil and gas-saturated formations – methods of NGK, NNK, 2NNK, GGK-P, as well as determination of such parameters as porosity (porosity coefficient) – methods of NGK, NNK, 2NNK; density (bulk density of the rock) – GGK-P method; lithological composition – NGK method.

Density logs have a vertical resolution of 45 cm with a density determination accuracy of 0.01-0.02 g/cm³ at a logging probe speed of 550 m/h. With an increase in speed to 1100 m/h, the accuracy decreases to 0.025 g/cm³.

Methods of NGK, NNK, GGK, GK allow to determine the main reservoir properties of terrigenous and carbonate sections [2-3] (Table 2): clay content; porosity; identification of reservoirs and main lithotypes; assessment of oil and gas saturation; assessment of the nature of reservoir saturation; separation of oil-water (OWC) and gas-liquid (GLC) contacts.

Alternative to nuclear geophysical methods with ampoule IRS. In the field of geological problems, for the solution of which ampoule logging tools are used, we will consider the applicability of alternative technologies based on controlled neutron generators. First of all, these are various modifications

of pulsed neutron methods (pulsed neutron-neutron logging – INNK, pulsed neutron gamma-ray logging of radiation capture – INGK-RZ, neutron gamma-ray inelastic scattering – INGK-NR), which have high efficiency and an extended range of tasks to be solved. oil and gas geology [1, 3, 6, 9, 16-18]. INNK in the GIS complex (together with NGK, GGK) makes it possible to determine the set of reservoir properties and the structural characteristics of the sections: the volume of the skeleton, the volume of the clay fraction, the structure of the pore space, etc.; reliably determine contacts in cased wells.

A brief summary of the possibilities of alternatives for replacing well logging technologies with ampoule IRS is as follows:

- the transition to low-level ampoule sources will not allow to confidently solve the problems of determining density (GGK-P), neutron porosity, determination of mineralogy and lithology (NC), porosity in clay-free formations (NGK);
- the transition to low-level sources will require an increase in research time, which will lead to additional downtime of wells and economic losses for companies;
- the use of deuterium-tritium neutron generators makes it possible to monitor productive formations, and a high logging speed significantly reduces the likelihood of accidents and reduces the total time of work on the well; the cost of deuterium-tritium neutron generators is much higher than ampoule

Table 2 – Possibilities of nuclear physics methods for solving problems of oil and gas geology

Parameter/Method	Conventional geophysical complex				Nonnuclear and alternative logging tools	
	DL	NGRL	NLI	TNL, ENL	NNLL	PNGL-RC, PNGL-IS
Clay content evaluation	Does not depend on salinity of formation water and mud					
Porosity evaluation			+	1. C _{H2} 2. at C (formation water) ≤ 100 г/л 3. together with DL	C _{H2}	+
Reservoir identification	with respect to consolidated rocks, high porosity and clay particles presence			+	low value $\frac{Si}{Ca}$ – carbonated reserv., high $\frac{Si}{Ca}$ – terrigenous reserv.	
Lithotype determination		According to hydrogen content		+	high vertical resolution (to h=30-40 cm)	
Evaluation of oil and gas saturation				including via casing	C/O proportion	+
Evaluation of the nature of reservoirs saturation				elements with high thermal-neutron capture cross-section	Does not depend on salinity of formation water; C/O of oil-saturated formation > C/O of water-saturated formation	
Oil-water contact determination		+	salinity > 50 g/l	including dis-banded zones	including gas-fluid contact	+
Depth of investigation, cm	Cs-137	4			120	
	Co-60	10-15				
	Pu+Be		~20-30 cm (depend on hydrogen content)	12-15 (thermal neutrons.)	120 (for dry sand)	for 10% > PNNL
Notes	Large caverns influence (20-25 cm)					Less-common
Combinations of methods		EL, SL, geochemical methods		DL		

Methods: AK – acoustic logging; PNNK – pulsed neutron-neutron craotage (P3 – radiation capture, HP – inelastic scattering); NAC – neutron activation logging; NNK-T – thermal neutron neutron logging; NNK-NT – epithermal neutron neutron-neutron logging; EC – electrical logging.

Abbreviations: C/O, carbon to oxygen ratio; SSS – formation water salinity; Ref – salinity of the flushing fluid; CH₂ – hydrogen content; rel. – attitude.

sources and they have small resources of use;

- INNK (in comparison with the methods of NOC and OGK) has a larger research radius, which makes it possible to more reliably determine the water-oil and gas-liquid contacts, especially at long delays;

- the research area with pulsed neutron instruments reaches 30 cm, which exceeds the research area with ampoule instruments (NGK ~ 20 cm, HHK-NT ~ 10 cm).

- studies with pulsed neutron instruments are

characterized by high vertical resolution (20-50 cm) and approximately the same (in comparison with ampoule instruments) measurement ranges for hydrogen content.

- the undoubted advantage of logging tools with controlled neutron generators, in comparison with ampoule analogs, is a decrease in the level of exposure of production personnel and complete radiation safety (neutron fluxes are generated only when the tool is turned on).

It should be noted that pulsed neutron methods at the present stage have limited application due to the high cost of the corresponding nuclear geophysical equipment and, as a consequence, the high cost of logging studies by these methods. In particular, such methods as INKG-RZ and INKG-NS in Ukraine have not received wide application in the practice of geophysical surveys of wells (GIS).

The experience of manufacturing companies and comparative analysis shows that a complete replacement of logging tools with ampoule radiation sources for tools with controlled neutron generators is impractical. The latter act as a significant addition to traditional RK technologies, in particular, for the determination of neutron porosity. Such nuclear methods of geophysical surveys in wells (for example, using controlled deuterium-tritium neutron generators) are, with a single exception, a significant addition to the traditional methods of RK both in Ukraine and Kazakhstan. Most customers are satisfied with the level of accuracy provided by ampoule nuclear technology.

The widespread use of alternative technologies using neutron generators is limited by the following reasons (in decreasing order of importance): high cost; cost of maintenance and service; limited use of existing logging tools [1] at temperatures above 120°C and pressures above 80 MPa.

Directions for the development of nuclear logging technologies in the framework of the policy of reducing radiation exposure. The main steps towards the implementation of such a policy, in our opinion, will be as follows.

1. Consensus development by the Regulator, together with service companies, a series of normative documents, including:

- to recommend that the State Nuclear Regulation Committee of Ukraine, jointly with the well logging service providers, develop a set of requirements and regulatory norms on using radiation sources in well logging operations (source mounting/dismounting, transportation etc.);

- to recommend that the State Nuclear Regulation Committee develop a methodology for approving the use of radiation sources in well logging operations based on risk assessment criteria, including the use of alternative technologies, and radiation source risk mitigation measures.

2. Improving departmental protocols:

- Updating in-house safety and security regulations on source handling and bringing them

in compliance with the IAEA recommendations concerning permanent and on-site storage and transportation of mobile radiation sources;

- notification procedures as a result of an emergency at the well (in case of loss of radiation sources);

- termination of technical measures to overcome an emergency, the timing of notification of the regulator, provider, in case of theft – appeal to law enforcement agencies.

3. Technology:

- Designing and introducing an electronic system of mobile radiation source monitoring;

- Designing and introducing an improved system of control over authorized personnel access to radiation sources (for example, an Access Authorization Program).

4. Organizational measures to reduce the risks of unauthorized use:

- It is necessary to develop and implement incentive systems for the use of alternative methods in production, in particular, the creation of a fund for the provision of concessional loans to replace logging equipment with radioisotope sources with an alternative one, which is especially important for small logging companies;

- the social aspect is also important, consisting in raising awareness of reducing the risk of radiation exposure when using alternative logging technologies (specialized universities in Ukraine and Kazakhstan);

- optimization of the physical protection of radiation sources in accordance with the IAEA recommendation during stationary storage (organization of video surveillance, as well as an electronic system for fixing the intervention) and transportation (GPS-monitoring of the movement of special vehicles, radiation monitoring of radiation sources, reliable packing of containers and their labeling, installation of protective covers and chains, alarm signal via mobile communication).

Results

Compliance with existing safety measures and minimization of radiation exposure risks during logging with IRS and, as a result, the practical absence of emergency situations (the absence of lost IRS in Ukraine and Kazakhstan over the past 5 years and a small number of incidents with jamming of IRS logging probes) do not create additional operating costs for logging companies, accordingly, do not induce them to abandon or reduce the use of radioisotope (ampoule) sources.

An obstacle to the widespread involvement of the latest alternative logging technologies is their high cost and high cost of maintenance, respectively, the demand for the introduction of non-radioisotope alternatives is hampered by a shortage of funds from service companies. The difference in the landscape of the logging services market in Ukraine and Kazakhstan is likely to affect the pace of modernization of nuclear logging tools. In Ukraine,

logging services are provided by various large and small companies: state, corporate and private, as well as companies with foreign capital. Estimated in the segment of geological exploration for oil and gas, large and small companies keep parity, covering 50% of the market, respectively. Currently, there are 10 leading oil producing and 6 world logging companies operating in Kazakhstan. In the near future, the situation in Ukraine may change dramatically, since the largest state-owned company Ukrgazvydobuvannya (Ukrgazvydobuvannya) has achieved the abolition of fixed prices for service work in geophysical well surveys and is guided by world standards in this area. Increasingly, the leaders of the world market – Schlumberger, Weatherford, Hallibarton, Baker Hughes – are involved in

performing geophysical works in wells, which support high corporate incentives and have a wide range of modern downhole tools for radioactive logging. This will force both Ukrainian state and private companies to switch to modern equipment.

The regulatory frameworks in Ukraine and Kazakhstan are generally very similar and tend to adapt to IAEA directives and recommendations and to follow current practices for handling mobile IRS.

These studies were carried out within the framework of the joint project of the Ukrainian Science and Technology Center, the International Science and Technology Center and the Taras Shevchenko National University of Kiev «Targeted Initiative on Radiological Well Logging Source Risk Mitigation. Technology Status Report».

REFERENCES

1. Bortasevich V. et al. Logging without chemical sources of neutrons – a step has been made / Bortasevich V., Emelyanov A., Chermensky V. // *Karozhnik*, No. 8 (242), 2014, pp. 104-118. (In Russian).
2. Vyzhva S. et al. Radioactivity of reservoir-rocks of Volyno-Podillya hydrocarbon prospects / Vyzhva S., Onyshchuk D., Onyshchuk I. // *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*. 2012. 59, pp. 7-11. (In Ukrainian).
3. Vyzhva S. et al. (2012) *Nuclear Geophysics* / Vyzhva S., Onyshchuk I., Chernyayev A.K.: Publishing and Printing Center «Kyiv University», 608 p. (In Ukrainian).
4. *Geophysical Exploration for Mineral Resources. Well Logging. State Standard 4011-2001* developed jointly by the Geological Society of Ukraine and the State Geophysical Research and Equipment Development Office, approved and enacted by the State Standard Committee of Ukraine on 2 March 2001, Order No. 93.
5. *Гигиенические нормативы «Санитарно-эпидемиологические требования по обеспечению радиационной безопасности»*. Утв. Пр. Министра национальной экономики Республики Казахстан от 27 февраля 2015 года № 155.
6. Zavorotko Yu. (2010) *Physical bases of geophysical methods of well logging*. K., Ivano Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, 338 p. (In Ukrainian).
7. Закон Республики Казахстан от 23 апреля 1998 г. № 219 «О радиационной безопасности населения».
8. Закон Республики Казахстан от 12 января 2016 года № 442-V ЗРК «Об использовании атомной энергии».
9. Zvol'skiy S. et al. Borehole nuclear-geophysical studies of near-surface rocks media / Zvol'skiy S.T., Ketov A.Yu., Kulik V.V., Bondarenko M.S., Deyneko S.I., Ivashchenko S.A., Kamilova O.V., Eustakhevich Z.N. // *Geophys. J.* 2010, No. 6 (32), pp. 215-230. (In Russian) 9-14.
10. *Regulations on Radiation Hygiene in Ukraine*, Ministry of Health of Ukraine, Order No. 54 dated 2 February 2005. 10-24.
11. *List of Radiation Sources whose use is Released from Licensing* approved by SNRIU Order No. 138 of 03 December 2013. Registered in the Ministry of Justice of Ukraine under No. 2148/24680 of 19 December 2013. 11-25.
12. *Response Plan to Radiation Accidents* approved by Order of Ministry of Emergencies and SNRIU No. 720/9319 of 10 June 2004. 12-29.
13. *Rules on Nuclear and Radiation Safety in the Transport of Radioactive Materials (PBPRM-2006)*, NP 306.6.124-2006 approved by SNRIU Order No. 132 of 30 August 2006. Registered in the Ministry of Justice under No. 1056/12930 of 18 September 2006. 13-32.
14. *Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования по обеспечению радиационной безопасности»*. Утв. Пр. и.о. Министра национальной экономики Республики Казахстан от 27 марта 2015 года № 261. 14-33.
15. *Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к радиационно-опасным объектам»*. Утв. Пр. и.о. Министра национальной экономики Республики Казахстан от 27 марта 2015 года № 260. 15-34.
16. *Nuclear security recommendations on radioactive material and associated facilities: recommendations*. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2011. 44 p. (IAEA nuclear security series, ISSN 1816-9317; no. 14). 16-45.
17. *Security in the transport of radioactive material*. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2008. 55 p.; 24 cm. (IAEA nuclear security series, ISSN 1816-9317; no. 9). 17-46.
18. *Security of radioactive sources: implementing guide*. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2009. 77 p. (IAEA nuclear security series, ISSN 1816-9317; no. 11). 18-47.

Радиациялық қауіпті төмендету жөніндегі саясат шеңберінде Украина мен Қазақстанда мұнай және газ ұңғымаларын кәдеге жарату кезінде радиоизотоптық көздерді пайдалануды қысқарту жолдары

¹**ВЫЖВА Сергей Андреевич**, геол.ф.д., профессор, кафедра меңгерушісі, vsa@univ.kiev.ua,

¹**ШАБАТУРА Александр Викторович**, геол.ф.к., доцент, sand@univ.kiev.ua,

¹**ПАСТУШЕНКО Татьяна Владимировна**, филол.ф.к., доцент, кафедра меңгерушісі, tatiana.v.pastushenko@gmail.com,

¹Тарас Шевченко атындағы Киев ұлттық университеті, Геология институты, Украина, 03022, Киев, Васильковская көшесі, 90,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. «Technology Status Report on Radioactive Well Logging Source Risk Mitigation (ISTC/STCU)» зерттеу жобасын дайындау барысында Украина мен Қазақстандағы салалық мамандардан ақпарат жиналды. Тіркеу құралдарында қолданылатын радиоактивті сәулеленудің белсенді радионуклидтер көздері Cs-137 және Pu-238 болып табылады. Олардың көмегімен резервуардың тығыздығы және нейтрон кеуектілігі анықталады. Сондай-ақ олар мұнай-су контактісін, газ-сұйықтық байланысын анықтауға және мұнай мен газдың қаныққан бөліктерін айқындауға көмектеседі. Мақалада қымбаттырақ, бірақ қауіпсіз, басқарылатын дейтерий-тритий импульстік нейтронды генераторларды қолданатын технологияларға иондаушы сәулеленудің ампулалық көздерімен (III) құнбағыс технологияларын ауыстырудың баламалы мүмкіндіктерін талдайды. Осы кезеңде реттелетін нейтрондар генераторлары бар аспаптарға арналған ампула III-нің тіркейтін құралдарын толық ауыстыру ұсынылмайды. Соңғысы дәстүрлі радиоактивті материалдарды өңдеу технологиясына елеулі қосымша болуы мүмкін. Негізгі қадамдар ұңғымаларды радиоактивтік тіркеу кезінде радиациялық қауіптерді азайту жөніндегі саясатты жүзеге асыру бағытында жасалды.

Кілт сөздер: радионуклид, радиоизотоп көзі, сәулелену, каротаж, мұнайгазбен қаныққан қаба.

Пути к сокращению использования радиоизотопных источников при каротаже нефтяных и газовых скважин в Украине и Казахстане в рамках политики снижения радиационной опасности

¹**ВЫЖВА Сергей Андреевич**, д.геол.н., профессор, зав. кафедрой, vsa@univ.kiev.ua,

¹**ШАБАТУРА Александр Викторович**, к.геол.н., доцент, sand@univ.kiev.ua,

¹**ПАСТУШЕНКО Татьяна Владимировна**, к.филол.н., доцент, зав. кафедрой, tatiana.v.pastushenko@gmail.com,

¹Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко, Институт геологии, Украина, 03022, Киев, ул. Васильковская, 90,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Во время подготовки научного проекта «Technology Status Report on Radioactive Well Logging Source Risk Mitigation (ISTC/STCU)» была собрана информация от специалистов отрасли в Украине и Казахстане. Активными радионуклидными источниками радиоактивного излучения, применяемыми в каротажных инструментах, являются Cs-137 и Pu-238. С их помощью определяются плотность пласта и нейтронная пористость. Также они помогают определять контакт «нефть-вода», газожидкостный контакт и выделять нефтегазонасыщенные пласты. В статье выполнен анализ возможностей альтернатив замены каротажных технологий с ампульными источниками ионизирующих излучений (ИИИ) на технологии, использующие хоть и более дорогостоящие, но более безопасные управляемые дейтерий-тритиевые импульсные генераторы нейтронов. Сделан вывод о том, что на данном этапе полная замена каротажных инструментов с ампульными ИИИ на инструменты с управляемыми генераторами нейтронов нецелесообразна. Последние могут выступать существенным дополнением традиционных технологий радиоактивного каротажа. Разработаны главные шаги в направлении реализации политики снижения радиационных рисков при выполнении радиоактивного каротажа скважин.

Ключевые слова: радионуклид, радиоизотопный источник, излучение, каротаж, нефтегазонасыщенный пласт.

REFERENCES

1. Bortasevich V. et al. Logging without chemical sources of neutrons – a step has been made / Bortasevich V., Emelyanov A., Chermensky V. // Karozhnik, No. 8 (242), 2014, pp. 104-118. (In Russian).
2. Vyzhva S. et al. Radioactivity of reservoir-rocks of Volyno-Podillya hydrocarbon prospects / Vyzhva S., Onyshchuk D., Onyshchuk I. // Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology. 2012. 59, pp. 7-11. (In Ukrainian).
3. Vyzhva S. et al. (2012) Nuclear Geophysics / Vyzhva S., Onyshchuk I., Chernyayev A.K.: Publishing and Printing Center «Kyiv University», 608 p. (In Ukrainian).
4. Geophysical Exploration for Mineral Resources. Well Logging. State Standard 4011-2001 developed jointly by the Geological Society of Ukraine and the State Geophysical Research and Equipment Development Office, approved and enacted by the State Standard Committee of Ukraine on 2 March 2001, Order No. 93.
5. Gigienicheskie normativy «Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya po obespecheniyu radiacionnoj bezopasnosti». Utv. Pr. Ministra nacional'noj ekonomiki Respubliki Kazahstan ot 27 fevralya 2015 goda no. 155.
6. Zavorotko Yu. (2010) Physical bases of geophysical methods of well logging. K., Ivano Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, 338 p. (In Ukrainian).
7. Zakon Respubliki Kazahstan ot 23 aprelya 1998 g. no. 219 «O radiacionnoj bezopasnosti naseleniya».
8. Zakon Respubliki Kazahstan ot 12 yanvarya 2016 goda no. 442-V ZRK «Ob ispol'zovanii atomnoj energii».
9. Zvol'skiy S. et al. Borehole nuclear-geophysical studies of near-surface rocks media / Zvol'skiy S.T., Ketov A.Yu., Kulik V.V., Bondarenko M.S., Deyneko S.I., Ivashchenko S.A., Kamilova O.V., Eustakhevich Z.N. // Geophys. J. 2010, No. 6 (32), pp. 215-230. (In Russian) 9-14.
10. Regulations on Radiation Hygiene in Ukraine, Ministry of Health of Ukraine, Order No. 54 dated 2 February 2005. 10-24.
11. List of Radiation Sources whose use is Released from Licensing approved by SNRIU Order No. 138 of 03 December 2013. Registered in the Ministry of Justice of Ukraine under No. 2148/24680 of 19 December 2013. 11-25.
12. Response Plan to Radiation Accidents approved by Order of Ministry of Emergencies and SNRIU No. 720/9319 of 10 June 2004. 12-29.
13. Rules on Nuclear and Radiation Safety in the Transport of Radioactive Materials (PBPRM-2006), NP 306.6.124-2006 approved by SNRIU Order No. 132 of 30 August 2006. Registered in the Ministry of Justice under No. 1056/12930 of 18 September 2006. 13-32.
14. Sanitarnye pravila «Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya po obespecheniyu radiacionnoj bezopasnosti». Utv. Pr. i.o. Ministra nacional'noj ekonomiki Respubliki Kazahstan ot 27 marta 2015 goda no. 261. 14-33.
15. Sanitarnye pravila «Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k radiacionno-opasnym ob'ektam». Utv. Pr. i.o. Ministra nacional'noj ekonomiki Respubliki Kazahstan ot 27 marta 2015 goda no. 260. 15-34.
16. Nuclear security recommendations on radioactive material and associated facilities: recommendations. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2011. 44 p. (IAEA nuclear security series, ISSN 1816-9317; no. 14). 16-45.
17. Security in the transport of radioactive material. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2008. 55 p.; 24 cm. (IAEA nuclear security series, ISSN 1816-9317; no. 9). 17-46.
18. Security of radioactive sources: implementing guide. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2009. 77 p. (IAEA nuclear security series, ISSN 1816-9317; no. 11). 18-47.

Закономерности формирования и оценка перспектив сподуменовых пегматитов Калба-Нарымской зоны (Восточный Казахстан)

¹**ДЬЯЧКОВ Борис Александрович**, д.г.-м.н., профессор, bdyachkov@mail.ru,

^{1*}**МИЗЕРНАЯ Марина Александровна**, к.г.-м.н., ассоциированный профессор, mizernaya58@bk.ru,

¹**ЗИМАНОВСКАЯ Наталья Александровна**, PhD, ассоциированный профессор, nata_zim@mail.ru,

¹**АГАЛИЕВА Бакытгуль Болатбекқызы**, докторант, agalievva_00@mail.ru,

¹**ЕРКИНБЕК Еркежан Амантайқызы**, докторант, ms.tea.90@mail.ru,

¹Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Казахстан, 070004, Усть-Каменогорск, ул. А.К. Протозанова, 69,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Рассматриваются особенности формирования, критерии прогнозирования и оценки литиеносных пегматитов Калба-Нарымской зоны Восточного Казахстана. Подчеркивается структурно-генетическая связь ведущих типов редкометалльных месторождений (Ta, Nb, Be, Li, Cs, Sn, W, TR) с гранитоидами Калба-Нарымского пояса, сформированными в постколлизивной орогенной геодинамической обстановке пермского времени. Геолого-генетическая модель отражает пространственно-генетическую связь пегматитовых месторождений (Бакенное, Юбилейное и др.) с гранитами калбинского комплекса (285 млн лет) нормально ряда натриево-калиевой серии, стадийное развитие минеральных комплексов от олигоклаз-микроклинового (безрудного) до микроклин-альбитового (рудных) с размещением сподуменосодержащих и цезиеносных пегматитов в верхней части зональной рудной колонны. Выделяется также перспективный тип литиеносных пегматитов с наложенной альбит-сподуменовый минерализацией (Sn, Ta, Li), ассоциирующих с более ранними плагиогранитами и дайками кунушского комплекса – 305 млн лет (Ахметкино, Точка, Алдай и др.). Минералы-индикаторы оруденения: альбит, клевеландит, сподумен, циматолит, танталит-колумбит. Эти объекты рассматриваются в качестве дополнительного литиенового сырья и заслуживают изучения.

Ключевые слова: Калба-Нарымская зона, редкие металлы, граниты, плагиограниты, пегматиты, литиеное сырье, прогнозирование.

Введение

Калба-Нарымский пояс является главной редкометалльной структурой Большого Алтая, объединяет многие месторождения и рудопроявления пегматитового, альбитит-грейзенового апогранитного, грейзеново-кварцевожильного, гидротермально-кварцевожильного и кластогенно-россыпного типов. Ведущая металлогеническая специализация – Ta, Nb, Be, Li, Cs, Sn, W, TR. По районированию выделяются четыре рудных района (Шульбинский, Северо-Западно-Калбинский, Центрально-Калбинский и Нарымский), две рудные зоны (Киинско-Гремячинская, Карагоин-Сарьозекская) и 22 рудных узла. Главными являются месторождения редкометалльных пегматитов (Ta, Nb, Be, Li, Cs, Sn), которые разрабатывались Белогорским горно-обогатительным комбинатом (Бакенное, Юбилейное, Белая Гора и др.), но в настоящее время законсервированы. Крупная Асубулакская россыпь танталита и мел-

кие россыпные месторождения вольфрамит, шелита и касситерита в основном отработаны. [1].

Особенности геологического строения и металлогении

Основные закономерности формирования и размещения редкометалльных месторождений Калба-Нарымского пояса (КНП) рассмотрены в ряде работ [2-4]. Структурно-металлогеническая модель КНП отражает связь редкометалльных рудно-магматических систем с глубинными зонами ЗК повышенной сиаличности (мощность ЗК до 52-55 км, увеличенная толщина метагранитного слоя до 12 км и уменьшенная мощность метабазальта до 14-18 км) [5]. Главные месторождения литиеносных пегматитов сформировались в Центрально-Калбинском блоке повышенной тектонической активности, надвинутым на Иртышскую зону смятия и амплитудой 15-20 км, в котором создавались благоприятные нестандарт-

ные РТ-условия для процессов рудообразования. Рассматриваемый рудный район характеризуется многофазными гранитоидными массивами, более интенсивной разрывной тектоникой, широким развитием метасоматических процессов (альбитизация, грейзенизация, окварцевание) и другими признаками [6].

Основные рудные поля контролируются регматической системой широтных региональных разломов древнего заложения (Киинско-Гремячинский, Асубулак-Плачгоринский, Белогорско-Первомайский), подновленных в герцинский цикл в орогенную стадию (Огневско-Бакенное, Асубулакское и др.). Геолого-генетическая модель рудообразования отражает пространственно-генетическую связь редкометалльного пегматитового оруденения преимущественно со средне-крупнозернистыми биотитовыми гранитами I главной фазы калбинского комплекса (P₁) при ритмично-пульсационном поступлении рудоносных растворов-расплавов (H₂O, F, B, Cl, CO₂, Ta, Nb, Be и др.) из внутрикоровых магматических очагов [3]. Рудомещающие граниты относятся к нормальному ряду натриево-калиевой низкоплюмазитовой серии (Ka=0,69), высокоглиноземистые и умеренной основности, занимают промежуточное положение между нормальными гранитами и гранодиоритами. Характеризуются повышенными содержаниями редких щелочей $\Sigma\text{Li}+\text{Rb}+\text{Cs}=534$ г/т и геохимически специализированы на Ta, Nb, Li, Sn, фиксируемых в основном в биотите (Ta-17,97; Nb-106,4; Sn-54,04; Li-1280 г/т).

Рудоотложение происходило синхронно со становлением гранитных массивов в обстановке повышенной активности трещинно-разрывной тектоники и неравномерных РТ-условиях (Т – рудообразования – 600-220°C, Р – от 2000-280 атм.) [7]. Пегматитовые жилы локализовались в эндоконтактах гранитных массивов и в роговиках надинтрузивной зоны (тамырская свита D3). Пульсационное поступление рудоносных пегматитообразующих флюидов определило зональное строение рудных полей и месторождений, стадийное развитие минеральных комплексов от графического и олигоклаз-микроклинового (безрудных) до микролин-альбитового, альбитового, сподуменсодержащих и цезиеносных цветных (рудных). Наиболее продуктивны однокорневые стволы пегматитовые жилы сложной морфологии и вещественного состава, содержащие танталоносные кварц-клевеландит-лепидолит-сподуменовые комплексы во внутренних утолщенных частях рудных тел.

Основные характеристики литиеносных пегматитов

Литиеносные пегматиты Калба-Нарымской зоны относятся к ведущей формации редкометалльных пегматитов и представлены альбит-сподуменовой субформацией. Все известные месторождения расположены в Центральном-Кал-

бинском рудном районе и обрабатывались в 1960-90-е годы (Бакенное, Юбилейное, Белая Гора, Верхняя Баймурза и др.). Месторождения характеризуются жильно-корневой морфоструктурой с локализацией рудных тел в виде линейных пучков, контролируемых разломами. Наиболее продуктивные альбит-сподуменовые жилы размещаются в висячем боку рудоносных пучковых зон. Литиеносные пегматиты содержат уникальных комплекс редкометалльных минералов: клеветандит, лепидолит, сподумен, амблигонит, поллуцит, цветные турмалины, касситерит, танталит, микролит и др., что сближает их с зарубежными пегматитовыми месторождениями (Берник-Лейк в Канаде, Бикита в Зимбабве, Гринбушес в Австралии, Коктогай в Китае и др.) [8-10].

Главный литиевый минерал – сподумен (LiAl[Si₂O₆]). Он концентрируется преимущественно в кварц-клевеландит-сподуменовом комплексе. Образует мелкие и отдельные крупные кристаллы призматического облика, размером до 40 см и гнездовидные скопления (1-2 м) в поперечнике.

По данным растровой электронной микроскопии в сподумене выявлены микровключения касситерита (Sn-34,51%) и вкрапленность шеелита с примесью тантала (W-45,67, Ta-10,27%). Кроме того, отмечаются тонкодисперсные включения сфалерита с примесью свинца (Zn-13,38, Pb-7,53%) и самородные элементы (Pb, Zn, As).

По результатам масс-спектрометрии в сподумене установлено высокое содержание (г/т): Li (до 55260) при небольшом значении Rb (10,81) и Cs (5,24) (таблица). По содержанию Li и Ta он близок к сподумену пегматитового месторождения Коктогай в Китае, но отличается от него повышенной оловоносностью и меньшим значением Be и Cs. Благороднометаллическая группа элементов представлена Ag(17,52), Au(0,22) и Sb(40,30). Выявляются аномальные содержания халькофильных элементов (Pb-410,60; Cu-107,30; Zn-116,4) и сидерофильных (Cr-109; Ni-117,8). Среди рассеянных элементов повышены значения Ga(83,40%) и Ge(19,59). Таким образом, исследования показывают, что сподумен содержит широкий спектр редких (Li, Ta, Nb, Sn, W) и других элементов, является одним из главных минералов-индикаторов редкометалльного пегматитообразования.

Установлена также повышенная концентрация лития в слюдах разного состава и окраски (г/т): мусковитах (413,9-6545), жильбергите (3835), лепидолите (16240) [10].

Концентрация лития в рудах Бакенного месторождения достигает 2,5%, что сопоставимо с рудами месторождения Гринбушес [10]. По главным объектам Калбы подсчитаны запасы Ta, Be, Sn, Li, Cs по категориям A+B+C₁ и C₂. Запасы литиевой руды подсчитывались на общую массу пегматитовых жил при среднем содержании лития на Бакенном месторождении (0,119%) и на Юбилейном (0,306%). При обработке этих место-

рождений литий из руд не извлекался. Ревизионное обследование объектов показывает, что здесь еще сохранились альбит-сподуменовые жилы на поверхности и, возможно, на глубине.

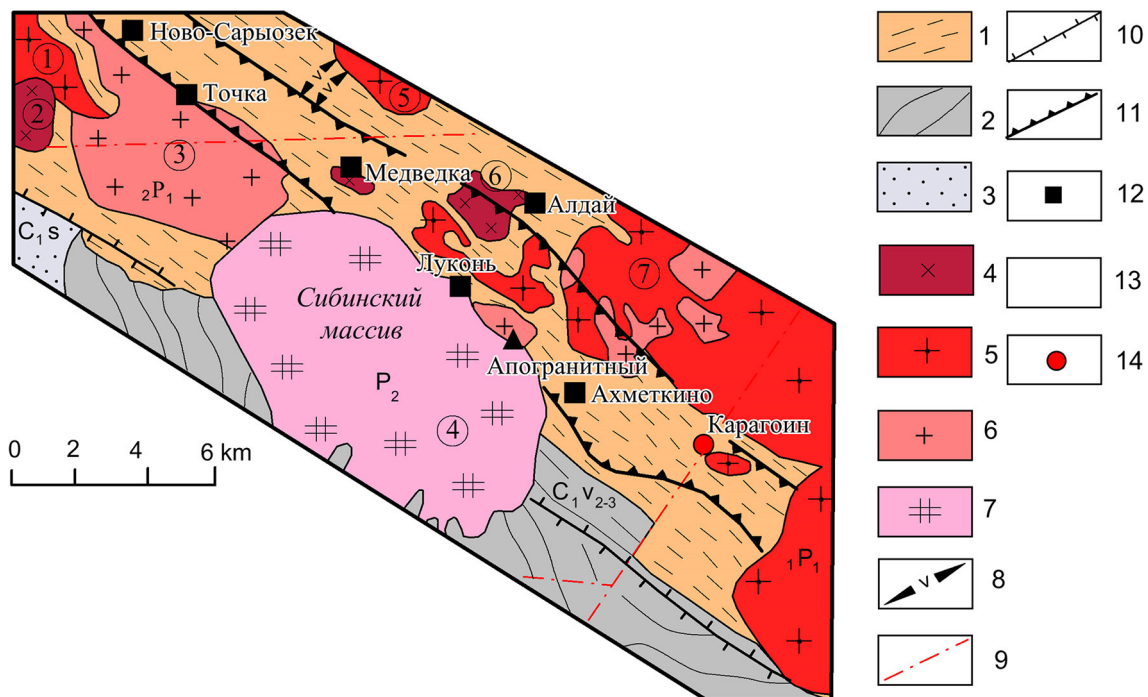
Обсуждение результатов

Карагоин-Сарыозекская рудная зона является наиболее перспективной для выявления альбит-сподуменовых объектов практической значимости. Эта рудоносная структура сформировалась в пределах тектонически ослабленной зоны северо-западного направления протяженностью 60 км при ширине 4-6 км [9]. Охватывает эндо- и экзоконтактные зоны гранитных массивов калбинского и монастырского комплексов (Шубаршоқы, Дворянский, Ешкульмес, Сибин-

ский) и метаморфизированные осадочные породы такырской свиты (рисунок).

Главная особенность строения рудной зоны заключается в пространственной сближенности и совмещенности интрузивно-дайкивого пояса кунушского комплекса (C₃) и гранитоидов, жильных полей калбинского комплекса (P₁), прорывающих осадочно-метаморфическую толщу такырской свиты (D₃). Здесь сформировались месторождения и рудопроявления особого рудно-формационного типа с наложенным редкометалльным оруденением, характеризующиеся значительными прогнозными ресурсами литиевых руд с высокой концентрацией Li и бедным содержанием Ta, Be, Sn (Ахметкино, Кенебай, Точка, Алдай, Ново-Сарыозек, Каркаралы и др.) [8,9,10].

Содержание редких элементов в сподуменах Бакенного месторождения (г/т)										
№ п/п	№ породы	Ta	Nb	Be	Li	Rb	Cs	Sn	W	Mo
1	Ж-100-6(1)	11,27	7,32	1,49	55260	10,81	5,24	217,4	17,5	1,27
2	Ж-100-6(2)	60,90	62,40	1,49	14610	26,60	7,14	146,9	0,90	1,22
3	О-25	0,30	2,64	1,17	48130	114,0	15,54	69,29	7,59	1,30
4	М-4	2,67	8,57	1,00	34500	74,70	54,70	210,0	0,23	1,12
5	СП	84,15	41,76	102,0	53040	24,07	33,13	3,85	1,30	38,21
6	Б-1	1,2	4,6	44,1	31150	17,7	18,1	91,41	0,79	23,45
7	Ю-1	3,6	13,7	1,06	20070	12,4	256,8	59,63	0,94	4,17



1 – отложения такырской; 2 – бурабайской и 3 – даланкаринской свит; 4 – плагиограниты, гранодиориты кунушского комплекса; 5-6 – калбинский комплекс (5 – средне-крупнозернистые биотитовые граниты I фазы; 6 – мелко-среднезернистые мусковитизированные граниты II фазы); 7 – лейкограниты монастырского (P₂) и 8 – гранит-порфиры миролюбовского (P₂-T₁) комплексов; 9 – разрывные нарушения; 10 – границы рудного пояса и 11 – рудной зоны; 12 – альбит-сподуменовые, 13 – альбитит-грейзеновые и 14 – кварцевожильные оловорудные объекты

Геологическое строение Карагоин-Сарыозекской рудной зоны (составила Т.А. Ойцева)

Заключение

В Восточно-Казахстанском регионе главные типы редкометалльных месторождений сформировались в постколлизийной геодинамической обстановке и пространственно размещаются в Калба-Нарымском гранитоидном поясе. Ведущее значение имели месторождения редкометалльных пегматитов с комплексным оруденением (Ta, Nb, Be, Li, Cs, Sn), генетически связанные с гранитами калбинского комплекса (P₁). Основные месторождения и рудопроявления сформировались в Центрально-Калбинском блоке повышенной тектонической нарушенности в мобильных геологических условиях. Литиеносные сосредоточены в основном в Огневско-Бакенном, Асубулакском и Белогорско-Баймурзинском рудных полях, контролируемых субширотными региональными разломами. Среди редкометалльных пегматитовых объектов альбит-сподуменовые пегматиты являются самыми молодыми образованиями и размещаются в вертикальной части рудной колонны.

По богатству уникальных минералов они близки к зарубежным пегматитовым месторождениям (Коктогай, Берник-Лейк, Зимбабве и др.), но отличаются от них меньшими масштабами оруденения. В Карагоин-Сарыозекской рудной зоне выделяется особая группа редкометалльных объектов с наложенным типом оруденения (Ta, Nb, Be, Li и др.), ассоциирующих с малыми интрузиями и дайками кунушского комплекса [10]. Практическое значение придается альбит-сподуменовым пегматитам, локализованным в надинтрузивных зонах, апофизах и в виде лестничных жил в небольших массивах плагиогранитов (Ахметкино, Точка, Алдай, Луконь, Кенейбай и др.). Минералы-индикаторы оруденения – альбит, клеветандит, циматолит. По новым результатам электронной микроскопии в альбит-сподуменовых пегматитах повышено содержание лития (более 1%). Указанные объекты являются дополнительными источниками литиевого сырья и заслуживают дальнейшего изучения.

Статья выполнена по результатам исследований по гранту Министерства экологии и геологии РК BR10264558.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dyachkov V., Mizernaya M., Kuzmina O., Zimanovskaya N., Oitseva T. Tectonic and Metallogeny of East Kazakhstan // Tectonics – Problems of regional settings, 2018, pp. 67-84.
2. Щерба Г.Н., Беспяев Х.А., Дьячков Б.А., Мыслик А.М., Ганженко Г.Д., Сапаргалиев Е.М. Большой Алтай (геология и металлогения). Металлогения. – Алматы: РИО ВАК РК, 2000. – 400 с.
3. Дьячков Б.А. Генетические типы редкометалльных месторождений Калба-Нарымского пояса. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2012. – 130 с.
4. Лопатников В.В., Изох Э.П., Ермолов П.В., Пономарева А.П., Степанов А.С. Магматизм и рудоносность Калба-Нарымской зоны Восточного Казахстана. – М.: Наука, 1982. – 248 с.
5. Щерба Г.Н., Дьячков Б.А., Нахтигаль Г.П. Металлогения Рудного Алтая и Калбы. – Алма-Ата: Наука, 1984. – 240 с.
6. Oitseva T.A., Dyachkov V.A., Vladimirov A.G., Kuzmina O.N., Ageeva O.V. New data on the substantial composition of Kalba rare metal deposits // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – Tomsk, 2017. – № 110. – pp. 1-10.
7. Садовский Ю.А., Степаненко Н.И., Пушко Е.П., Михайлов А.Г., Зимин О.Г. Об основных параметрах и флюидном режиме становления редкометалльных гранитных пегматитов // Геология, геохимия и минералогия месторождений редких элементов. Выпуск № 5. КазИМС. – Алма-Ата, 1978, С. 51-72.
8. Загорский В.Е., Макагон В.М., Шмакин Б.М., Макрыгна В.А., Кузнецова Л.Г. Редкометалльные пегматиты // Гранитные пегматиты. – Новосибирск: Наука, 1997. – Т. 2. – 285 с.
9. Шмакин Б.М. Пегматитовые месторождения зарубежных стран. – М.: Недра, 1987. – 224 с.
10. Cao M., Zhou Q.-F., Qin K. Z., Tang D.-M., Evans N. The tetrad effect and geochemistry of apatite from the Altay Koktokay No. 3 pegmatite, Xinjiang, China: implications for pegmatite petrogenesis // Mineralogy and Petrology, Vol. 107, № 6 (2013), pp. 985-1005.

Қалба-Нарым аймағының литийлі пегматиттерін болжау және бағалау әдістемесі (Шығыс Қазақстан)

¹ДЪЯЧКОВ Борис Александрович, г.-м.ф.д., профессор, bdyachkov@mail.ru,

^{1*}МИЗЕРНАЯ Марина Александровна, г.-м.ф.к., қауымдастырылған профессор, mizernaya58@bk.ru,

¹ЗИМАНОВСКАЯ Наталья Александровна, PhD, қауымдастырылған профессор, nata_zim@mail.ru,

¹АГАЛИЕВА Бакытгуль Болатбекқызы, докторант, agalieva_00@mail.ru,

¹ЕРКИНБЕК Еркежан Амантайқызы, докторант, ms.tea.90@mail.ru,

¹Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Қазақстан, 070004, Өскемен, А.К. Протозанов көшесі, 69,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Шығыс Қазақстанның Қалба-Нарым аймағының литийлі пегматиттерін қалыптастыру ерекшеліктері, болжау және бағалау критерийлері қарастырылады. Пермь уақытының коллизиядан кейінгі (орогендік) геодинамикалық жағдайында қалыптасқан Қалба-Нарым белдеуінің гранитоидтарымен сирек кезде-

сетін металл кен орындарының (Ta, Nb, Be, Li, Cs, Sn, W, TR) жетекші түрлерінің құрылымдық-генетикалық байланысы атап өтілді. Геологиялық-генетикалық модель негізгі сирек металды пегматит кен орындарының (Бакенное, Юбилейное және т.б.) натрий-калий сериясының қалыпты қатарындағы Қалба кешенінің граниттерімен (285 млн жыл) кеңістік-генетикалық байланысын, аймақтық кен колоннасының жоғарғы бөлігінде сподумен бар және цезий жылдам пегматиттерді орналастыра отырып, олигоклаз-микроклиматтан (кенсіз) бастап микроклимат-альбит және альбит (кенді) дейінгі минералдық кешендердің кезеңдік дамуын көрсетеді. Дәстүрлі гранит пегматит кен орындарынан басқа, кунуш кешенінің бұрынғы плагиограниттерімен және дайкаларымен байланыстыратын альбитті-сподумент минералдануы (Sn, Ta, Li) бар литийлі пегматиттердің перспективалы түрі бөлінеді – 305 млн жыл (Ахметкино, Точка, Алдай және т.б.). Минералдар-кендену көрсеткіштері: альбит, клеветандит, сподумен, циматолит, танталит-колумбит. Бұл нысандар қосымша литий шикізаты ретінде қарастырылады және қосымша зерттеуге лайық.

Кілт сөздер: Қалба-Нарым аймағы, сирек металдар, граниттер, плагиограниттер, пегматиттер, литий шикізаты, болжау.

The Methodology of Forecasting and Evaluation of Lithium-Bearing Pegmatites of the Kalba-Narym Zone (East Kazakhstan)

¹DYACHKOV Boris, Dr. Geol. and Min. Sci., Professor, bdyachkov@mail.ru,

^{1*}MIZERNAYA Marina, Cand. Geol. and Min. Sci., Associate Professor, mizernaya58@bk.ru,

¹ZIMANOVSKAYA Nataliya, PhD, Associate Professor, nata_zim@mail.ru,

¹AGALIYEVA Bakitgyl, doctoral student, agalieva_00@mail.ru,

¹YERKIMBEK Yerkezhan, doctoral student, ms.tea.90@mail.ru,

¹D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Kazakhstan, 070004, Oskemen, A.K. Protozanov Street, 69,

*corresponding author.

Abstract. The features of the formation, prediction criteria and evaluation of lithium-bearing pegmatites of the Kalba-Narym zone of Eastern Kazakhstan are considered. The structural and genetic relationship of the leading types of rare metal deposits (Ta, Nb, Be, Li, Cs, Sn, W, TR) with the granitoids of the Kalba-Narym belt formed in the post-collisional (orogenic) geodynamic environment of the Permian time is emphasized. The geological and genetic model reflects the spatial and genetic relationship of the main rare-metal pegmatite deposits (Bakennoye, Yubileynoye, etc.) with the granites of the Kalba complex (285 million years) of the normal series of sodium-potassium series, the stage development of mineral complexes from oligoclase-microcline (oreless) to microcline-albite and albite (ore) with the placement of spodumene-containing and cesium-bearing pegmatites in the upper part of the zonal ore column. In addition to the traditional granite pegmatite deposits, there is a promising type of lithium-bearing pegmatites with superimposed albite-spodumene mineralization (Sn, Ta, Li) associated with earlier plagiogranites and dikes of the Kunush complex – 305 million years (Akhmetkino, Tochka, Aldai, etc.). Minerals-indicators of mineralization: albite, clevelandite, spodumene, cymatolite, tantalite-columbite. These objects are considered as additional lithium raw materials and deserve additional study.

Keywords: Kalba-Narym zone, rare metals, granites, plagiogranites, pegmatites, lithium raw materials, forecasting.

REFERENCES

1. Dyachkov B., Mizernaya M., Kuzmina O., Zimanovskaya N., Oitseva T. Tectonic and Metallogeny of East Kazakhstan // Tectonics – Problems of regional settings, 2018, pp. 67-84.
2. Shcherba G.N., Bespaev H.A., D'yachkov B.A., Mysnik A.M., Ganzhenko G.D., Sapargaliev E.M. Bol'shoj Altaj (geologiya i metallogeniya). Metallogeniya. – Almaty: RIO VAK RK, 2000. – 400 p.
3. D'yachkov B.A. Geneticheskie tipy redkometall'nyh mestorozhdenij Kalba-Narymskogo poyasa. – Ust'-Kamenogorsk: VKGTU, 2012. – 130 p.
4. Lopatnikov V.V., Izoh E.P., Ermolov P.V., Ponomareva A.P., Stepanov A.S. Magmatizm i rudonosnost' Kalba-Narymskoj zony Vostochnogo Kazahstana. – Moscow: Nauka, 1982. – 248 p.
5. Shcherba G.N., D'yachkov B.A., Nahtigal' G.P. Metallogeniya Rudnogo Altaya i Kalby. – Alma-Ata: Nauka, 1984. – 240 p.
6. Oitseva T.A., Dyachkov B.A., Vladimirov A.G., Kuzmina O.N., Ageeva O.V. New data on the substantial composition of Kalba rare metal deposits // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – Tomsk, 2017. – No. 110. – pp. 1-10.
7. Sadvokij Yu.A., Stepanenko N.I., Pushko E.P., Mihajlov A.G., Zimin O.G. Ob osnovnyh parametrah i flyuidnom rezhime stanovleniya redkometall'nyh granitnyh pegmatitov // Geologiya, geohimiya i mineralogiya mestorozhdenij redkih elementov. Vypusk no. 5. KazIMS. – Alma-Ata, 1978, pp. 51-72.
8. Zagorskij V.E., Makagon V.M., Shmakin B.M., Makrygna V.A., Kuznecova L.G. Redkometall'nye pegmatity // Granitnye pegmatity. – Novosibirsk: Nauka, 1997. – T. 2. – 285 p.
9. Shmakin B.M. Pegmatitovye mestorozhdeniya zarubezhnyh stran. – Moscow: Nedra, 1987. – 224 p.
10. Cao M., Zhou Q.-F., Qin K. Z., Tang D.-M., Evans N. The tetrad effect and geochemistry of apatite from the Altay Koktokay No. 3 pegmatite, Xinjiang, China: implications for pegmatite petrogenesis // Mineralogy and Petrology, Vol. 107, no. 6 (2013), pp. 985-1005.

Complexing Reagents Effect on Sulfide Ores Flotation

¹AKIMBEKOVA Bakhyt, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, akimbekova.b@mail.ru,8,

¹KAIYRBAYEVA Marzhan, Senior Lecturer, m_kaiyrbaeva@mail.ru,

¹*ZHORABEK Aigul, Master of Engineering, Senior Lecturer, aia86@mail.ru,

¹MALYBAEVA Mariash, Senior Lecturer, malybaeva2648@mail.ru,

¹Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

*corresponding author.

Abstract. When copper-sulphide ores are dressed, lead is extracted into the copper concentrate, its increased content in the copper concentrate pollutes the atmosphere with the exhaust gases of the smelter. The paper discusses ways to reduce the toxic lead content in copper concentrate during flotation of copper sulfide ores. Selective flotation of galena occurs when hydrophobic elemental sulfur is formed on its surface, and hydrophilizing oxygen-containing compounds predominate on the surface of copper sulfides. One way is studying the relationship between the structure of organic and inorganic compounds, their adsorbability on the surface of minerals and the flotation properties of sulfide minerals. To study the structure of reagents effect on flotation of sulfide minerals, inorganic and organic compounds with several polar groups in the molecule are selected that are capable of forming complex compounds with metal cations. The presence in the molecule of several anionic groups enhances the depressing effect of the reagents, due to the mutual influence of atoms and groups. This contributes to selective flotation of minerals. The mineralogical analysis shows that sodium thiosulfate inhibits flotation of chalcocite and bornite. The presence of minerals and active ionic groups on the surface leads to activation of oxygen molecules in the boundary zone and to formation of a number of stable sulfur and oxygen compounds. In order to develop differences in the composition of the surface compounds of galena and copper sulfides (chalcocite, bornite, chalcopyrite), we studied the effects of two suppressant reagents: sodium thiosulfate ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) and red blood salt $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Flotation of minerals is performed without a collector, based on the natural flotation of galena.

Keywords: complexing reagent, galena, chalcocite, selective flotation, extraction, thermogravimetric analysis, hydrophobization, hydrophilization, elemental sulfur.

Introduction

Studying the relationship between the surface properties of minerals, the structure of organic compounds, their adsorbability and flotation activity is becoming increasingly important.

Organic compounds containing several reactive groups in the molecule have a greater covalent bond, participate in the formation of a complex with cations of copper, lead and zinc metals, depending on the pH of the medium.

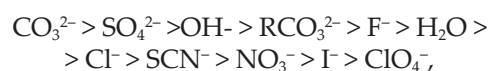
The presence of several anionic groups in the molecule (OH^- , COO^- и SO_3^{2-})⁻ enhances the depressing effect of the reagents, since the mutual influence of atoms and groups is observed in the molecule. As a result of the shift of the electron density in the molecule, the mesomeric effect is enhanced, due to which a chemical bond is formed between the reagent and cations of the mineral surface, and intramolecular complex compounds are formed.

Hydroxyl ions displacing sulphhydryl collector ions hydrophilize the surface of the mineral. The hydrophilic surface of the mineral is characterized by the predominance of unsaturated ionic, atomic or polar bonds on it. On the contrary, the hydrophobic

surface of the mineral is characterized by the predominance of unsaturated molecular bonds on it, weakly interacting with the aqueous phase of the flotation pulp.

Hydrophobicity of minerals facilitating their flotation or hydrophilicity, which prevents the latter, is a measure of the activity of the mineral surface to interact with the aqueous and gas phases of the pulp. The result of this interaction is formation of a hydration shell on the surface of the mineral, the thickness of which corresponds to the size of many thousands of water molecules and reaches 0.1 microns. Hydration shells are formed in those cases when the binding energy between the water dipoles and the surface of the mineral is greater than that between the water dipoles.

The following row of descending shifts is qualitatively established:



that is, ions standing to the right of the water in this row do not form strong hydrogen bonds in the water, and those standing to the left form them [1].

Therefore, on the surface of sulfide minerals, the strongest hydrogen bonds will arise on the $\text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{O}_4^{2-} \rightarrow \text{OH}$ anions.

The ions causing degradation of water should form stronger hydrate layers, thereby enhancing hydrophilization of the mineral surface.

Taking into account this mechanism of action of reagents with the surface of minerals, the hydrophilizing properties of sulfosalicylic acid were studied. The carboxyl group and the sulfo group are chemically reactive groups. That is, the following mechanism of fixing compounds with such a structure is possible (Figure 1):

The group $-\text{COOH}$ can hold four water molecules, due to which a hydrogen bond is formed, the OH group binds three water molecules, so it is possible to form a hydrogen bond due to the presence of an OH group in the molecule, that is, molecules with such a structure are most likely to attach to the mineral surface, enhancing the wettability of the sulfide minerals surface.

Adsorption of heteropolar molecules and organic ions on the surface of hydrophobic molecules can occur in two ways: in the form of physical adsorption in the order of equalizing phases, which is associated with decreasing free energy at the interphase boundaries. With introduction of polar collectors or a foaming agent, the well-hydrated part with the functional group should be directed towards the liquid phase of the pulp, which will contribute to decreasing free energy, and the polar ends should be directed towards the mineral that has a covalent bond and is worse wetted by water. Such an orientation of the heteropolar compound could provide selective flotation of minerals [1].

In the interaction of flotation reagents with the aqueous medium of the flotation pulp, various processes occur, one of which is formation of soluble and sufficiently stable complex compounds on the surface of minerals.

The difference in the composition of the compounds formed on the mineral surface is provided by the unequal interactions of flotation reagents with active centers on the mineral surface. The most hydrated will be minerals with oxygen-

containing compounds on the surface of sulfide minerals. This problem can be solved by introducing selectively acting depressant reagents into the pulp.

The aim of the work is studying the effect of organic and inorganic compounds with several polar groups in a molecule on the selective flotation of copper sulfide ores.

Experimental part

Studying the effect of depressants of sulfosalicylic acid, sodium alizarin sulfonate and sodium thiosulfate on chalcosine, galena was carried out in a foamless flotation apparatus. The weight of the sample was 200 mg, the fineness of grinding was -0.074 mm. Soda was used as a regulator of the pulp alkalinity.

The surface of each mineral was treated with a 1% solution of the corresponding suppressant reagent within 1 minute and flotation was performed in a Halimond tube. Selective flotation of sulfide minerals without a collector is based on natural flotation of galena and regulation of the composition of surface compounds [2].

The spectrophotometric method of analyzing was used to measure the amount of elemental sulfur on the surface of galena and chalcosine after treatment with sodium thiosulfate. The absorption spectra of the hexane extract were measured on a spectrophotometer at the wavelength of 300-330 nm.

The degree of hydration of the galena and chalcosine surface was determined by the differential thermal analysis in combination with thermogravimetric analysis. The essence of this method is to measure the temperature of the endoeffect t_{onset} , the desorption heat Q_{A} and to determine the fraction of adsorbed moisture of the total n .

Results and discussion

The results of studying the effect of pulp pH and the consumption of sulfosalicylic acid reagents, sodium alizarin sulfonate and sodium thiosulfate on chalcosine, galena carried out in a foamless flotation apparatus are shown in Figures 3 and 4.

The optimal consumption of soda and flotation reagents under study was established by the maximum difference in the recovery of chalcosine

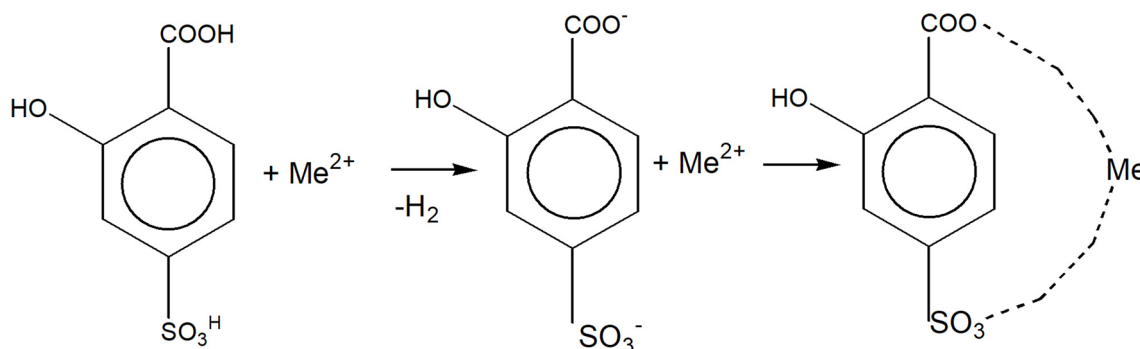


Figure 1 – Mechanism of sulfosalicylic acid interaction with the mineral surface cation

and galena at the 9.5 pH and the reagent consumption of 240 g/t (Figures 2 and 3). The largest selection of galena and chalcosine is observed with flotation of minerals with sodium thiosulfate.

The mechanism of the sodium thiosulfate action on the surface of chalcosine is to increase the oxygen-containing hydrophilic sites as a result of

thiosulfate complexes of copper formation. When interacting with the surface of galena, sodium thiosulfate slows down oxidation of elemental sulfur and, due to intramolecular oxidation-reduction, partially forms elemental sulfur. Elemental sulfur formed on the surface of sulfide minerals enhances hydrophobization [3, 4].

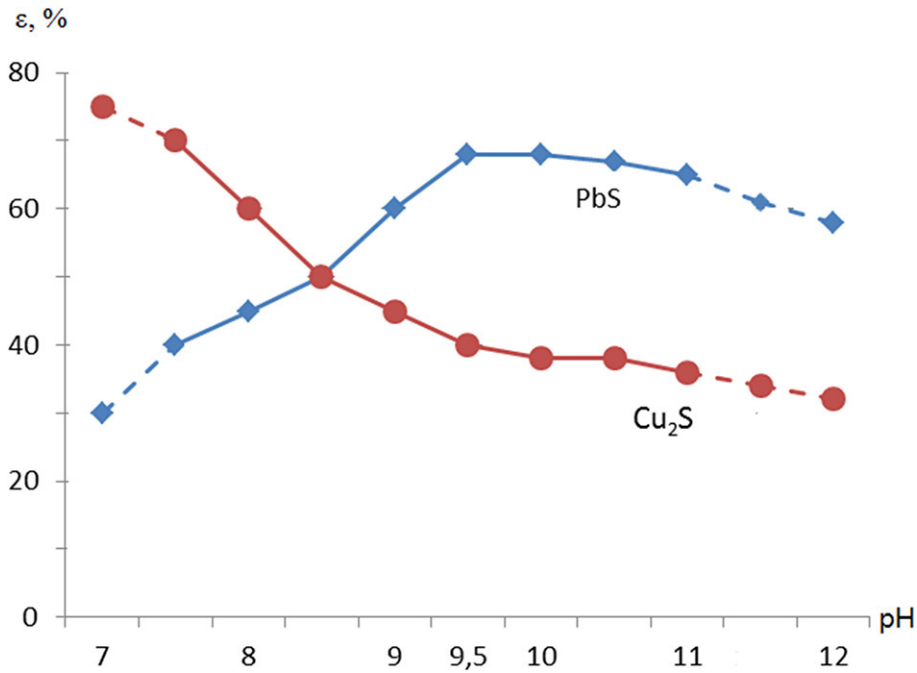
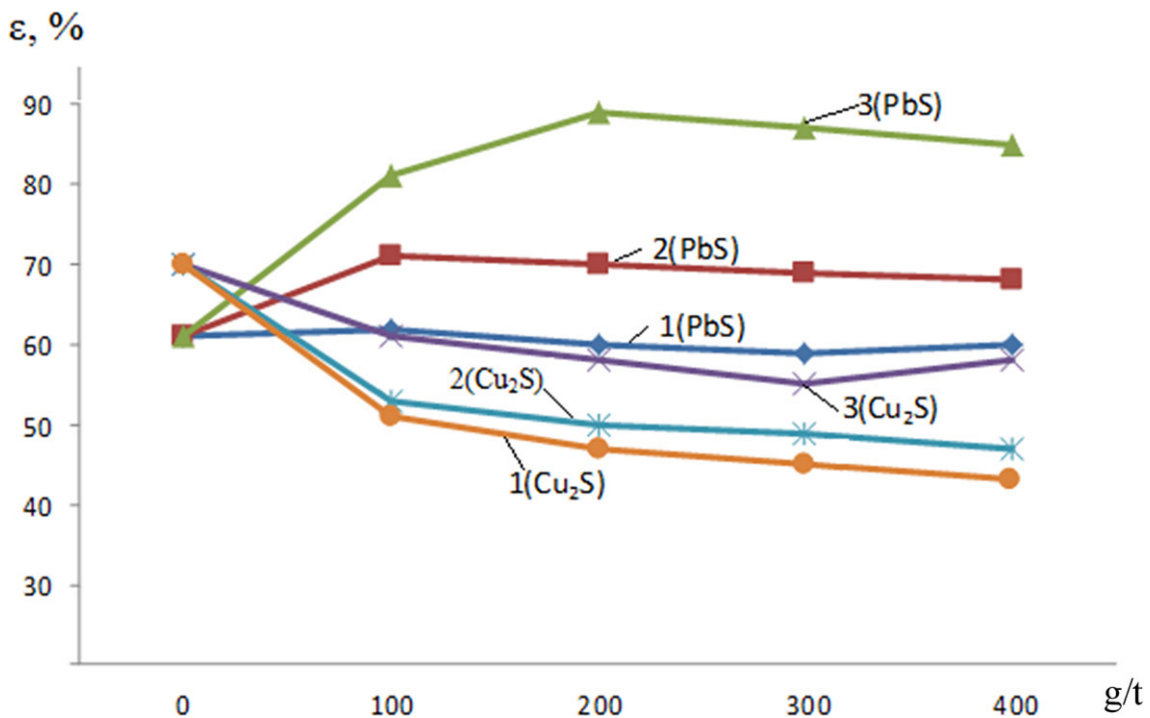


Figure 2 – The pulp pH effect on chalcosine and galena extraction



1 – sulfosalicylic acid; 2 – sodium alizarin sulfonate; 3 – sodium thiosulfate

Figure 3 – Flotation reagents consumption effect on chalcosine and galena extraction

The results of spectrophotometric analysis shows that when the surface of galena and chalcosine is treated with sodium thiosulfate, the amount of adsorbed sulfur on galena rises 2.5 times, and on chalcosine decreases 2 times; this contributes to hydrophilization of the surface of chalcosine. These results correlate with inhibition of chalcosine floatability.

As a result of mineralogical analysis of the concentrates, it turns out that thiosulfate suppresses secondary copper (chalcosine, bornite) minerals, and bornite is suppressed several times more (Figure 4, a), red blood salt suppresses only chalcosine (Figure 4, b). Chalcopyrite is not depressed by these reagents.

The mechanism of the sodium thiosulfate action is explained by the formation of free sulfur on the surface of galena as a result of intramolecular oxidation-reduction.

Thus, the results obtained show increasing the selective flotation of galena by the foaming agent in the presence of sodium thiosulfate and potassium ferrocyanide and decreasing natural flotation of bornite and chalcosine.

The correlation between galena and flotation of copper sulfide is determined by the sulfur content on their surface, thermal desorption of the molecule

and water, as well as the initial temperature of the endoeffect [5].

As a result of IR spectroscopy, the presence of elemental sulfur on the surface of galena and copper minerals, the degree of hydration of the minerals was determined by the differential thermal analysis. According to the results of the mineralogical analysis, it follows that sodium thiosulfate inhibits flotation of chalcosine and bornite [6].

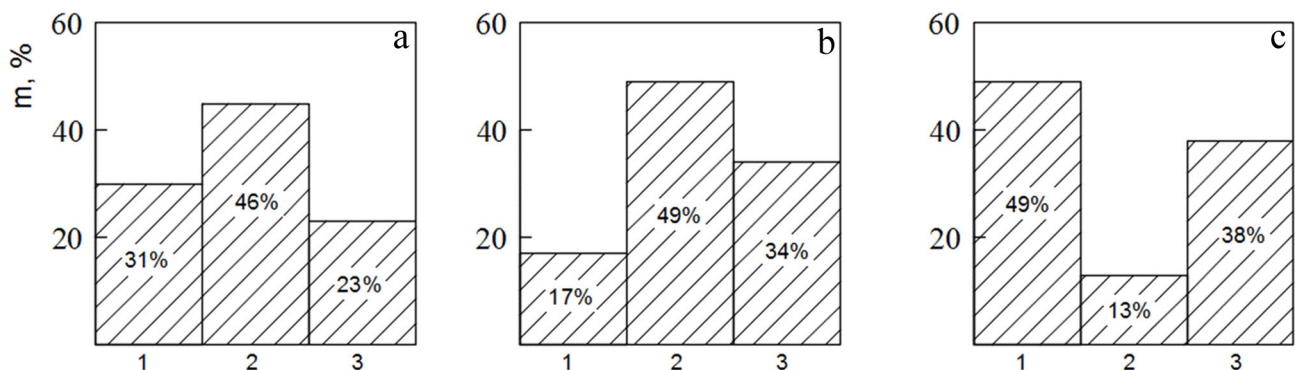
With decreasing the temperature of the endoeffect, hydrophobicity of the surface increases, since at a lower temperature there begins evaporating the adsorbed, in which the hydrogen bonds are weakened.

The results of the differential thermal analysis (DTA) are shown in Table.

The analysis of the tabular data shows that with the surface treatment of minerals with sodium thiosulfate there increases hydrophobicity of the galena surface in comparison with chalcosine. This indicates that moisture is physically adsorbed on the galena surface and the hydrogen bond energy is negligible.

Conclusions

Thus, from the obtained research results it can



1 – chalcosine; 2 – chalcopyrite; 3 – bornite (m is the mineral fraction)

Figure 4 – The ratio of changing copper minerals in the concentrate (a, b) in comparison with ore (c)

The results of the differential thermal analysis and thermogrammetry of galena and chalcosine

Mineral	Reagent	The endoeffect beginning temperature, t_{in} , °C	Fraction of the adsorbed water, n, %	Desorption heat, Q_{in} , st.unit
Chalcosine	Water	72	10.20	9.00
Galena	Water	47	7.00	3.98
Chalcosine	Sodium thiosulfate	60	12.00	11.25
Galena	Sodium thiosulfate	35	3.20	4.00
Chalcosine	Sodium alizarin sulfonate	65	6.00	8.16
Galena	Sodium alizarin sulfonate	28	1.80	3.68
Chalcosine	Sulfosalicylic acid	50	6.20	6.00
Galena	Sulfosalicylic acid	42	2.90	4.78

be concluded that the use of flotation reagents, sulfosalicylic acid, sodium alizarin sulfonate, sodium thiosulfate that contribute to changing the surface compounds of minerals, forms conditions for the selective flotation of galena and chalcocine. Among the studied reagents, sodium thiosulfate is the most effective one, it has a double effect: oxidative and reducing.

The use of sodium thiosulfate reagent $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 5\text{H}_2\text{O}$ in the dressing of copper sulfide ores improves the quality of copper concentrate, as a result of the possibility of galena separation into a separate product, by increasing hydrophobicity of its surface, and this leads to decreasing the lead content in the exhaust gases of the smelter.

REFERENCES

1. Beloborodov, V.L. Organic chemistry. Moscow: Drofa, 2013. – 640 p.
2. Kozin, V.Z. Studying ores for dressing. – Ekaterinburg, 2010. – 350 p.
3. Abramov, A.A. Flotation dressing methods. – Mining Book, Mir. – 2011. – 710 p.
4. Tarasevich, B.N. IR spectra of main classes of organic compounds. Reference materials. Moscow: MSU, 2012. – 54 p.
5. Zhuravlev, L.G. Physical methods of studying metals and alloys. Chelyabinsk, SUSU, 2013. – 157 p.
6. Ishenko A.A. Spectral analysis methods. – Moscow: MSU, 2013. – 165 p.

Сульфидті кендердің флотациясына кешен түзуші реагенттердің әсері

¹АКИМБЕКОВА Бакыт Базыловна, т.ф.к., доцент, akimbekova.b@mail.ru8,

¹КАЙЫРБАЕВА Маржан Жаксыбаевна, аға оқытушы, m_kaiyrbaeva@mail.ru,

¹*ЖОРАБЕК Айгуль Аскараровна, т.ф.м., аға оқытушы, aia86@mail.ru,

¹МАЛЫБАЕВА Марияш Кадыркеновна, аға оқытушы, malybaeva2648@mail.ru,

¹Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мыс-сульфидті кендерді байыту кезінде мыс концентратынан қорғасын бөлініп алынады, оның мыс концентратындағы жоғары мөлшері атмосфераны мыс балқыту зауытының шығатын газдарымен ластанайды. Мақалада мыс-сульфидті кендерді флотациялау кезінде мыс концентратындағы ұйтты қорғасын құрамын төмендету тәсілдері қарастырылады. Галениттің селективті флотациясы оның бетінде гидрофобты элементті күкірт пайда болған жағдайда өтеді, ал мыс сульфидтерінің бетінде гидрофилизациялайтын оттегі бар қосылыстар басым болады. Органикалық және бейорганикалық қосылыстардың құрылымы, олардың минералдар бетінде адсорбциялануы және сульфидті минералдардың флотациялық қасиеттері арасындағы өзара байланысты зерттеу негізгі тәсілдердің бірі болып табылады. Сульфидті минералдардың флотациясына реагенттер құрылымының әсерін зерттеу үшін металл катиондарымен кешенді қосылыстар жасауға қабілетті молекуладағы бірнеше полярлық топтары бар бейорганикалық және органикалық қосылыстар іріктелді. Молекулада бірнеше анионды топтардың болуы атомдар мен топтардың өзара әсерінің салдарынан реагенттердің депрессиялық әсерін күшейтеді. Бұл минералдардың селективті флотациясына ықпал етеді. Натрий тиосульфаты халькозин мен борнит флотациясын басады. Жер бетінде минералдардың, белсенді иондық топтардың болуы шекаралық аймақта оттегі молекулаларының белсендірілуіне және күкірт пен оттегінің бірқатар тұрақты қосылыстарының пайда болуына әкеледі. Галенит пен мыс сульфидтерінің (халькозин, борнит, халькопирит) беттік қосылыстарының құрамында айырмашылықты анықтау мақсатында екі реагенттердің: натрий тиосульфатының ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 5\text{H}_2\text{O}$) және қызыл қан тұзының $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ әрекеттері зерттелді. Минералдарды флотациялау жинағышсыз жүргізілді, ол галениттің табиғи флотациялануына негізделген.

Кілт сөздер: кешен түзуші реагент, галенит, халькозин, селективті флотация, бөліп алу, термогравиметрлік талдау, гидрофобизация, гидрофилизация, элементтік күкірт.

Влияние комплексообразующих реагентов на флотацию сульфидных руд

¹АКИМБЕКОВА Бакыт Базыловна, к.т.н., доцент, akimbekova.b@mail.ru8,

¹КАЙЫРБАЕВА Маржан Жаксыбаевна, старший преподаватель, m_kaiyrbaeva@mail.ru,

¹*ЖОРАБЕК Айгуль Аскараровна, м.т.н., старший преподаватель, aia86@mail.ru,

¹МАЛЫБАЕВА Марияш Кадыркеновна, старший преподаватель, malybaeva2648@mail.ru,

¹Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, пр. Н. Назарбаева, 56

*автор-корреспондент.

Аннотация. При обогащении медно-сульфидных руд в медный концентрат извлекается свинец, повышенное содержание его в медном концентрате загрязняет атмосферу отходящими газами медеплавильного заво-

да. В статье рассматриваются способы снижения содержания токсичного свинца в медном концентрате при флотации медно-сульфидных руд. Селективная флотация галенита протекает при условии образования на его поверхности гидрофобной элементной серы, а на поверхности сульфидов меди преобладают гидрофилизующие кислородсодержащие соединения. Одним из способов является изучение взаимосвязи между структурой органических и неорганических соединений, их адсорбируемостью на поверхности минералов и флотационными свойствами сульфидных минералов. Для изучения влияния структуры реагентов на флотацию сульфидных минералов подобраны неорганические и органические соединения с несколькими полярными группами в молекуле, способные образовать комплексные соединения с катионами металлов. Наличие в молекуле нескольких анионных групп усиливает депрессирующее действие реагентов, вследствие взаимного влияния атомов и групп. Это способствует селективной флотации минералов. Минералогическим анализом установлено, что тиосульфат натрия подавляет флотацию халькозина и борнита. Наличие на поверхности минералов, активных ионных групп приводит к активации молекул кислорода в пограничной зоне и к образованию ряда стабильных соединений серы и кислорода. С целью создания различий в составе поверхностных соединений галенита и сульфидов меди (халькозин, борнит, халькопирит) были исследованы действия двух реагентов подавителей: тиосульфата натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) и красной кровяной соли $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Флотация минералов проводится без собирателя, основана на естественной флотуемости галенита.

Ключевые слова: комплексообразующий реагент, галенит, халькозин, селективная флотация, извлечение, термогравиметрический анализ, гидрофобизация, гидрофиллизация, элементная сера.

REFERENCES

1. Beloborodov, V.L. Organic chemistry. Moscow: Drofa, 2013. – 640 p.
2. Kozin, V.Z. Studying ores for dressing. – Ekaterinburg, 2010. – 350 p.
3. Abramov, A.A. Flotation dressing methods. – Mining Book, Mir. – 2011. – 710 p.
4. Tarasevich, B.N. IR spectra of main classes of organic compounds. Reference materials. Moscow: MSU, 2012. – 54 p.
5. Zhuravlev, L.G. Physical methods of studying metals and alloys. Chelyabinsk, SUSU, 2013. – 157 p.
6. Ishenko A.A. Spectral analysis methods. – Moscow: MSU, 2013. – 165 p.

Analyzing and Developing Measures to Reduce Industrial Injuries in the Abayskaya Mine

¹**SATTAROVA Gulmira**, *Cand. Tech. Sci., Associate Professor, sattarovags@mail.ru,*

¹***BALABAS Lydia**, *Cand. Tech. Sci., Associate Professor, l.balabas@ya.ru,*

¹**OSTANIN Andrey**, *master student, ostanin_14_97@mail.ru,*

¹*Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,*

**corresponding author.*

Abstract. *The purpose of the study is to analyze and develop measures to reduce industrial injuries at the Abayskaya mine. The results of a statistical analysis of mine accidents over six years were considered. It was determined that the main cause of industrial injuries at the mine is organizational reasons, the share of which is 80% of the total number of injuries. It was determined that cases of injuries due to psychophysiological reasons occupy the second place in the total number of victims. Technical and hygienic causes of occupational injuries account for 7.4 per cent and 1.7 per cent of injuries, respectively. The article shows the distribution of cases of industrial injuries by types of work and by types of incidents. An analysis of types of industrial injuries was also carried out on the basis of initial data on injuries recorded at the Abayskaya mine.*

Keywords: *industrial injuries, mine, accident, technological process, simulators, virtual reality.*

Introduction

One of the most important sectors in the economy of the Republic of Kazakhstan is the coal industry. Our country has large geological reserves of coal, the volume of which exceeds 283 billion tons [1].

The technological process of coal mining is accompanied by hazardous production factors, such as moving machines and mechanisms, moving elements of production equipment, electric current, enclosed space, the rock massif collapse. As a result of these factors, a high level of industrial injuries is observed in coal mines, which is one of the main problems in the field of occupational safety at mining enterprises.

Research results

This article presents the results of a statistical analysis of accidents that occurred in the Abayskaya mine from 2010 to 2016, on the basis of which measures were developed to reduce the level of industrial injuries.

Within the period under review from 2010 to 2016, in the Abayskaya mine there occurred 119 cases of industrial injuries. Based on the initial data of the incidents collected in the Abayskaya mine, a statistical analysis of industrial injuries was carried out according to the following criteria: causes, the type of incident, the type of mining operations, the type of industrial injuries and their severity.

The causes of industrial injuries are conventionally divided into 4 types: organizational, technical, sanitary-hygienic and psycho-physiological [2]. Table

1 shows the distribution of the number of victims for these types of causes.

Table 1 shows that the main causes of industrial injuries in the mine are organizational causes, which account for 80% of the total number of injuries. Organizational causes include violation of safety rules during mining, driving workings, non-observance of the rules of operating mining equipment, violation of the rules of transportation, loading, unloading the materials, violation of safety rules when mounting powered support and its parts and violation of the passport of supporting mine workings.

Cases of injuries conditioned by psycho-physiological causes take the second place among the total number of victims. These causes include fatigues caused by large physical (static and dynamic) overloads, overstrain of analyzers (visual, auditory, tactile), monotony of work, stressful situations, a painful state.

The share of technical and sanitary-hygienic causes of industrial injuries accounts for 7.4% and 1.7% of injuries of the total number, respectively. The technical causes of industrial injuries in the mine arose as a result of design flaws, malfunctions of machines, mechanisms, insufficient mechanization and automation of heavy and harmful work. The sanitary-hygienic causes of industrial injuries are associated with violation of the requirements of sanitary standards for lighting extraction areas.

The results of the analysis of industrial injuries that occurred in the Abayskaya mine by the type of incident are presented in Table 2.

Causes of industrial injuries	Number of victims	
	prs	%
Organizational	96	80
Technical	8	7.4
Sanitary-hygienic	2	1.7
Psycho-physiological	13	10.9
Total	119	100

No	Types of incidents	Number of victims	
		prs	%
1	The rock massif collapse	52	43.7
2	Heavy object fall	22	18.5
3	Man fall	16	13.4
4	Clamping limbs in equipment	10	8.4
5	Impact of body parts on equipment	8	6.7
6	Methane poisoning	7	5.9
7	Traffic accident	4	3.4
Total		119	100

Based on the data in Table 2, it can be stated that the main type of incident in the mine is the rock massif collapse on the workers. This type of incident accounts for almost 44% of the total number of injuries.

Falling heavy objects on workers and falling people are also frequent accidents, 18.5% and 13.4%, respectively, of the total number of victims.

It should be noted that a small number of road accidents took place in the mine, which include accidents involving underground mine transport.

To carry out a statistical analysis of industrial injuries by type of mining operations, a set of basic and auxiliary operations was determined, during which mine workers received industrial injuries. The main operations included tunneling and stoping operations, as well as auxiliary transport and repair operations. Based on these data, the distribution of industrial injuries by type of operations was made, which is presented in Table 3.

The distribution of industrial injuries by type of operations in Table 3 shows that most injuries occurred during sinking (35.3%) and stoping (26.9%) operations. During sinking operations, the largest number of injured workers was recorded when supporting mine workings (15.9%) and when extracting rocks (11.7%). During stoping operations, the largest number of victims of coal mining accounted for 21% of all injuries. Such a high level of industrial injuries in breakage and drifting faces is explained by the fact that these places are the concentration of the

main production processes, during which workers are exposed to hazardous and harmful factors such as moving and rotating parts and mechanisms of mining equipment, increased dustiness of the air in the extraction area, an increased level of noise and vibration, the likelihood of the rock massif collapse on a worker, etc.

Thus, the number of injured people accounted for in the breakage and drifting workings is 62% of all cases of injuries, in transport and repair work 22.7% and 15.1%, respectively.

Based on the initial data of injuries registered in the Abayskaya mine, an analysis of the types of industrial injuries was carried out. Table 4 and Figure 1 show the results of the analysis.

According to Table 4, when driving underground mining, miners most often get bruises, dislocations of the limbs (arms, legs): 33.6% and fractures of the limbs: 25.2%.

Figure shows the ratio of the severity of injuries that occurred during stoping and sinking operations in the mine.

In Figure, minor injuries are at the same level during stoping and sinking operations. Severe injuries are more prevalent in sinking operations than in stoping ones. Fatal injuries occurred only during sinking operations; this degree of severity is absent in stoping operations.

Thus, the statistical analysis of industrial injuries that occurred in the Abayskaya mine shows that the most frequent causes of accidents are violation

Table 3 – Distribution of industrial injuries by the type of operations

No	Operation type	Operation subtype	Number of victims			
			prs	%	prs	%
1	Sinking operations	Supporting mine workings	19	15.9	42	35.3
		Extracting the rock mass	14	11.7		
		Assembly/dismantling equipment	4	3.4		
		Repairing a support	2	1.7		
		Drilling holes	3	2.5		
2	Stoping operations	Mining coal	25	21	32	26.9
		Assembly/dismantling powered support	7	5.9		
3	Transport operations	Transporting materials	14	11.8	27	22.7
		Transporting people	7	5.9		
		Loading/unloading materials	6	5.04		
4	Repair operations	Repair of equipment	9	7.5	18	15.1
		Assembly/dismantling equipment	5	5.04		
		Repair of supports	4	4.2		

Table 4 – Types of industrial injuries

No	Types of industrial injuries	Number of victims	
		prs	%
1	Contusions, dislocations of limbs (arms, legs)	40	33.6
2	Fractures of limbs (arms, legs)	30	25.2
3	Head contusion	10	8.4
4	Contusions of the supporting apparatus (neck, back)	9	7.7
5	Traumatic brain injury	8	6.7
6	Gas poisoning	5	4.2
7	Fractured ribs	5	4.2
8	Injuries incompatible with life	4	3.4
9	Contusion of joints	3	2.5
10	Fractures of the supporting apparatus (neck, back)	3	2.5
11	Broken nose	1	0.8
12	Injury to eyes	1	0.8
Total		119	100

of safety rules of mining and sinking operations, violation of the passport of supporting mine workings; the main types of accidents are the rock massif collapse and heavy objects fall; industrial injuries were most often received by miners who worked in breakage faces during coal mining and in development mine workings when extracting rocks and supporting mine workings.

Conclusion

Taking into account the results of the carried out statistical analysis, the following measures are recommended to eliminate the main causes of industrial injuries:

- to prevent violations of safety rules and

regulations during mining operations, it is recommended to introduce interactive training simulators in virtual reality for mine workers;

- to increase the safety of the process of the mine working roof cleaning.

Virtual reality is one of the highly developed forms of computer modeling that realizes the illusion of a person's entry and stay in the artificial world in real time. Technologies of this kind make it possible to act directly in the virtual world using sensory devices that associate movements with the accompaniment of audiovisual effects [3, 4, 5].

The main purpose of simulators in virtual reality is to track the sequence and correctness of performing



The severity of injuries that occurred when performing stopping and sinking operations

all kinds of technological operations that meet the safe requirements for performing work. In virtual reality simulators, you can reproduce the areas of stopping operations and assembly chambers and the working that take place in these areas and train workers safe conducting of mining operations without violating the rules and safety measures with the definition of hazardous working areas, and what situations can arise if workers do not adheres to safety rules.

The use of simulators in virtual reality allows:

- organizing the training in the most realistic conditions of virtual mining, without assuming the risk to the trainee and expensive equipment;
- using the visual and muscle/motor memory of the trainee;
- making trainees interested in the learning process: new technologies will replace «boring» learning;
- evaluating the behavior of employees in various situations: the employee gets lost, gets confused in actions, panics or acts according to requirements (in contrast to traditional training, where the teacher, to whom the trainee has learned and told the instructions, cannot be sure how the trainee will behave in a real workplace);
- promoting the image of the mine to the modern one, attracting the attention of the media, thereby creating a positive image;
- provoking interest in young people, attracting new promising personnel.

Virtual reality simulators immerse miners in a simulated underground environment where miners can be trained in real life scenarios and test their response to hazards in a safe environment.

To improve the safety of the process of the mine working roof cleaning, it is necessary to take the following recommendations [6]:

- to pay the main attention to the fact that the lag of the permanent support does not exceed the passport value;
- the loading of the rock mass, breaking up oversized pieces of the rock mass, preparation of holes for support props, erection of permanent support frames and other work in the face before mounting permanent support frames should be carried out only under the protection of a temporary support;
- before starting any work in the face, it is necessary to clean carefully and to knock off the roof, the bottom of the face and the walls of the working with a 2.5-3 m long undercut from under the supported space, which will increase the distance between the dangerous zone of the roof and the rafter, thereby providing his security;
- to pay special attention to the quality of the roof cleaning, to the fore-head and sides of the face before mounting a temporary support and the permanent support elements;
- in case of signs of increased rock pressure in the face, take measures to reduce the length of the unsecured part of the face.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://kursiv.kz/news/kompanii-i-rynki/2016-05/top-10-stran-po-zapasam-uglya>.
2. Чеботарев А.Г. Современные условия труда на горнодобывающих предприятиях и пути их нормализации // Горная промышленность. – 2012. – № 2 (84).

3. Акимов А.А., Протодьяконов А.В. Разработка тренажера для подземных электрослесарей с использованием виртуальной реальности // X Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «РОССИЯ МОЛОДАЯ». М., 2018.
4. Волкова М.М., Манурова Р.А., Шайдуллина Д.Н. Применение виртуальных тренажеров для обучения специалистов нефтегазовой отрасли // Журнал «Вестник технологического университета». 2019. С. 115-121.
5. http://caten-company.ru/?page_id=620/.
6. Зубков А.А. и др. Перспективные способы крепления горных выработок на подземных рудниках. М., 2014.

«Абайская» шахтасында өндірістік жарақаттануды төмендету бойынша шараларды дамыту және талдау

¹**САТТАРОВА Гульмира Сапаровна**, т.ғ.к., доцент, sattarovags@mail.ru,

^{1*}**БАЛАБАС Лидия Хизировна**, т.ғ.к., доцент, l.balabas@ya.ru,

¹**ОСТАНИН Андрей Александрович**, магистрант, ostanin_14_97@mail.ru,

¹Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Зерттеу мақсаты – «Абайская» шахтасында өндірістік жарақаттануды төмендету бойынша іс-шараларды әзірлеу және талдау. Алты жыл ішінде шахтадағы жазатайым оқиғаларды статистикалық талдау нәтижелері қарастырылды. Шахтадағы өндірістік жарақаттанудың негізгі себебі ұйымдастырушылық себептер болып табылады, олардың үлесі жалпы жарақаттану жағдайларының 80%-ын құрайды. Психологиялық себептерге байланысты болған жарақат жағдайлары зардап шеккендердің жалпы санынан екінші орын алатындығы анықталды. Өндірістік жарақаттанудың техникалық және санитариялық-гигиеналық себептерінің үлесіне зардап шеккендердің жалпы санының тиісінше 7,4% және 1,7%-ы тиесілі. Мақалада өндірістік жарақаттану жағдайларын жұмыс түрлері және оқиғалар түрлері бойынша бөлу келтірілген. Сондай-ақ «Абайская» шахтасында тіркелген жарақаттану туралы бастапқы деректер негізінде өндірістік жарақаттардың түрлеріне талдау жүргізілді.

Кілт сөздер: өндірістік жарақаттану, шахта, жазатайым оқиға, технологиялық процесс, тренажерлар, виртуалды нақтылық.

Анализ и разработка мероприятий по снижению производственного травматизма на шахте «Абайская»

¹**САТТАРОВА Гульмира Сапаровна**, к.т.н., доцент, sattarovags@mail.ru,

^{1*}**БАЛАБАС Лидия Хизировна**, к.т.н., доцент, l.balabas@ya.ru,

¹**ОСТАНИН Андрей Александрович**, магистрант, ostanin_14_97@mail.ru,

¹Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Цель исследования – анализ и разработка мероприятий по снижению производственного травматизма на шахте «Абайская». Рассматривались результаты статистического анализа несчастных случаев на шахте за шесть лет. Определено, что основной причиной производственного травматизма на шахте являются организационные причины, доля которых составляет 80% случаев травматизма от общего числа. Определено, что случаи травматизма, происшедшие из-за психофизиологических причин, занимают второе место от общего числа пострадавших. На долю технических и санитарно-гигиенических причин производственного травматизма приходится 7,4% и 1,7% случаев травматизма от общего числа пострадавших соответственно. В статье приведено распределение случаев производственного травматизма по видам работ и по видам происшествий. Также проведен анализ видов производственных травм на основании исходных данных о травматизме, зарегистрированных на шахте «Абайская».

Ключевые слова: производственный травматизм, шахта, несчастный случай, технологический процесс, тренажеры, виртуальная реальность.

REFERENCES

1. <https://kursiv.kz/news/kompanii-i-rynki/2016-05/top-10-stran-po-zapasam-uglya>.
2. Chebotarev A.G. Sovremennye usloviya truda na gornodobyvayushchih predpriyatiyah i puti ih normalizacii // Gornaya promyshlennost'. – 2012. – no. 2 (84).
3. Akimov A.A., Protod'yakonov A.V. Razrabotka trenazhera dlya podzemnyh elektroslesarej s ispol'zovaniem virtual'noj real'nosti // X Vserossijskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya molodyh uchenyh «ROSSIYA MOLODAYA». Moscow, 2018.
4. Volkova M.M., Manurova R.A., Shajdullina D.N. Primenenie virtual'nyh trenazherov dlya obucheniya specialistov neftegazovoj otrasli // Zhurnal «Vestnik tekhnologicheskogo universiteta». 2019. pp. 115-121.
5. http://caten-company.ru/?page_id=620/.
6. Zubkov A.A. i dr. Perspektivnye sposoby krepneniya gornyh vyrabotok na podzemnyh rudnikah. Moscow, 2014.

Seismic Interpretation and Assessment of the Structural Factor on Example of the North Mangyshlak Basin

^{1,2}ZHUMABEKOV Arslan, doctoral student, zhak28@gmail.com,

^{1*}PORTNOV Vasily, Dr. Tech. Sci., Professor, vs_portnov@mail.ru,

²LIU ZHEN, PhD, Professor, liuzhenjr@163.com,

¹Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

²China University of Petroleum, China, 102249, Beijing, 18 Fu Xue Road,

*автор-корреспондент.

Abstract. The article examines seismic data with subsequent interpretation and assessment of the structural factor, namely, on the example of the Mangyshlak basin. The purpose of this study is to carry out seismic interpretation, with which you can identify the structural type of the basin. This study can provide an enhancement in the development of oil reservoirs and the entire target area. Based on the previously studied data, it was revealed that tectonic elements are not developed. Archival materials of structural morphology show that the main target horizons in the Jurassic interval. The study area represents in the form of an anticline with a long axis in the sub-latitudinal direction. In addition, the morphology of all horizons is inherited. After analyzing the structural characteristics and signs of tectonic disturbances, the authors interpreted the seismic data.

Keywords: Mangyshlak Basin, seismic survey, interpretation, structure, horizon, tectonics, faults.

Interpretation of the structure. Interpretation of horizons

The Mangyshlak basin is a typical Mesozoic-Cenozoic sedimentary basin. Deposits of the Upper Permian and Triassic, as well as deposits from the Jurassic to the Quaternary period [1] were deposited on the Paleozoic basement (Figure 1). The Jurassic deposits are the main objects of interpretation.

Among the sediments from the Paleozoic to the Triassic, the main objects are: V1-top of the Triassic; V2II-top of carbonate rocks of the Middle Triassic (top T2-A); V2IV-sole carbonate rocks of the Middle Triassic (bottom T2-B); V3-top of carbonate-detrital rocks of the Lower Triassic (top T1-G); VII, the surface of unconformity of Paleozoic deposits. Based on seismic stratigraphic reference, the characteristic of reflection of all horizons is established. In this case, V2II and V2IV have a positive amplitude, the remaining reflecting horizons are characterized by negative amplitudes (Figure 2).

Within the Middle Jurassic [2], the main objects are reservoirs of the following ages: J2a, J2b, J2bt, J2k, and are divided into 13 sand packs J-I ~ J-XIII. Based on seismic stratigraphic reference, reflecting horizons of all complexes are established. In this case, JI, J-II, J-VI, J-IX, J-XII have a positive reflection amplitude, J-IV, J-VII, J-VIII have a wavelength reflection, the remaining reflecting horizons have a negative reflection amplitude (Figure 3). In accordance with

the results of the binding. The work was done to interpret the target horizons, i.e. 13 horizons of the Middle Jurassic and Triassic objects.

Interpretation of tectonic faults

Based on the analysis of coherence, and using the technology of structure-oriented filtering (SOF), visualization of tectonic disturbances in the seismic section is enhanced and the additional work has been carried out to interpret tectonic disturbances. According to the analysis of coherence, it is obvious that in this region the main tectonic failings are developed in deep deposits below the surface of the Triassic unconformity. In the Jurassic sediments, tectonic faults are not developed.

Using a cube of seismic data, the work has been done to interpret of tectonic movements. Discharges in the Triassic sediments are inclined located faults, which divided the structural plan into tectonically shielded elements (Figure 4).

In combination with the attribute of coherence, curvature, instantaneous phase and others, the work was done to interpret tectonic faults over the area. Typically, the coherence attribute is more sensitive to faults, and allows highlighting smaller faults. The curvature attribute is designed to analyze larger tectonic elements. The combination of these two attributes allows comprehensive analyzing the area faults.

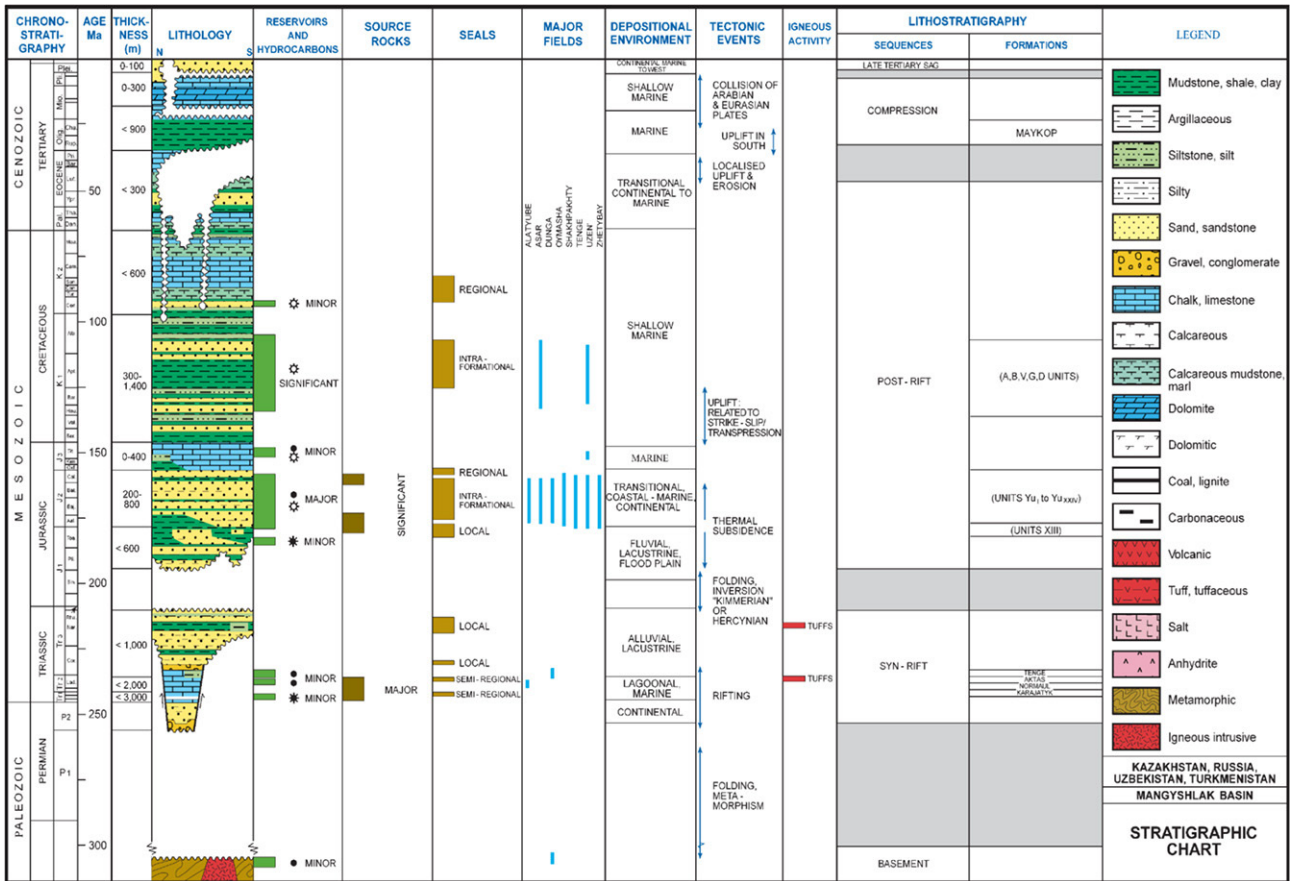


Figure 1 – Stratigraphic column of the cavity

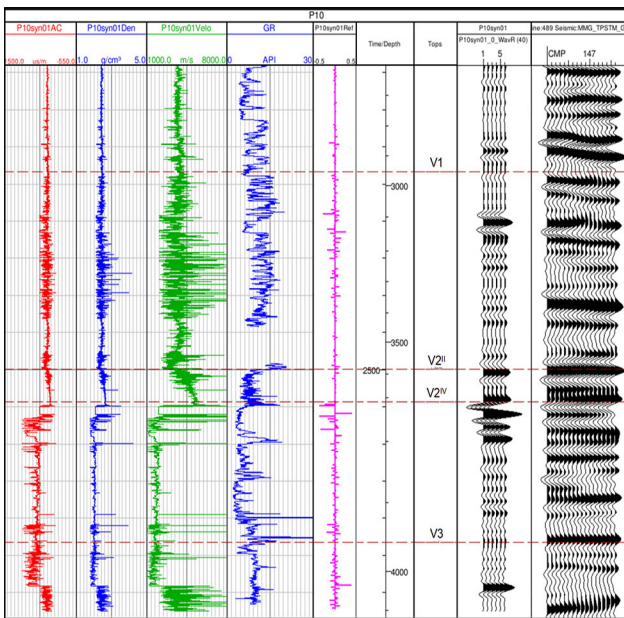


Figure 2 – Seismostratigraphic binding of Jurassic sediments

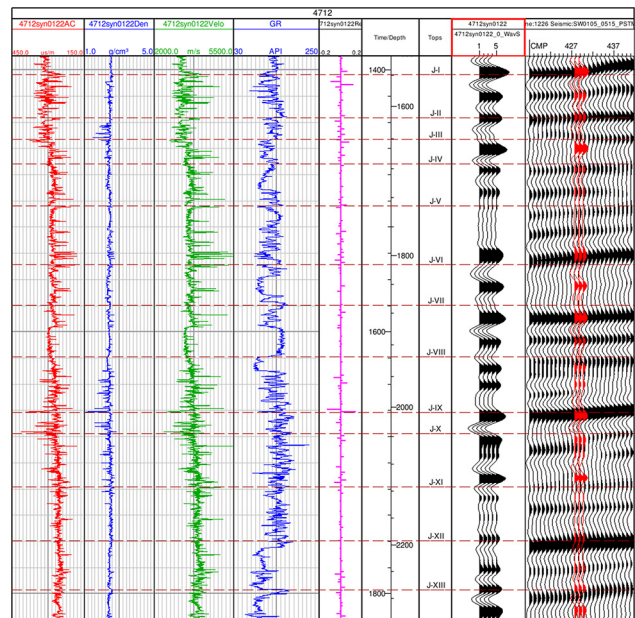


Figure 3 – Seismostratigraphic binding of Triassic sediments

The instant phase attribute is designed to analyze the area of wedging out of sediments, in combination [3] with an isochronous cut of sediments, which makes it possible to clarify the configuration characteristic of

the wedging lines of all horizons under the surfaces of unconformities (Figure 5).

From the interpreted faults in the Jurassic sediments, it can be seen that no major faults were

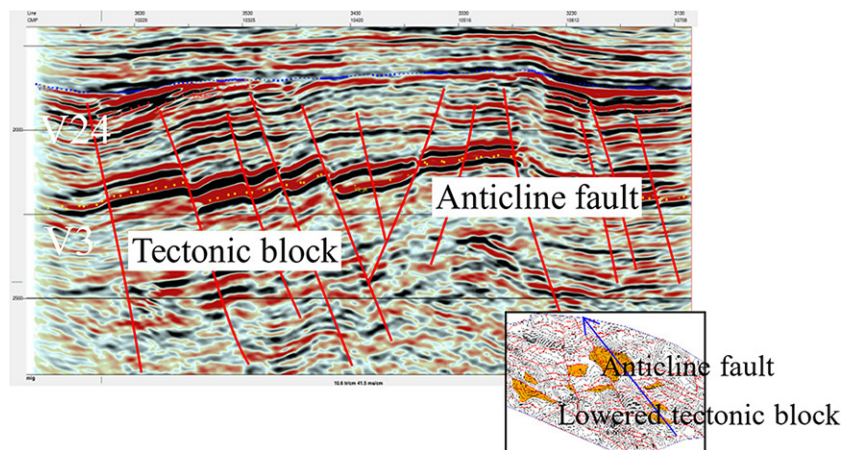


Figure 4 – Diagram of the configuration of tectonic faults in the Triassic deposits

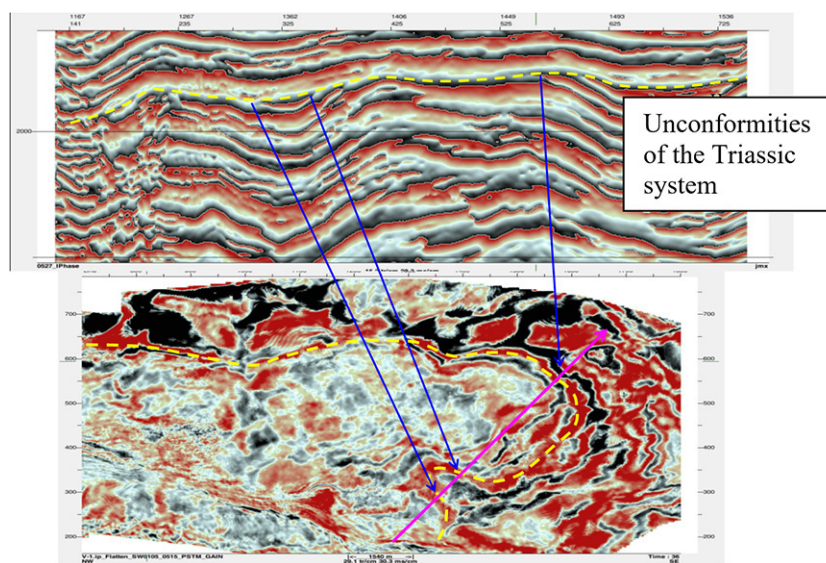


Figure 5 – Section of the instant phase and isochronous section of deposits in the survey area

noticed in the main part of the structure of the survey area, all tectonic faults are discharges of small sizes, according to which the amplitude of the discharges is about 10 m, the length is short. In the southern part of the survey area, thrust faults were observed that cut up and cut through the Triassic upwards, and their length was relatively large (Figure 6).

Faults in the Triassic sediments are more developed than in the Jurassic sediments. The area developed 4 types of faults. In this case, the main faults: large size, the main faults have a sub-latitudinal strike, the inclination is large, limit the breakdown of structural zones; branched faults have a submeridional strike, the inclination is large, the amplitude is small, and the zone of fault horsts of the structural base is cut off. Discharges accompanied by faults, the extension of which parallel to the shear zone limits the compressed anticline. Small faults which have a strike is perpendicular to the branched shifts, they limit the configuration of local structures.

Conclusion

Geophysical and geological studies of this area from the scientific point of view expand the understanding of extracting information of the detailed structure of the studied object with transition from the dynamic characteristics of the wave field to the geological characteristics of the object: facies composition, reservoir properties, HC content, etc. The combination of well data and the results of the kinematic and dynamic interpretation of seismic data makes it possible to construct a geological model of the studied object, which is not an integral part of the study in the geology of oil and gas.

Within the industrial framework, seismic data helped to detail the structural body and the tectonic model of the research area, which provides the basis for adjusting the approach to the development of the oil reservoir and assessing the exploration potential of the area in-depth. The main target horizons are a structural type reservoir that determines the

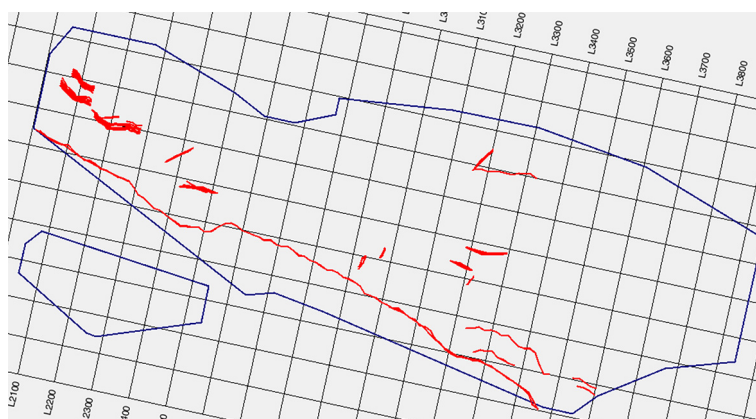


Figure 6 – Superposition of the fault system for the Jurassic interval

distribution of oil, water and gas. However, it is necessary to consider the influence of the reservoir on the prevalence of hydrocarbons and the production rate of each individual well.

It is proposed to carry out a comprehensive study of seismic, geological and dynamic data for each productive horizon, to make a detailed analysis and

to assess the effectiveness of field development, and predict areas rich in residual oil. It is recommended to continue further geological research with the aim of identifying traps, understanding the formation of deposits, optimizing the development of facilities and locations for new wells.

REFERENCES

1. Geological structure and oil and gas potential of the platform part of the Caspian Sea. – 2017. – <https://neftegaz.ru/science/development/331536-geologicheskoe-stroenie-i-neftegazonosnost-platfomennoy-chasti-kaspiyskogo-morya/>
2. Features of the geological structure and prospects for the exploration of new oil and gas deposits in the Mesozoic deposits of the Mangyshlak basin, KAZENERGY. – 2006. – No. 4.
3. Jing Wu, Donghong Zhou, Dingyou Lv, Chengmin Niu, Dianbo He, Guoying Li, and Xiaoyuan Wang. Structural interpretation of inner buried hill under restricted data availability – A case study in KL-X area, Bohai Bay Basin. – Technical program SEG Denver Expanded Abstracts. – 2014.

Сейсмикалық интерпретация және бағалау құрылымдық факторы. Маңғышлақ бассейні мысалында

^{1,2}**ЖУМАБЕКОВ Арслан Кайратович**, докторант, zhak28@gmail.com,

^{1*}**ПОРТНОВ Василий Сергеевич**, т.ф.д., профессор, vs_portnov@mail.ru,

²**ЛИУ ЧЖЭН**, PhD, профессор, liuzhenjr@163.com,

¹Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

²Қытай мұнай университеті, Қытай Халық Республикасы, 102249, Пекин, Фу Сюе Лу көшесі, 18,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақалада құрылымдық факторды, атап айтқанда Маңғышлақ бассейні мысалында кейіннен интерпретация және бағалаумен сейсмикалық мәліметтер қарастырылған. Зерттеудің мақсаты – сейсмикалық интерпретация, оның көмегімен бассейнің құрылымдық түрін анықтауға болады. Бұл зерттеу мұнай қоймаларын және барлық мақсатты аймақты жақсартуды қамтамасыз ете алады. Бұрын зерттелген мәліметтер негізінде тектоникалық элементтердің дамымағаны анықталды. Құрылымдық морфологияның мұрағаттық материалдары зерттеу аймағының юра аралықтарындағы негізгі мақсаттық горизонттар кіші ендік бағытта ұзын осі бар антиклиналь түрінде ұсынылғанын көрсетті. Сондай-ақ құрылымдық жағынан барлық көкжиектің морфологиясы мұра болып табылады. Тектоникалық бұзылыстардың құрылымдық сипаттамалары мен белгілерін талдағаннан кейін авторлар сейсмикалық интерпретация мәліметтерді көрсетті.

Кілт сөздер: Маңғышлақ бассейні, сейсмикалық, интерпретация, құрылым, горизонттар, тектоникалық, бұзылыстар.

Сейсмическая интерпретация и оценка структурного фактора на примере Мангышлакского бассейна

^{1,2}**ЖУМАБЕКОВ Арслан Кайратович**, докторант, zhak28@gmail.com,

^{1*}**ПОРТНОВ Василий Сергеевич**, д.т.н., профессор, vs_portnov@mail.ru,

²**ЛИУ ЧЖЭН**, PhD, профессор, liuzhenjr@163.com,

¹Карагандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

²Китайский нефтяной университет, Китайская Народная Республика, 102249, Пекин, ул. Фу Сюе Лу, 18,

*автор-корреспондент.

Аннотация. В статье рассмотрены сейсмические данные с последующей интерпретацией и оценкой структурного фактора, а именно на примере Мангышлакского бассейна. Целью исследования является проведение сейсмической интерпретации, с помощью которой можно выявить структурный тип бассейна. Данное изучение может обеспечить улучшение разработки нефтяных коллекторов и всего целевого участка. На основе ранее изученных данных выявлено, что тектонические элементы не развиты. Архивные материалы структурной морфологии показали, что основные целевые горизонты в юрском интервале исследуемого района представлены в форме антиклинали с длинной осью в субширотном направлении. Также в структурном отношении морфология по всем горизонтам имеет унаследованный характер. Анализ характеристик структуры и признаков тектонических нарушений позволил произвести интерпретацию сейсмических данных.

Ключевые слова: Мангышлакский бассейн, сейсмика, интерпретация, структура, горизонт, тектоника, нарушения.

REFERENCES

1. Geological structure and oil and gas potential of the platform part of the Caspian Sea. – 2017. – <https://neftegaz.ru/science/development/331536-geologicheskoe-stroenie-i-neftegazonosnost-platformennoy-chasti-kaspiyskogo-morya/>
2. Features of the geological structure and prospects for the exploration of new oil and gas deposits in the Mesozoic deposits of the Mangyshlak basin, KAZENERGY. – 2006. – No. 4.
3. Jing Wu, Donghong Zhou, Dingyou Lv, Chengmin Niu, Dianbo He, Guoying Li, and Xiaoyuan Wang. Structural interpretation of inner buried hill under restricted data availability – A case study in KL-X area, Bohai Bay Basin. – Technical program SEG Denver Expanded Abstracts. – 2014.

Методические принципы геофизического исследования оползневых территорий в условиях лесостепной зоны Украины

¹**ВЫЖВА Сергей Андреевич**, д.геол.н., профессор, зав. кафедрой, vsa@univ.kiev.ua,

¹**ОНИЩУК Виктор Иванович**, к.геол.н., доцент, vitus16@ukr.net,

¹**ОНИЩУК Иван Иванович**, к.геол.н., старший научный сотрудник, oivan1@ukr.net,

¹**РЕВА Николай Васильевич**, к.ф.-м.н., доцент, mvreva@gmail.com,

¹Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко, Институт геологии, Украина, 03022, Киев, ул. Васильковская, 90,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Рассмотрены особенности применения геофизических методов исследований при изучении оползневых территорий правобережья р. Днепр в пределах лесостепной зоны Украины. Приводятся геолого-геофизические модели оползневых участков. Выделены задачи, которые ставятся при специализированных исследованиях оползней и определены геофизические методы их решения. Выделены три этапа специализированных исследований оползневых процессов: рекогносцировочно-методический, детальный, мониторинговый и определены комплексы геофизических методов для этих этапов. Для примера приведены некоторые результаты геофизических исследований, выполненных в пределах правого берега р. Днепр на Трипольском участке вблизи Трипольской теплоэлектростанции. Отмечено, что рациональный комплекс геофизических методов при исследовании оползневых процессов определяется для каждой отдельной природной обстановки (отдельного участка), с учетом: возможности выполнения полевых исследований отдельным геофизическим методом на данном участке; наличия дифференциации пород по физическим свойствам, используемой конкретным геофизическим методом; экономической эффективности применения данного геофизического метода.

Ключевые слова: инженерная геофизика, оползни, исследования, электрическое сопротивление, зондирование, разрез, модель.

Введение

В последнее время населенные территории привлекают внимание в связи с необходимостью оценки риска проявления опасных природных и природно-техногенных явлений и процессов, представляющих угрозу для безопасного проживания человека и функционирования объектов хозяйственной инфраструктуры. При этом наиболее существенными природными процессами (относительно их опасности) являются как процессы эндогенной группы – современные медленные тектонические (вертикальные и горизонтальные) и сейсмические движения земной коры, активизация криповых движений по разломам, так и процессы экзогенной группы – гравитационные (оползни), эрозионные, суффозионно-просадочные и заболачивания.

Следует отметить, что среди экзогенных геологических явлений оползневые процессы относятся к категории наиболее опасных и широко распространенных. Вследствие цикличности активизации и катастрофичности проявлений

оползневые процессы создают постоянную угрозу возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного, природного и техногенно-природного характера. Изучать их – значит определять те последовательные изменения состава и свойств горных пород, выражающие некоторые объективные закономерности, без знания которых невозможно достижение главной цели – научного прогноза развития оползневых процессов. Региональное изучение оползневых процессов базируется на анализе инженерно-геологических условий территории, истории ее геологического развития, климатических условий, а также отдельных космических факторов – цикличности солнечной активности, взаимного местонахождения Земли, Луны и Солнца и т.п.

Геофизические методы применяются для изучения гидрогеологических и инженерно-геологических условий оползневого участка, влияния их на экологическую обстановку и объекты хозяйственной инфраструктуры. При этом изучаются закономерности изменений во времени различ-

ных геофизических полей и параметров среды, которые отражают особенности развития оползневых процессов. Объективная оценка оползневой опасности территорий требует решения целого ряда задач. Основными из них являются: определение строения склона, его состава, состояния, свойств, условий залегания и геометрических параметров отдельных толщ горных пород, их водонасыщения и режима подземных вод. Решение этих задач вместе с данными о климатических и гидрологических условиях района, материалами о техногенных нагрузках и истории развития оползня служат основой для проведения расчетов устойчивости склона.

Основное внимание при этом обращается на подробные экогеофизические исследования верхней части разреза (ВЧР) – приповерхностной части геологической среды мощностью в десятки, реже первые сотни метров. Она включает почвы, горные породы, поверхностные, грунтовые и подземные воды, экзогенные физико-геологические явления (оползни, карст и т.п.). ВЧР в наибольшей степени подвергается воздействию экзогенных (атмосферных, поверхностных) и техногенных (физико-химических, энергетических) процессов, а также эндогенных (внутриземных) факторов. ВЧР часто характеризуется экстремальным проявлением как природных процессов – резкой геологической и петрофизической неоднородностью среды в пространстве и времени, так и процессов техногенного характера – аномальным проявлением различных искусственных физических полей. Особенностью верхней части геологической среды, претерпевающей значительные техногенные нагрузки, является ярко выраженная зависимость всех ее характеристик от координат точек наблюдений, поскольку свойства и состояние почв и горных пород верхней части разреза заметно меняются от точки к точке как по латерали, так и по вертикали. Резко меняется в пространстве и времени также поведение различных геофизических полей.

Прогнозирование оползневых участков базируется на изучении микродинамики напряженных масс пород, что находит отражение в измеренных геофизических полях. Применение геофизических исследований позволяет обследовать большие площади при детальности наблюдений, которая недоступна для прямых методов инженерно-геологических изысканий с использованием бурения большого количества скважин. Они дешевле прямых методов и могут быть выполнены в более короткие сроки. Благодаря всестороннему анализу исследуемой системы и массовому характеру наблюдений геофизическая информация наиболее полно обеспечивает возможность моделирования, которое является необходимым элементом инженерно-геологического мониторинга оползневых процессов.

Мониторинговые инженерно-геофизические исследования при изучении оползней предназна-

чены для натурального наблюдения за изменениями геологической среды в зоне развития оползневых процессов [1, 2]. Полученные геофизические материалы используются для принятия научно-технических решений на проведение оптимальных защитных инженерно-технических мероприятий. Необходимость и обязательность специализированных геолого-геофизических исследований в районе оползневых территорий с целью прогнозирования возможных геоэкологических изменений окружающей среды следует из многочисленных просчетов в обосновании строительства и эксплуатации различных природно-техногенных систем.

Следует отметить, что пренебрежение организацией мониторинговых инженерно-геофизических и экогеофизических исследований оползнеопасных территорий повышает риски катастрофического развития ситуации. Значительное количество аварий, происшедших вследствие резкой активизации оползневых процессов, приводит к гибели людей и потере материальных ценностей.

Существует ряд публикаций, посвященных применению методов геофизики для изучения оползневых процессов [1-5], однако их систематические специализированные геофизические исследования, а тем более геофизический мониторинг, практически проводятся достаточно редко. В основном, по возможности, используются материалы геофизических съемок, выполненных ранее на площади исследований с целью геологического картирования и поисков месторождений полезных ископаемых. Следует отметить о незначительном количестве публикаций на эту тему с демонстрацией практических примеров применения геофизических методов для изучения оползней.

Статья посвящена анализу методических особенностей геофизических исследований при изучении оползней и приведены результаты комплексных геоэлектрических исследований верхней части разреза характерных оползневых участков в районе с. Гребени и Витачев Киевской области на правом берегу р. Днепр в условиях лесостепной зоны Украины. Следует отметить достаточно сложные геоэлектрические условия исследований, связанные с естественной обстановкой и в целом слабо дифференцированным геоэлектрическим разрезом, что требовало повышенной точности полевых измерений, применения статистических методов обработки и новых подходов к интерпретации полевых геофизических данных.

Геолого-геофизические модели оползневого массива

Геологическая обстановка, влияющая на возникновение оползней, определяется условиями залегания, свойствами и состоянием коренных пород и перекрывающих их более молодых обра-

зований. В первую очередь обращают внимание на выделение в пределах склонов геологических тел, которые по своим геотехническим показателям являются наиболее склонными к оползневым процессам. Это преимущественно глинистые породы с высокими коэффициентами пластичности, которые характеризуются электрическими сопротивлениями, не превышающими первых десятков Ом·м.

На развитие всех типов оползней значительное влияние оказывают особенности залегания и движения подземных вод. Водонасыщение пород способствует резкому снижению их электрического сопротивления. Поэтому необходимо изучать грунтовые, пластовые и трещинные воды, выклинивающиеся в пределах склонов. Особенно важным фактором, от которого зависит поступление воды к склоновым отложениям, является наличие и положение региональных водоупоров.

В процессе геолого-геофизического изучения оползневых массивов важно выяснить детали их строения. Необходимо иметь в виду, что для оползневых массивов характерно разнообразное сочетание той или иной степени контрастных различно ориентированных границ раздела с постепенным градиентным изменением физических свойств.

Следует отметить, что образование оползней – это динамический процесс, который на каждой стадии своего развития определяется совокупностью различных природных факторов, приводящих к нарушению устойчивости склонов.

Важнейшей особенностью геолого-геофизической модели (ГГМ) оползневого массива является наличие поверхности (зоны) скольжения. В этой зоне естественная структура породы испытывает наибольшие изменения. Нарушаются присущие горной породе связи, меняется ее структура, повышается содержание и минерализация поровой влаги. Эти изменения отражаются в изменении ряда геофизических параметров, в частности электрического сопротивления и скоростных характеристик пород. Установлено, например, что значение сопротивления проб воды в зоне скольжения в 1,5-2 раза ниже сопротивления, характерного для подземных вод исследуемого участка.

Повышение минерализации в данном случае – результат, главным образом, гидратации глинистых минералов, чему способствует перетирание и интенсивная механическая переработка пород. Наиболее существенно возрастает электропроводность материала, составляющего зону скольжения породы (типа аргиллитов, сланцев, глинистых песчаников) и в меньшей степени глины с высокими показателями пластичности. Также четко проявляется в этой зоне уменьшение скоростей продольных и поперечных волн и рост коэффициентов их поглощения. Каждое последующее перемещение оползневого массива нарушает нормальное состояние пород в зоне скольжения, соответственно приводит к изменению их элек-

трических и скоростных параметров. При этом образуется среда с градиентным, постепенным изменением физических свойств [1-5].

Также происходят интенсивные изменения пород, слагающих основное тело оползня. Смещаясь по склону, эти породы механически разрушаются и становятся менее устойчивыми, их электрическое сопротивление снижается. Существенно различаются значения электрических сопротивлений пород тела оползня и однотипных образований за его пределами.

Скорости распространения упругих волн в лессовых породах на деформированных склонах могут быть на 40-60% ниже, чем на устойчивых участках, расположенных за пределами смещения. Сложный характер движения оползня создает разнообразные сочетания зон сжатия и растяжения, которые наиболее четко проявляются в упругих параметрах. Оползневое тело отличается анизотропией всех геофизических параметров. Основу анизотропии составляет трещиноватость, которая является одной из наиболее характерных особенностей оползневых массивов. Четко проявляется анизотропия в молодых активных оползнях. Это явление эффективно изучается электрическими и сейсмоакустическими исследованиями.

Большинство оползней принадлежит к пластическим и структурным типам. Для первых характерно смещение масс горных пород в более или менее однородном их массиве по поверхности скольжения. Во втором – происходит сползание блоков пород по ослабленным контактам между наклонными слоями пород. В особую группу выделяются оползни в лессовых породах, которые широко развиты в степной и лесостепной зонах, в частности на правобережье р. Днепр в пределах Киевской области [1, 3]. Оползневые явления в этих отложениях тесно связаны с резким уменьшением их механической прочности при размокании и дальнейшей дезинтеграции.

Пластические сдвиги образуются в однородных породах, отличающихся обычно сниженными электрическими сопротивлениями ($\rho = 5-60$ Ом·м) и скоростями распространения продольных и поперечных упругих волн ($V_p = 500-1700$ м/с, $V_s = 200-600$ м/с). Физические свойства самого оползня определяются степенью разрушенности пород его тела, наличием трещин и их заполнителем, напряженным состоянием пород, мощностью зоны аэрации, обводненностью отдельных частей оползня и некоторыми другими факторами.

Специфическими особенностями характеризуется приповерхностный слой оползневых массивов, находящийся под интенсивным воздействием процессов выветривания. Он отличается очень низкими значениями скоростей упругих волн и высоким коэффициентом их поглощения. Его удельное электрическое сопротивление на одном и том же участке может меняться от 5-10 Ом·м (в период дождей) до 100-200 Ом·м в засуш-

ливое время года. Выполненные исследования позволяют полагать, что физические свойства, в том числе упругие и электрические, в зонах интенсивного выветривания меняются с глубиной по закону, близкому к экспоненциальному.

В зоне аэрации оползня значения электрических сопротивлений заметно превышают этот параметр тех же пород за пределами оползня и в редких случаях примерно равны им. Скорости сейсмических волн почти не отличаются от характерных для тех же пород в коренном залегании. Граница между зоной аэрации и полного водонасыщения обычно носит размытый характер, причем особенности изменения параметров здесь зависят от степени развития «капиллярной каймы».

Структурные оползни отличаются особенностями поверхностей скольжения, которые приурочены к ослабленным зонам на границах между геологическими телами. Эти поверхности могут быть плоскими, наклонно-ступенчатыми и в отдельных случаях волнистыми.

Повсеместно распространены оползни, возникающие в результате смещения делювия по наклонным поверхностям коренных пород. Особенно часто встречаются оползни такого типа в Карпатах. В большинстве случаев их можно успешно изучать геофизическими методами. В зоне аэрации в пределах толщи делювия поведение электрических и сейсмических параметров в целом аналогично характерным особенностям этих параметров в оползневых телах пластичных пород. Особенность данного вида оползней заключается в контрастном характере границы раздела между породами, которые смещаются, и породами коренного ложа. При этом скорости продольных V_p и поперечных V_s волн в коренных породах в основном имеют повышенные значения. Электрическое сопротивление возрастает, когда ложе сложено скальными слабо выветренными породами, в случае глинистых коренных пород – оно уменьшается. Для полускальных коренных пород соотношение сопротивлений зависит как от их состава, так и от состава, состояния и степени обводненности оползневых толщ.

Другой тип ГГМ структурных оползней встречается в моноклинально наклонных слоистых массивах коренных пород. Их сползание происходит в виде блоков по прослойкам пластических (чаще всего глинистых) пород, отличающихся низкими величинами скоростей упругих волн и электрических сопротивлений. Благодаря незначительной толщине подобные прослойки только в редких случаях отражаются в измеряемых на поверхности склона геофизических полях. В то же время на каротажных диаграммах (при наличии скважин) они четко фиксируются практически всеми регистрируемыми параметрами.

Анализ ГГМ оползневых массивов свидетельствует о том, что, используя какой-нибудь один геофизический параметр, далеко не всегда удается получить достоверную и достаточную инфор-

мацию. Поэтому для изучения оползней целесообразно применять комплекс геофизических методов и определять комплексные показатели, расчет которых предусматривает представление результатов всех отдельных методов в равнозначных безразмерных величинах показателей контрастности. Таким путем, в частности, удастся выделять маломощные увлажненные зоны в нижних слоях лессовых пород, а также зоны с низкой степенью нарушенности. Использование комплексной функции безразмерных параметров [3] способствует успешному изучению полей влажности и деформации в оползневых массивах, что повышает надежность и обоснованность их выделения.

Задачи и комплекс геофизических исследований оползней

Изучение оползневых процессов является одной из самых сложных задач для инженерной геофизики, поскольку исследования необходимо выполнять на достаточно крутых склонах, а зона сдвига характеризуется значительной изменчивостью геофизических параметров. Размеры исследуемого участка (поперечные размеры смещения) обычно небольшие, что затрудняет проведение наблюдений по стандартной методике.

Опыт геофизических исследований оползневых массивов показывает, что они крайне неоднородны по всем своим показателям как по площади, так и по глубине. Как отмечено выше тело оползня отличается анизотропией всех геофизических параметров. В основе этого явления лежит трещиноватость, которая служит одной из наиболее характерных особенностей оползневых массивов.

При изучении оползневых участков с помощью геофизических методов решаются следующие основные задачи.

1. Определение внешних границ оползня и границ отдельных его блоков.
2. Определение глубины залегания поверхности (зоны) смещения.
3. Расчленение тела оползня (в плане и разрезе) на отдельные комплексы пород, которые отличаются по литологическому составу, степени трещиноватости и напряженному состоянию.
4. Определение положения уровня грунтовых вод и верховодки, направления и скорости движения фильтрационного потока.
5. Оценка состояния оползневого склона, изучение водно-физических и физико-механических свойств пород тела оползня и коренного ложа.
6. Организация геофизического канала мониторинга оползневых процессов, изучение их динамики, прогнозирование развития негативных изменений и выдача рекомендаций для принятия защитных инженерно-технических мероприятий.
7. Наблюдение за эффективностью противооползневых инженерно-технических мероприятий, включающее оценку качества работы дренажных систем, подпорных стен, искусственного

закрепления грунтов и тому подобное.

Геофизическим исследованиям оползневых участков присущи следующие специфические особенности.

1. Объектом изучения служит верхняя часть разреза – геологическая среда, которая имеет свою структуру, вещественно-литологический состав, петрофизические и водно-физические особенности. При этом постоянно меняются ее физические свойства.

2. Информативные аномалии наблюдаются на фоне очень высокого уровня различных помех, что влечет за собой, с одной стороны, необходимость выполнения большого количества высокоточных измерений, а с другой – требует гибкого комплексирования геофизических методов с инженерно-геологическими и гидрогеологическими исследованиями.

3. Достаточно густая сеть наблюдений, которая соответствует масштабу 1:2000 – 1:5000 и определяется конкретной геолого-геофизической обстановкой района работ и поставленными задачами.

4. Наблюдения выполняются в максимально сжатые сроки, чтобы избежать ошибок, вызванных собственно оползневым процессом.

5. Наряду с наземными широко используются наблюдения во внутренних точках среды (каротажные методы). Особенно велика роль этих исследований в решении такой задачи, как определение поверхности (зоны) смещения сдвига и наблюдение за ее состоянием.

6. При мониторинговых исследованиях первый цикл наблюдений выполняется в период относительной стабилизации оползня, а последующие – в периоды активизации процесса. Для надежного прогнозирования развития оползневых процессов необходимо провести минимум три цикла наблюдений.

7. Необходимо выполнять комплексный анализ всей геолого-геофизической информации с тесной увязкой материалов различных геофизических методов.

Выделяют три этапа геофизических исследований оползней – рекогносцировочно-методический, детальный и мониторинговый. На рекогносцировочно-методическом этапе исследований выполняются дистанционные геофизические съемки (радиолокационная, радиотепловая и т.п.) и комплексные геофизические наблюдения на отдельных профилях. По материалам этих исследований определяются общие геофизические особенности района работ, оценивается эффективность отдельных геофизических методов и разрабатывается их рациональный комплекс для проведения детальных работ.

На этапе детальных исследований проводятся комплексные наземные и каротажные наблюдения по системе профилей. По материалам этих исследований решаются задачи, поставленные в техническом задании, определяются геофизические параметры и геолого-геофизические моде-

ли оползневых участков, даются рекомендации по принятию защитных инженерно-технических решений. Анализ этих данных позволяет сделать также выбор соответствующих (ключевых) профилей и точек для организации мониторинговых наблюдений.

На этапе мониторинговых исследований выполняются режимные геофизические наблюдения за изменениями геофизических полей во времени, которые связаны с динамикой развития оползневых процессов. Кроме того, контролируется эффективность противооползневых инженерно-технических мероприятий. Исследования проводятся комплексом геофизических методов на предварительно выбранных ключевых профилях. Частота циклов геофизических измерений определяется скоростью развития оползневых процессов, конкретной геолого-геофизической обстановкой района исследований. Анализ материалов мониторинговых наблюдений позволяет сделать прогноз развития оползневых процессов, вносить коррективы в ходе выполнения защитных инженерно-технических мероприятий и контролировать их эффективность.

Как отмечалось, оползневые массивы являются крайне неоднородными средами по всем своим показателям как по площади, так и по глубине. Аномалии, вызванные оползневыми процессами, наблюдаются обычно на фоне очень высокого уровня различных помех, что побуждает, с одной стороны, к необходимости получения большого количества высокоточных данных, а с другой – требует гибкого сочетания геофизических методов с инженерно-геологическими и гидрогеологическими способами исследований. В этих условиях выполнение дискретных геофизических наблюдений недостаточной густоты не дает надежных результатов. Кроме того, нерегулярная сеть наблюдений на оползнях может привести к неэффективности исследований. Если по экономическим и техническим соображениям невозможно создать на всей исследуемой площади оползня равномерную густую сеть наблюдений, геофизические исследования выполняются по системам профилей. При этом рекомендуется не менее трех профилей ориентировать сверху вниз вдоль тела оползня. Затем, исходя из размеров оползня, разбивают ряд профилей поперек его тела. Профили геофизических исследований должны выходить за пределы оползня с тем, чтобы дать возможность сравнить параметры устойчивого склона и смещенных оползневых масс.

Для решения задач, связанных с изучением оползневых процессов, комплекс геофизических методов включает дистанционные (аэрометоды), электрометрические, сейсмометрические, эманационные, гравиметрические, магнитометрические, термометрические и каротажные исследования [1, 5]. Следует отметить, что рациональный комплекс геофизических методов разрабатывается с учетом геолого-геофизических и

геоморфологических условий каждого конкретного оползневого участка, а также экономической эффективности исследований.

Дистанционные методы включают радиолокационную и радиотепловую съемки и выполняются на рекогносцировочном этапе. В зависимости от поставленных задач они позволяют осуществить или обобщенное интегральное обследование местности и анализ проявления региональных факторов, или детализацию отдельных участков с целью определения зон развития оползневых процессов. На основе дистанционных съемок и ретроспективной информации по исследуемой территории создается первая приближенная модель массива оползня, которая в дальнейшем конкретизируется и уточняется наземными и скважинными геофизическими методами.

Комплекс электрометрических методов включает: вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) в модификации микроэлектронзондирования (МЭЗ); МЭЗ способом вызванной поляризации; электропрофилирование (симметричное, комбинированное, дипольное); метод естественного электрического поля (ЕЭП); азимутальное структурно-геодинамическое картирование (СГДК-А); метод естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ); метод заряженного тела (МЗТ). С помощью электрометрических исследований решается большинство приведенных выше задач. Основной

объем информации при изучении оползней получают по данным электрических зондирований и электропрофилирований.

Методом МЭЗ при благоприятных условиях изучаются пространственные параметры оползня, определяются системы трещиноватости пород тела оползня (рисунок 1). Лучших результатов методом МЭЗ достигают при изучении оползней выдавливания, срезки и скольжения, где обычно существует четко выраженная поверхность скольжения в глинистых породах, а тело оползня сложено породами, отличающимися повышенной дезинтеграцией.

При решении задач картирования оползневых массивов широко используется электропрофилирование, которое выполняется по направлениям, соединяющим точки электронзондирования, а также заполняет участки между ними. Электропрофилирование выполняется установками, обеспечивающими исследования на двух глубинах – на глубине, соответствующей зеркалу смещения, и на уровне, характеризующему верхнюю часть разреза (главным образом зону аэрации). Оптимальные разносы выбирают по данным предварительно выполненных одиночных зондирований. Целесообразно использовать трехэлектродные или дипольные установки, позволяющие выделять узлолокализованные тела и, в частности, трещиноватые зоны. Наиболее полную объемную геоэлектрическую картину оползневого массива

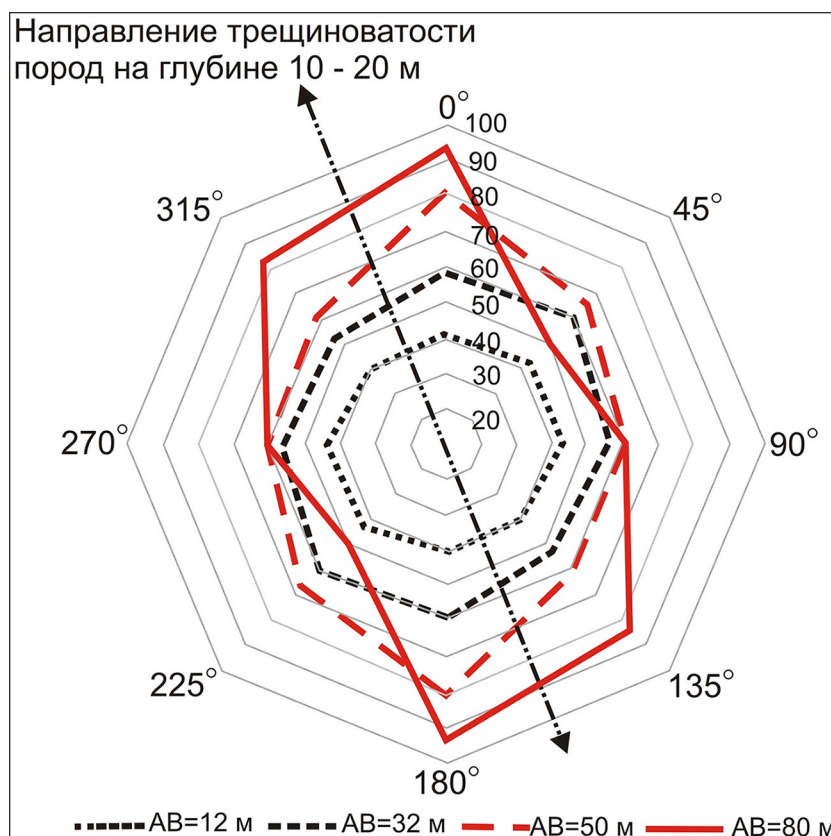


Рисунок 1 – Пример определения трещиноватости оползневых пород с помощью круговых МЭЗ

дают наблюдения, осуществляемые установками, которые представляют собой комбинацию зондирований и профилирования (многоэлектродные электротомографические установки [7]).

Кроме наблюдений с использованием искусственных электрических полей, на оползневых массивах проводят исследования методом естественного электрического поля, характеризующие поведение геофильтрационных процессов. Как правило, методом ЕЭП оконтуривают породы разного литологического состава или структуры, зоны инфильтрации поверхностных вод и атмосферных осадков и зоны разгрузки подземных вод, благодаря чему этим методом могут осуществляться режимные наблюдения за развитием оползневых процессов.

Методами ЕЭП и МЗТ ведут изучение гидрогеологических особенностей оползня, используя корреляционные связи между электрическими параметрами пород и коэффициентами фильтрации.

Режимными съемками комплексом методов МЭЗ, ЕЭП, МЗТ изучают динамику оползневого массива и отдельных его участков.

Электрометрические методы радиолокационного подповерхностного зондирования (РЛЗ) и естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) [2], которые в последнее время стали применять для изучения оползней, основаны на измерении характеристик переменных электромагнитных полей искусственного и естественного происхождения. По сравнению с другими геофизическими методами радиолокационный метод имеет высокое разрешение по вертикали, которое определяется длиной (продолжительностью) зондирующего сигнала. Чем короче сигнал, тем выше разрешающая способность метода. В основе метода ЕИЭМПЗ лежит эффект генерации электромагнитных импульсов горными породами при воздействии на них механических напряжений.

Электрометрические методы по значительным объемам решаемых специфических задач, экспрессностью и возможностью их выполнения в сложных геоморфологических условиях являются наиболее универсальными и эффективными при детальном изучении оползневых участков.

Сейсмометрические исследования выполняются корреляционным методом преломленных волн (КМПВ) с использованием как продольных, так и поперечных волн. Метод КМПВ основывается на регистрации и прослеживании (корреляции) первых и последующих вступлений продольных, а также поперечных преломленных волн. С помощью этого метода решаются задачи, связанные с изучением строения оползня: определение его внешних границ, даже в тех случаях, когда они явно не выделяются по геоморфологическим признакам, глубины залегания поверхности смещения, а также дается оценка состояния и свойств горных пород. Поверхность скольжения

оползня уверенно картируется сейсмическим методом при наиболее благоприятной ситуации, когда смещение происходит по контакту различных пород. Переход от устойчивой части склона к нарушенному массиву сопровождается существенными изменениями сейсмических характеристик: уменьшением скоростей упругих волн, ростом коэффициентов сейсмической анизотропии за счет ориентированной трещиноватости и особенностей распределения напряжений внутри оползневого массива.

На изучении закономерностей временных изменений состояния и свойств пород основывается принципиальная возможность расчета абсолютных изменений коэффициента устойчивости склона на основе рассчитанных (по определенной сейсморазведкой скоростям продольных V_p и поперечных V_s волн) значений упругих параметров – динамического модуля упругости и коэффициента Пуассона.

Современный уровень систем сбора и регистрации сейсмических данных, а также их обработки и интерпретации позволяют применять для изучения оползневых склонов пространственную или трехмерную съемку.

Высокоточные микромагнитная и гравиметрическая съемки способствуют оперативному картированию границ отдельных оползневых блоков, изучению динамики оползневых процессов. Эманионная съемка в комплексе с азимутальным структурно-геодинамическим картированием (СГДК-А) позволяет выделять и прослеживать зоны трещиноватости (геодинамические зоны). Малоглубинная термометрия дополняет метод естественного электрического поля при изучении гидрогеологических условий участка исследований.

Возможности геофизических методов существенно повышаются при использовании скважинных наблюдений. Применяются методы сопротивления, природного электрического поля, вертикального сейсмического профилирования, межскважинного сейсмического просвечивания, точечный акустический каротаж, гамма-каротаж, нейтрон-нейтронный каротаж, термокаротаж. При этом особенно высокую эффективность имеют сейсмоакустические методы. Геофизическая информация скважинных исследований позволяет определить точные геометрические параметры геологического разреза, физические свойства пород и подземных вод. На основе этих данных устанавливаются корреляционные связи между геофизическими и инженерно-геологическими параметрами.

Следует отметить, что рациональный комплекс геофизических методов при исследовании оползневых процессов определяется для каждой отдельной природной обстановки (отдельного участка). При этом учитывается: возможность выполнения полевых исследований отдельным геофизическим методом с точки зрения рельефа

дневной поверхности участка; наличие дифференциации пород по физическим свойствам, используемым конкретным геофизическим методом; экономическая эффективность применения отдельного геофизического метода и важность решаемых им задач.

Экспериментальные исследования

Для примера приведем некоторые результаты геофизических исследований, выполненных в рамках правого берега р. Днепр на Трипольском участке (район с. Витачев и с. Гребени) вблизи Трипольской теплоэлектростанции.

В результате воздействия водохранилищ активизируются оползневые процессы на правом высоком берегу р. Днепр. На Трипольском участке оползни характеризуются двухэтажным строением – наличием двух террас смещения. Верхняя терраса сложена, главным образом, лессовидными суглинками. Кроме этих суглинков, оползневые почвы представлены также погребенными почвами, флювио-гляциальными песками, моренными суглинками, бурыми глинами. В пределах нижней оползневой террасы оползневые массы во впадинах представлены глинистыми почвами (бурые и пестрые глины), на гребнях – полтавскими и харьковскими песками, наглинком. Поверхность коренного ложа составлена мергелем, глинистым мергелем и наглинком Киевской свиты.

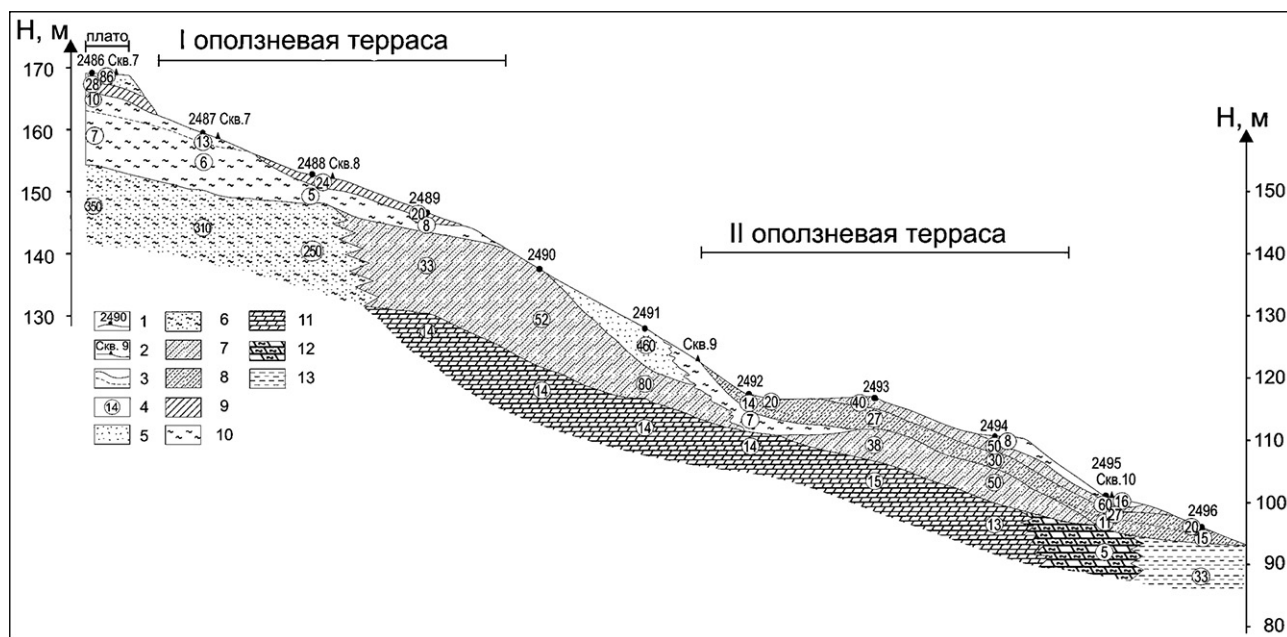
На исследованной территории выделяются несколько водоносных горизонтов: в лессовых от-

ложениях («верховодка»); в слабопроницаемых суглинках и делювий-гляциальных отложениях, залегающих на бурых глинах; в песках харьковской свиты, залегающих на киевских мергелях; оползневых грунтах, имеющих локальное развитие.

Учитывая сложный рельеф местности и экономическую целесообразность, для изучения оползневых тел применялся комплекс геоэлектрических исследований методами микроэлектрондирования (МЭЗ) с шагом 25 м и природного электрического поля (ПЭП) с шагом 10 м на отдельных профилях-створах. По результатам этих исследований составлены геоэлектрические модели оползневых участков по отдельным профилям-створам.

Сопоставление геоэлектрических моделей и геологических разрезов по створам, пересекающим оползневой участок, позволяет сделать вывод о возможности решения следующих задач: изучение строения коренного ложа оползня; определение мощности, состава и фильтрационных свойств оползневых грунтов; выделения водоносных горизонтов (водонасыщенных пород).

На предварительных геологических разрезах, составленных по результатам бурения, показана горизонтально расположенная поверхность киевского мергеля, которая является ложем оползней. Результаты геофизических исследований показали, что поверхность пород киевской свиты не плоская и не горизонтальная (рисунок 2). Притом фиксируется значительная их дифференциация



1 – точки МЭЗ и их номера; 2 – геологические скважины и их номера; 3 – границы геоэлектрических горизонтов; 4 – удельное электрическое сопротивление (ρ), Ом·м; 5 – пески разноразмерные ($\rho > 200$ Ом·м); 6 – пески глинистые и супеси ($\rho = 60-200$ Ом·м); 7 – суглинок легкий с прослойками супеси и суглинка среднего ($\rho = 25-60$ Ом·м); 8 – суглинок средний ($\rho = 15-30$ Ом·м); 9 – суглинок тяжелый ($\rho = 12-15$ Ом·м); 10 – глина ($\rho < 12$ Ом·м); породы киевской свиты: 11 – мергель ($\rho = 12-20$ Ом·м); 12 – глинистый мергель ($\rho < 12$ Ом·м); 13 – наглинок ($\rho = 25-60$ Ом·м)

Рисунок 2 – Геоэлектрическая модель оползня в районе с. Витачев

по электрическому сопротивлению, что свидетельствует о литологической неоднородности пород киевской свиты. Наряду с широко распространенными на участке мергелями, сопротивление которых составляет преимущественно 12-20 Ом·м, встречаются еще две разновидности пород: породы с пониженным удельным электрическим сопротивлением (менее 12 Ом·м) – глинистый мергель; породы с повышенным удельным электрическим сопротивлением (25-60 Ом·м) – наглинок.

В результате интерпретации МЭЗ с достаточной точностью определяется мощность осадочных отложений, склонных к оползневым процессам. По данным геоэлектрических исследований оползневые почвы (породы), залегающие на коренном ложе, весьма не выдержаны по литологическому составу, что достаточно контрастно выражается на геоэлектрических моделях. Существенно преобладают суглинки средние, встречаются мелкозернистые пески глинистые, электрическое сопротивление которых составляет преимущественно от 12 до 30 Ом·м.

Наряду с этим установлены участки распространения песков и глин. Пески и песчаные отложения отличаются повышенным значением электрического сопротивления (50-80 Ом·м). При этом достаточно высокие значения сопротивления характерны для неводонасыщенных песков (сотни Ом·м). Глинистые отложения и глины отличаются сниженными и низкими электрическими сопротивлениями (15-20 Ом·м).

На оползневом участке в районе с. Витачев глины с низким электрическим сопротивлением и низкими фильтрационными свойствами распространены на верхней оползневой террасе и практически отсутствуют на нижней (рисунок 2). На оползневом участке в районе с. Гребени вы-

сокопластичные глины составляют небольшие впадины на теле оползня, как на нижней, так и на верхней террасах (рисунок 3). В целом, на основе геофизических данных установлено преобладание слабопроницаемых отложений. В нижней части они обводненные.

Как отмечалось, водоносные горизонты в оползневых породах имеют локальное, пестрое распространение, что обуславливает развитие водонасыщенных пород, которые отличаются повышенной проницаемостью и играют существенную роль в развитии оползневых процессов.

Согласно геофизическим данным, на оползневом участке с. Витачев распространены преимущественно глины и глинистые породы, а на участке с. Гребени – пески и песчаные породы. В пределах нижней террасы они образуют полосу, которая ориентирована вдоль берега Каневского водохранилища.

По материалам исследований методом ЕЭП определены зоны разгрузки грунтовых вод, которые фиксируются полосовыми отрицательными аномалиями естественного электрического поля интенсивностью до минус 40 мВ.

Выводы. Подытоживая сказанное, следует отметить, что:

1. В общем случае при изучении оползневых процессов комплекс геофизических методов, в зависимости от задач и этапа исследований, включает дистанционные, электрометрические, сейсмометрические, эманационные, гравиметрические, магнитометрические, термометрические и каротажные исследования. Следует отметить, что наиболее универсальными и эффективными по значительному объему решаемых специфических задач при изучении оползневых участков являются электрометрические методы. Выделяют

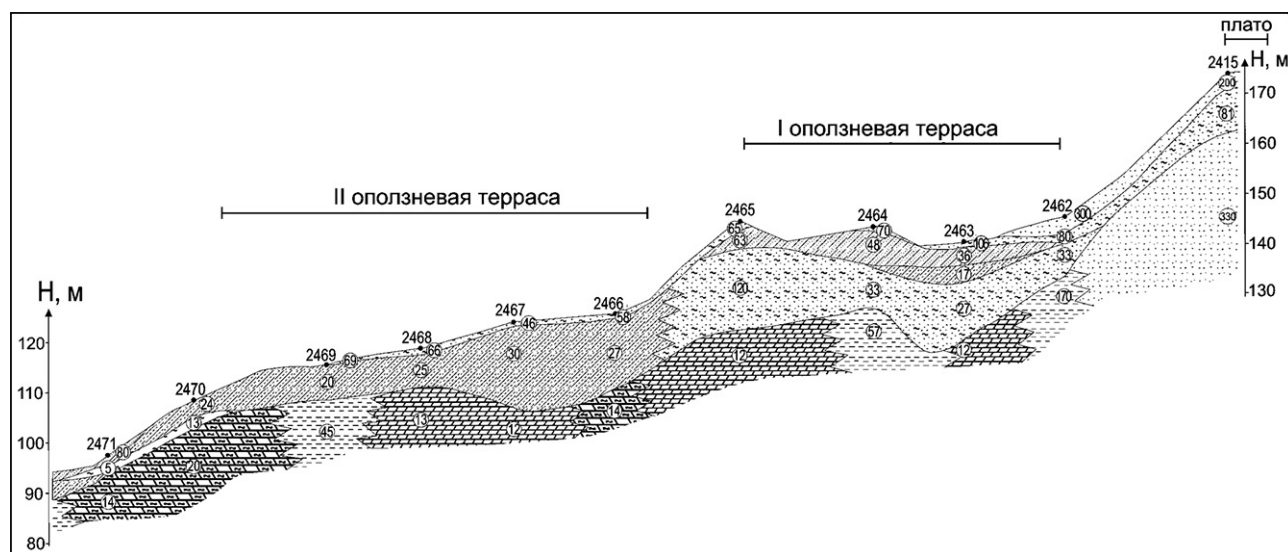


Рисунок 3 – Геоэлектрическая модель оползня в районе с. Гребени (условные обозначения см. на рисунке 2)

три этапа исследований: рекогносцировочно-методический, детальный и мониторинговый. На каждом из этих этапов применяется специализированный комплекс геофизических методов.

2. Целесообразность использования геофизических методов для изучения оползней не вызывает сомнения. Однако следует учитывать то, что рациональный комплекс геофизических методов при исследовании оползневых процессов определяется для каждой отдельной природной обстановки (отдельного участка) с учетом: возможности выполнения полевых исследований отдельным геофизическим методом на данном участке; наличии дифференциации пород по физическим свойствам, используемым конкретным геофизическим методом; экономической эффективности применения данного геофизического метода. В дальнейшем, по мере накопления опыта исследований, возникают более сложные задачи – геофизического изучения динамики оползней.

3. На Трипольском оползневом участке, учитывая сложный рельеф местности и экономическую целесообразность, для изучения оползневых тел применялся комплекс геоэлектрических исследований методами микроэлектронзондирования с шагом 25 м и природного электрического поля с шагом 10 м на отдельных профилях-створах. Геоэлектрические исследования показали высокую эффективность. По результатам этих исследований составлены геоэлектрические модели оползневых участков по отдельным профилям-створам.

4. Применение рационального комплекса геофизических исследований и организация геофизического канала мониторинга оползневых участков является необходимым и экономически оправданным средством для эффективного планирования и выполнения защитных противоползневых инженерно-технических мероприятий с целью избежания экологических аварий и катастроф.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вижва С.А., Онищук В.І., Онищук І.І., Рева М.В. Інженерна геофізика. Підручник. – Київ: ВПЦ «Київський університет», 2018.
2. Кузьменко Е.Д., Блінов П.В., Вдовіна О.П. та ін. Прогнозування зсувів. Монографія. – Івано-Франківськ: Видавництво ІНФТУНГ, 2015.
3. Кузьменко Е.Д., Безсмертний А.Ф., Вдовіна О.П. та ін. Дослідження зсувних процесів геофізичними методами. Монографія. – Івано-Франківськ: Видавництво ІНФТУНГ, 2009.
4. Вижва С., Онищук В., Онищук І., Рева М., Шабатура О. Геофізичні дослідження підтоплення територій міських агломерацій. Вісник Київського університету. Геологія, 2020. – № 4 (91). – С. 6-15.
5. Vyzhva S., Onyshchuk V., Onyshchuk I., Reva M., Shabaturo O. Application of geophysical methods in the study of landslides. – 18th International Conference; Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects, 2019, May 13-16, Kyiv, Ukraine. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201902066>.
6. Vyzhva S., Onyshchuk V., Onyshchuk I., Reva M., Shabaturo O. The mapping of submerged (flooding) lands by geophysical methods. XIII International Scientific Conference: Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment. 2019, November 12-15, Kyiv, Ukraine. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201903225>.
7. Хоменко Р.В., Бондар К.М., Попов С.А. Малоглубинная многоэлектродная электроразведочная установка. Характеристики и результаты опробования // 12-я международная конференция EAGE по геоинформатике. Теоретические и прикладные аспекты. Май 2013, Киев, Украина, [https:// DOI:10.3997/2214-4609.20142422](https://DOI:10.3997/2214-4609.20142422).

Украинаның орманды дала зонасы жағдайындағы көшкін аумақтарын геофизикалық зерттеудің әдістемелік принциптері

¹***ВЫЖВА Сергей Андреевич**, геол.ф.д., профессор, кафедра меңгерушісі, vsa@univ.kiev.ua,

¹**ОНИЩУК Виктор Иванович**, геол.ф.к., доцент, vitus16@ukr.net,

¹**ОНИЩУК Иван Иванович**, геол.ф.к., аға ғылыми қызметкер, oivan1@ukr.net,

¹**РЕВА Николай Васильевич**, ф.-м.ф.к., доцент, mvreva@gmail.com,

¹Тарас Шевченко атындағы Киев ұлттық университеті, Геология институты, Украина, 03022, Киев, Васильковская көшесі, 90,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Өзеннің оң жағалауындағы көшкін аумақтарын зерттеуде геофизикалық зерттеу әдістерін қолдану ерекшеліктері қарастырылады. Днепр Украинаның орманды далалы аймағында. Көшкінді мамандандырылған зерттеулер кезінде геологиялық және геофизикалық модельдері ұсынылған. Көшкінді мамандандырылған зерттеулер кезінде қойылған міндеттер бөлініп, оларды шешудің геофизикалық әдістері анықталды. Жер сілкіну процестерін мамандандырылған зерттеулердің үш кезеңі анықталды: барлау-әдістемелік, егжей-тегжейлі, бақылау және осы кезеңдер үшін геофизикалық әдістердің кешендері анықталды. Мысал ретінде өзеннің оң жағалауында жүргізілген геофизикалық зерттеулердің кейбір нәтижелері келтірілген. Трипольский жылу электр орталығының жанындағы Трипольский учаскесінде Днепр. Жер сілкінісі процестерін зерттеудегі геофизикалық әдістердің ұтымды кешені әрбір жеке табиғи ортаға (жекелеген ауданға) сәйкес анықталатыны ескерілді:

осы аймақта жеке геофизикалық әдісті қолданып далалық зерттеулерді жүргізу мүмкіндігі; нақты геофизикалық әдіспен қолданылатын физикалық қасиеттері бойынша тау жыныстарының дифференциациясының болуы; осы геофизикалық әдісті қолданудың экономикалық тиімділігі.

Кілт сөздер: инженерлік геофизика, көшкін, зерттеу, электр кедергісі, сынау, кесу, модель.

Methodological Principles of Geophysical Research of Landslide Territories in the Conditions of the Forest-Steppe Zone of Ukraine

¹***VYZHVA Sergey**, Dr. Geol. Sci., Professor, Head of Department, vsa@univ.kiev.ua,

¹**ONYSHCHUK Victor**, Cand. Geol. Sci., Associate Professor, vitus16@ukr.net,

¹**ONYSHCHUK Ivan**, Cand. Geol. Sci., Senior Researcher, oivan1@ukr.net,

¹**REVA Nikolay**, Cand. Phys. and Math. Sci., Associate Professor, mvreva@gmail.com,

¹Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology, Ukraine, 03022, Kyiv, Vasylykivska Street, 90,

*corresponding author.

Abstract. The features of the application of geophysical research methods in the study of the landslide areas of the right bank of the Dnieper river within the forest-steppe zone of Ukraine. Geological-geophysical models of landslides are given. The tasks that are posed in studies of landslides were highlighted. There are three stages of specialized studies of landslides were defined: reconnaissance-methodological, detailed and monitoring. Also, sets of geophysical methods for these stages were defined. As an example, we described some of the results of geophysical studies, which were carried out within the right bank of the Dnieper river on the Trypillia site near the Trypillia thermal power plant. It is emphasized that the rational set of geophysical methods in the study of landslide processes is determined for each individual natural environment, taking into account: the possibility of performing field studies by a specific geophysical method on the area; the presence of differentiation of rocks by physical properties, that are used by the specific geophysical method; economic efficiency of application of the geophysical method.

Keywords: engineering geophysics, landslides, research, electrical resistance, probing, cut, model.

REFERENCES

1. Vyzhva S.A., Onyshchuk V.I., Onyshchuk I.I., Reva, M.V. Engineering geophysics. – Kyiv: Bulletin of Kiev University. Geology, 2018, [in Ukrainian].
2. Kuzmenko E.D., Bezsmertnyi A.F., Vdovina O.P. et al. Investigation of landslides by geophysical methods. Monograph. – Ivano-Frankivsk: IFNTUOG Publishing, 2009, [in Ukrainian].
3. Kuzmenko E.D., Blinov P.V., Vdovina O.P. et al. Forecasting of landslides. Monograph. – Ivano-Frankivsk: IFNTUOG Publishing, 2015, [in Ukrainian].
4. Vyzhva S., Onyshchuk V., Onyshchuk I., Reva M., Shabaturo O. Geophysical research of flooding of territories of urban agglomerations. Bulletin of Kiev University. Geology, 2020. – No. 4 (91). – pp. 6-15. [in Ukrainian].
5. Vyzhva S., Onyshchuk V., Onyshchuk I., Reva M., Shabaturo O. Application of geophysical methods in the study of landslides. – 18th EAGE International Conference on Geoinformatics.Theoretical and Applied Aspects, 2019, May 1316, Kyiv, Ukraine. – <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201902066>.
6. Vyzhva S., Onyshchuk V., Onyshchuk I., Reva M., Shabaturo O. The mapping of submerged (flooding) lands by geophysical methods. XIII International Scientific Conference: Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environmen. 2019, November 12-15, Kyiv, Ukraine. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201903225>.
7. Khomenko R.V., Bondar K.M., Popov S.A. Multi-Multinal Multielectrode Electrical exploration. Characteristics and test results. // 12th EAGE International Conference on Geoinformatics.Theoretical and Applied Aspects, 13-16 May 2013, Kyiv, Ukraine, [https://DOI: 10.3997/2214-4609.20142422](https://doi.org/10.3997/2214-4609.20142422).

Analysis of the Environmental Situation in Coal-Mining Areas Using Satellite Data

¹***MUSINA Guzyalia**, post-graduate student, storm2x@mail.ru,

²**OZHIGIN Dmitry**, PhD, Senior Lecturer, ozhigin.dima@mail.ru,

²**OZHIGIN Sergey**, Dr. Tech. Sci., Vice Rector for Research, osg62@mail.ru,

²**DOLGONOSOV Victor**, Dr. Tech. Sci., Associate Professor, vnd070765@mail.ru,

²**OZHIGINA Svetlana**, Cand. Tech. Sci., Senior Researcher, osb66@mail.ru,

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Russia, 630108, Novosibirsk, Plakhotny Street, 10,

²Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

*автор-корреспондент.

Abstract. The development of coal deposits has a negative impact on the ecological situation of natural water objects. For the timely elimination of the consequences of pollution of natural water objects, it becomes necessary to obtain relevant environmental information as soon as possible. The article presents an analysis of the possibility of using space survey data to assess the environmental situation in coal-mining regions. To solve this problem, based on the analysis of literature sources, the AMWI index, was chosen, which characterizes the spectral properties of acidic mine waters. The research was carried out on the example of the territory of the Pavlodar region, where the mining industry is widely developed. The images were taken from the Landsat-8 spacecraft. The results of the assessment of surface water pollution, obtained based on the analysis of long-term series of satellite images for 2015-2019 by comparing multispectral data, are confirmed by information from the reports of ecologists for this period.

Keywords: remote sensing, ecology, coal mine, Landsat, Qgis.

Introduction

Getting up-to-date information about the environment is one of the significant problems in environmental monitoring. In addition, obtaining the necessary information in a fairly short time is also very important. To date, one of the methods of obtaining data that meets these requirements is the use of satellite data. This method allows you to conduct research not only on the surface of the planet Earth, but also the study of the Earth's atmosphere. The application of this method is relevant for the vast expanses of Kazakhstan, located on the continent of Eurasia and covering an area of 2724.9 thousand km².

It is known that the pollution of natural water bodies occurs during the development of coal field. Mine water emissions have a significant negative impact on mining equipment. This negatively affects the conduct of mining operations and, as a result, it leads to a deterioration in the properties of the extracted coal. Contamination of chemical, bacterial and mechanical properties occurs during the opening of coal seams, which are rich in pyrite, and infiltration waters containing oxygen, during the interaction of which sulfuric acid is formed. Acid mine waters contain: calcium, sodium, potassium, magnesium and aluminum sulfates, as well as suspensions and the colloidal phase of carbonate and sulfate precipitation containing a high percentage of sulfate ion (including

free sulfuric acid), iron, aluminum, etc. metals [1].

Research results

The current stage of development of digital technologies leads to a gradual transition from traditional methods of environmental monitoring of territories to innovative methods – remote methods of Earth sensing. Currently, remote Earth sensing methods are widely and actively used at mining companies in urban areas, at hydraulic structures, when servicing open-pit mining operations and performing surveys, mapping and assessing the condition of objects.

The reasons for the development of remote sensing at the present time are the following: firstly, the availability of software for processing satellite data; secondly, everyone can get access to images, both free of charge and on a commercial basis. This allows doing such research not only for professors, but also for schoolchildren, under the guidance of an experienced mentor and the presence of good equipment. For example, satellite data from the NOAA, Terra, Aqua, etc. space programs (KP) of low and medium resolution can be downloaded for free on the server, moreover high and ultra-high resolution data from other space satellites can be obtained from distributors of space data for remote sensing of the Earth.

The American satellite of the Landsat-8 series was launched into outer space in 2013. It is used for remote sensing of the planet Earth. The Landsat-8 spacecraft is equipped with a multi-channel scanning radiometer OLI (Operational Ground Recorder), which operates in 9 spectral ranges together with the Thermal InfraRed Sensor (TIRS) instrument, which uses 4 lenses. The Multichannel Scanning Radiometer (OLI) was created by Ball Aerospace & Technologies Corporation. The multichannel scanning radiometer (OLI) measures in the visible, near-infrared and short-wave infrared parts of the spectrum. The images obtained by the OLI multichannel scanning radiometer have 15-meter (49 ft) panchromatic and 30-meter multispectral spatial resolution in a 185 km (115 mi) wide viewing band. These images cover vast areas of the Earth's landscape. In addition, the mentioned above images provide sufficient resolution that allows you to distinguish between objects such as urban centers, farms, forests and other types of land use. The presence of infrared radiometers TIRS allows you to obtain a «thermal» image of the earth's surface with a resolution of 100 m [2].

The images from the Landsat-8 spacecraft were used to perform an analysis during the assessment of the environmental situation in the coal-mining region of Kazakhstan. The images from the Landsat-8 spacecraft were chosen for the following reasons: firstly, it is the availability of data; secondly, a wide range of tasks to be solved and the coverage of the studied territory (more than 400 scenes). Moreover, the received data is stored in the database of the US Geological Survey and the data is ready for use 24 hours after receipt and they are not limited in the number of copies. Using the US Geological Survey database gives access to satellite images for a significant period of time (50 years). Third, the

preservation of geometry, calibration, coverage, spectral characteristics, image quality and data availability is provided at a level similar to previous Landsat satellites [2].

You can learn about the negative impact of coal mining on the state of natural water bodies by analyzing multispectral satellite data for a certain period of time. Various combinations of spectral channels make it possible to detect the presence of various impurities and mechanical suspensions in the object under study. The deterioration of water properties as a result of anthropogenic interference is an urgent problem for most water bodies. The presence of this process can be detected by comparing the spectral characteristics on a series of multispectral images [3].

The purpose of the study is to determine the possibility of using long-term satellite data series for spectral analysis and assessment of the current environmental situation in Kazakhstan on the example of the coal field.

The research was carried out for the territory of Pavlodar region, which has a developed mining industry. The selection of images was carried out for the period from 2015 to 2019 by visual decryption and assessment of cloud cover on the territory of the object (Figure 1).

The following algorithm was used for processing satellite data:

- binding of geographical coordinates;
- pansharpening (increasing the image resolution);
- atmospheric correction.

These processes are performed using a semi-automatic plug-in classifier module in the Qgis 3.6 software package (Figure 2).

Based on the data of the ArcGIS Pro service, there are several indexes for analyzing the state of natural



Figure 1 – The territory of the coal field under study

water bodies today [4]:

- MNDWI-water difference index (modified);
- NDSI-standardized index of differences in snow cover;
- NDMI-standardized index of differences in the moisture content of the territory;
- NDTI – normalized turbidity index.

To calculate the indices, taking into account the spectral features, the formulas are derived. The MNDWI index is calculated as follows:

$$MNDWI = \frac{GREEN - SWIR2}{GREEN + SWIR2},$$

where GREEN is the spectral brightness coefficient (QX) in the green channel (the wavelength for Landsat data is from 0.52 to 0.6 microns);

and SWIR 2 is the spectral brightness coefficient (KX) of the short-wave infrared channel (the wavelength for Landsat data is from 1.56 to 1.66 microns).

This index is effective and makes it possible to select a water object most accurately, if the coastline is located near any structure.

NDSI is a standardized index of differences in snow cover. The index was developed specifically for the analysis of satellite data of the MODIS series (channels 4 and 6) and Landsat (channels 2 and 5).

This index allows the identification of snow cover with a decrease in the influence of atmospheric effects, without the influence and interference of clouds. The NDSI index is calculated using the following formula:

$$NDSI = \frac{GREEN - SWIR}{GREEN + SWIR},$$

where SWIR is the spectral brightness coefficient (KX) of the short-wave infrared channel (the wavelength for Landsat data is from 1.36 to 1.39 microns);

GREEN is the KX in the green channel (the wavelength for Landsat data is from 0.52 to 0.6 microns).

NDMI is a standardized index of differences in the moisture content of the territory. The index is calculated for tracking and analyzing droughts, fixing the level of combustible materials in fire-hazardous areas. The NDMI index is calculated using the following formula:

$$NDSI = \frac{NIR - SWIR1}{NIR + SWIR1},$$

where NIR is the spectral brightness coefficient (KX) of the near infrared channel (the wavelength for Landsat data is from 0.845 to 0.88 microns);

SWIR1 is the spectral brightness coefficient (KX) of the short-wave infrared channel 1 (the wavelength for Landsat data is from 1.36 to 1.39 microns).

NDTI – normalized algorithm – turbidity index. This index is characterized by the fact that it allows you to calculate the turbidity index of water, as well as to record a decrease in water transparency associated with an increase in the number of inorganic and organic ligatures.

The NDTI index is calculated using the following formula:

$$NDTI = \frac{RED - GREEN}{RED + GREEN},$$

where RED is the spectral brightness coefficient

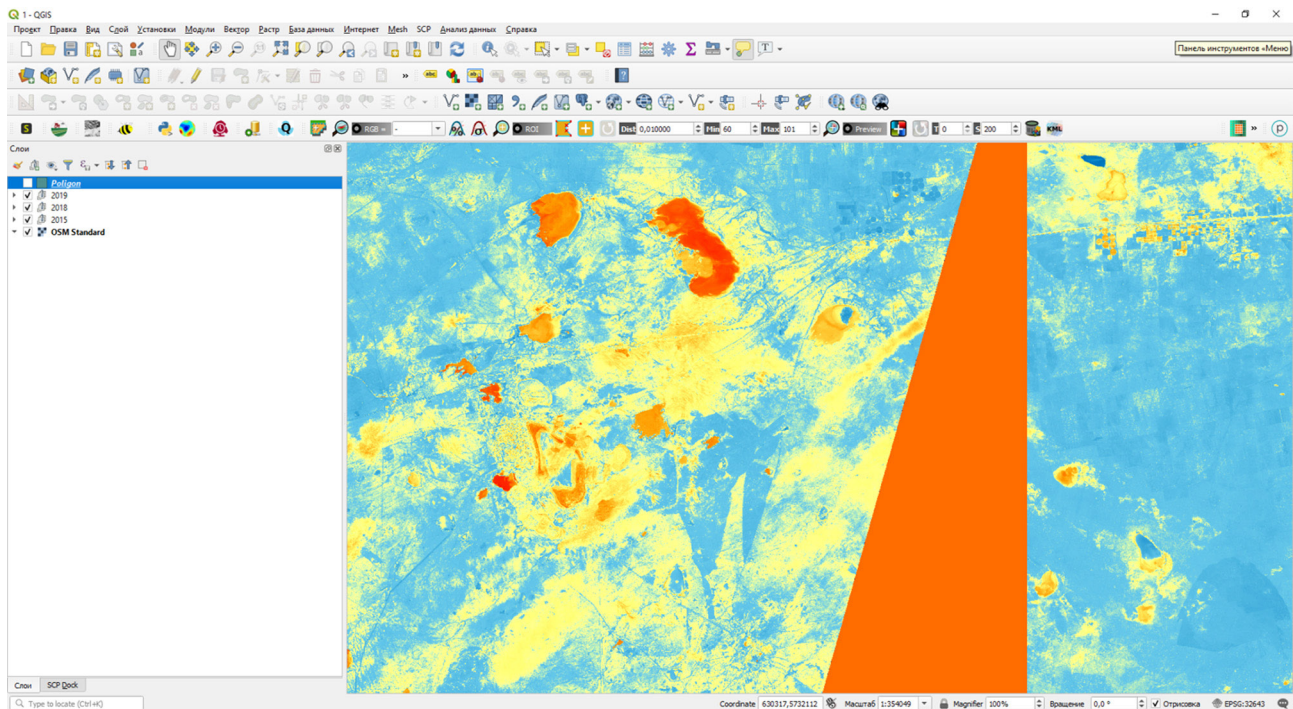


Figure 2 – Image processing in the Qgis 3.6 software package

(QX) in the red channel (the wavelength for Landsat data is from 0.63 to 0.69 microns);

GREEN – the spectral brightness coefficient (QX) in the green channel (the wavelength for Landsat data is from 0.52 to 0.6 microns) [4].

An important task is the correct choice of the most suitable index.

The authors O.A. Berezina, A.N. Shikhov, R.K. Abdullin in their scientific work [5] (on the use of space data for assessing the environmental situation in coal-mining areas) suggest using the AMWI index: «Since a distinctive feature of river water that was exposed to pollution by acid mine waters (AMW) is a sharp jump in the spectral brightness coefficient (SBC) in the ranges from blue to red».

The following formula was developed for calculating the index, when processing satellite data, on the presence of spectral changes characteristic of reservoirs contaminated with acid Mine water (Acid Mine Water Index, AMWI):

$$AMWI = \frac{RED - BLUE}{RED + BLUE},$$

where RED is the spectral brightness coefficient

(SBC) in the red channel (the wavelength for Landsat data is from 0.63 to 0.69 microns);

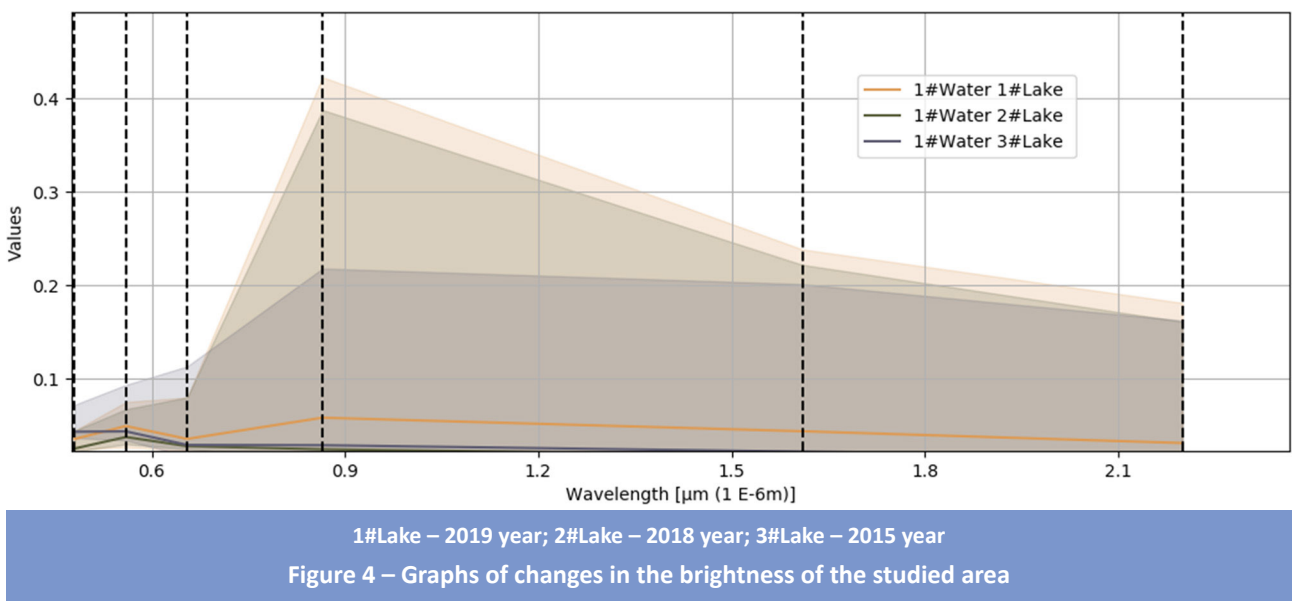
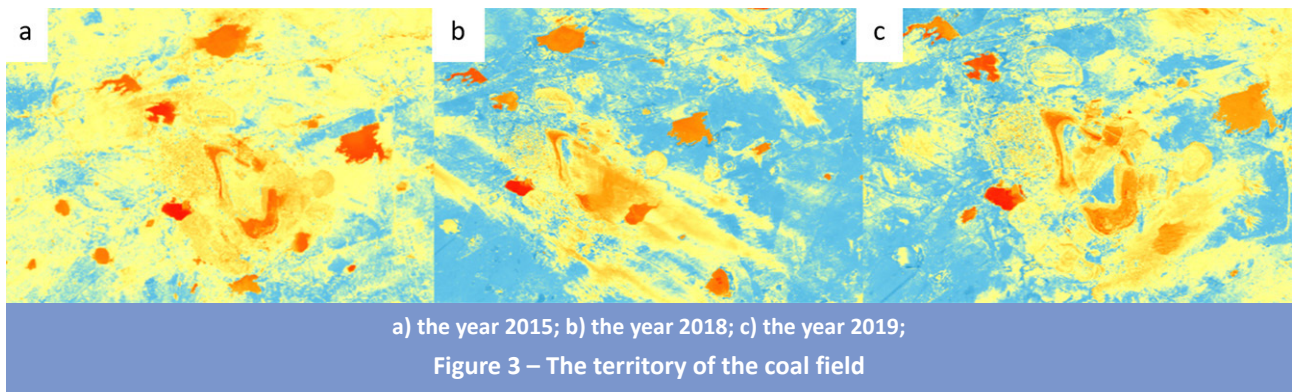
where BLUE is the spectral brightness coefficient (SBC) in the blue channel (the wavelength for Landsat data is from 0.45 to 0.52 microns) [5].

When processing satellite data on the coal-mining area in the Pavlodar region, the AMWI indices were calculated for 2015, 2018 and 2019 (Figure 3).

Graphs of changes in the brightness of the studied area in the red range were obtained based on a visual study of the data obtained in the Qgis 3.6 software package (Figure 4).

The graphs show the dynamics of changes in the brightness indicator in the red range, depending on the year. These data are confirmed by information from the reports of environmentalists.

Ecologists conducted an assessment of the quality of surface water in the Pavlodar region for the period from 2015 to 2019. This assessment demonstrates the dynamics of exceeding the maximum permissible concentrations (MPC) for substances from the group of biogenic substances (iron) and heavy metals (copper), as well as an increase in the BOC indicator 5 (biological oxygen consumption) (Figure 5).



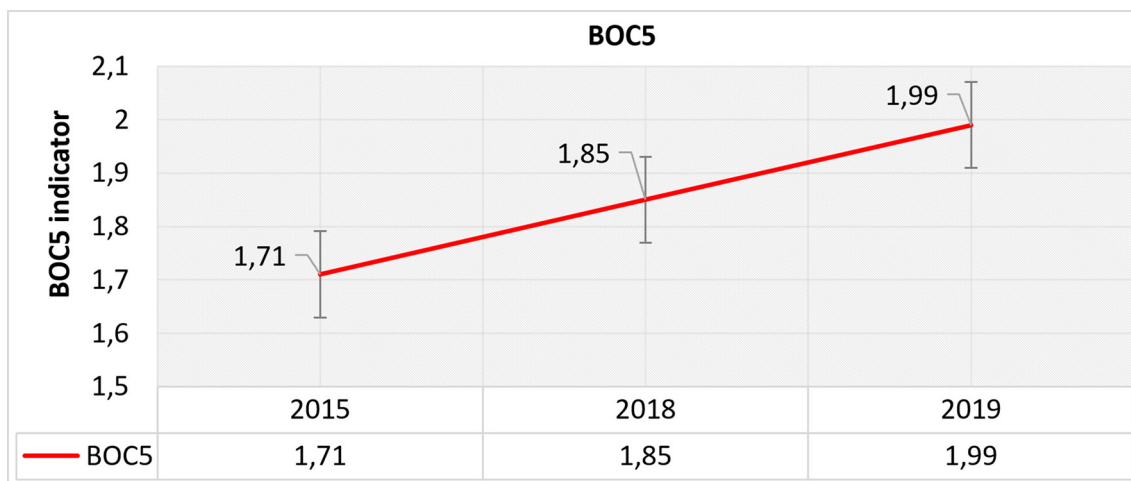


Figure 5 – Graph of changes in the level of the BOC indicator 5

The analysis of the value of the complex index of water pollution (CIWP) was performed to assess the level of surface water pollution. This index was based on the comparison and identification of the dynamics of changes in water quality [6].

Various technologies for the purification of suspended substances from mine (quarry) waters and water waste from coal-processing plants exist in the world. These technologies are used as measures to protect the environment, to neutralize the acidic mine waters of coal fields.

The disadvantages of most of them are the high cost and duration of the neutralization process. The effectiveness of most methods is no more than 40%. Buffer ponds, storage ponds, horizontal settling tanks and their combination are most often cleaned. The content of suspended substances in purified water

can be from 30 mg/l or more [1].

Carrying out cleaning in the winter is a very time-consuming and expensive work, so this is the key moment, because getting up-to-date information in a fairly short time makes it possible to pay attention to the emerging problem in time.

Conclusion

The results of the assessment of surface water pollution, obtained based on the analysis of long-term satellite data series for 2015-2019 by comparing the brightness in the blue and red spectral ranges, are confirmed by information from ecologists' reports for this period of time. Therefore, it can be argued that the use of satellite data to assess environmental pollution by acid mine waters and land degradation is an urgent issue of environmental protection today.

REFERENCES

1. L.F. Dolina. Stochnye vody predpriyatii gornoj promyshlennosti i metody ih ochildki: spravochnoe posobie. – Dnepropetrovsk: Molodejnaya ekologicheskaya liga Pridneprovya, 2000. – 61 p.
2. <https://www.ecorospace.me/Landsat+8.html>.
3. Shovengerdt R.A. Distansionnoe zondirovanie. Modeli i metody obrabotki izobrazhenii. – Moscow: Tehnosfera, 2015. – 592 p.
4. <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/help/data/imagery/indices-gallery.htm>.
5. Berezina O.A., Shihov A. N., Abdullin R. K. Primenenie mnogoletnih ryadov dannyh kosmicheskoi syemki dlya ocenki ekologicheskoi situatsii v ugledobyvaih raionah (na primere likvidirovannogo Kizelovskogo ugolnogo basseina) // Sovremennye problemy distansionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. – 2018. – T. 15, no. 2. – pp. 144-158.
6. <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/informacionnye-byulleteni-o-sostoyanii-okruzhayuschey-sredy-respubliki-kazahstan/2020>.

Ғарыштық түсіру деректерін қолдана отырып, көмір өндіретін аудандардағы экологиялық жағдайды бағалау

^{1*}МУСИНА Гузалия Альтавовна, аспирант, storm2x@mail.ru,

²ОЖИГИН Дмитрий Сергеевич, PhD, аға оқытушы, ozhigin.dima@mail.ru,

²ОЖИГИН Сергей Георгиевич, т.ф.д., ғылыми жұмыс жөніндегі проректор, osg62@mail.ru,

²ДОЛГОНОСОВ Виктор Николаевич, т.ф.д., доцент, vnd070765@mail.ru,

²ОЖИГИНА Светлана Борисовна, т.ф.к., аға ғылыми қызметкер, osb66@mail.ru,

¹Сібір мемлекеттік геожүйелер және технологиялар университеті, Ресей, 630108, Новосибир, Плахотный көшесі, 10,

²Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Көмір кен орындарын игеру табиғи су объектілерінің экологиялық жағдайына теріс әсер етеді. Табиғи су объектілерінің ластануының салдарын уақтылы жою үшін мүмкіндігінше тезірек тиісті экологиялық ақпарат алу қажет болады. Мақалада көмір өндіретін аудандардағы экологиялық жағдайды бағалау үшін ғарыштық түсіру деректерін пайдалану мүмкіндігіне талдау ұсынылған. Бұл мәселені шешу үшін әдебиет көздерін талдау негізінде AMWI индексі таңдалды, ол қышқыл кеніш суларының спектрлік қасиеттерін сипаттайды. Зерттеулер тау-кен өнеркәсібі кеңінен дамыған Павлодар облысының аумағы мысалында жүргізілді. Суреттерді іріктеу Landsat-8 ғарыш аппаратынан жүргізілді. Мультиспектралды деректерді салыстыру арқылы 2015-2019 жылдардағы спутниктік суреттердің ұзақ мерзімді серияларын талдау негізінде алынған жер үсті суларының ластануын бағалау нәтижелері осы уақыт кезеңіндегі экологтардың есептерінен алынған мәліметтермен расталады.

Кілт сөздер: қашықтықтан зондтау, экология, көмір разрезі, Landsat, Qgis.

Оценка экологической ситуации в угледобывающих районах с применением данных космической съемки

¹*МУСИНА Гузалия Альтавовна, аспирант, storm2x@mail.ru,

²ОЖИГИН Дмитрий Сергеевич, PhD, старший преподаватель, ozhigin.dima@mail.ru,

²ОЖИГИН Сергей Георгиевич, д.т.н., проректор по научной работе, osg62@mail.ru,

²ДОЛГОНОСОВ Виктор Николаевич, д.т.н., доцент, vnd070765@mail.ru,

²ОЖИГИНА Светлана Борисовна, к.т.н., старший научный сотрудник, osb66@mail.ru,

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий, Россия, 630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10,

²Карагандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Разработка угольных месторождений оказывает негативное воздействие на экологическую ситуацию природных водных объектов. Для своевременного устранения последствий загрязнения природных водных объектов возникает необходимость получения актуальной экологической информации в наиболее короткие сроки. В статье представлен анализ возможности применения данных космической съемки для оценки экологической обстановки в угледобывающих районах. Для решения поставленной задачи на основе анализа литературных источников сделан выбор индекса AMWI, характеризующего спектральные свойства кислых шахтных вод. Исследования выполнялись на примере территории Павлодарской области, где широко развита горнодобывающая промышленность. Отбор снимков проводился с космического аппарата Landsat-8. Результаты оценки загрязнения поверхностных вод, полученные на основании анализа долгосрочных серий спутниковых снимков за 2015-2019 годы путем сравнения мультиспектральных данных, подтверждаются сведениями из отчетов экологов за данный период времени.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, экология, угольный разрез, Landsat, Qgis.

REFERENCES

1. L.F. Dolina. Stochnye vody predpriyatii gornoj promyshlennosti i metody ih ochildki: spravochnoe posobie. – Dnepropetrovsk: Molodejnaya ekologicheskaya liga Pridneprovya, 2000. – 61 p.
2. <https://www.ecoruspace.me/Landsat+8.html>.
3. Shovengerdt R.A. Distansionnoe zondirovanie. Modeli i metody obrabotki izobrajenii. – Moscow: Tehnosfera, 2015. – 592 p.
4. <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/help/data/imagery/indices-gallery.htm>.
5. Berezina O.A., Shihov A. N., Abdullin R. K. Primenenie mnogoletnih ryadov dannyh kosmicheskoi syemki dlya ocenki ekologicheskoi situasii v ugledobываиh raionah (na primere likvidirovannogo Kizelovskogo ugolnogo basseina) // Sovremennye problemy distansionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. – 2018. – Т. 15, no. 2. – pp. 144-158.
6. <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/informacionnye-byulleteni-o-sostoyanii-okruzhayuschey-sredy-respubliki-kazahstan/2020>.

Исследование влияния параметров технологического процесса при производстве электрооборудования на выбросы в окружающую среду

¹**АБИКЕНОВА Асель Амангельдиевна**, к.т.н., доцент, зав. кафедрой, a.abikenova@aues.kz,

¹**МЫРЗАХАНОВА Алтынай Зияткызы**, м.т.н., преподаватель, altynayrzk@mail.ru,

^{1*}**БЕГИМБЕТОВА Айну́р Серикбаевна**, PhD, доцент, a.begimbetova@aues.kz,

²**БЕЛОЕВ Христо Иванов**, д.т.н., профессор, ректор, hbeloiev@uni-ruse.bg,

¹Алматинский университет энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева, Казахстан, 050013, Алматы, ул. А. Байтурсынова, 126/1,

²Русенский университет им. Ангела Кынчева, Болгария, 7017, Русе, ул. Студентска, 8,

*автор-корреспондент.

Аннотация. В современных условиях развития мировой экономики перед странами встает вопрос повышения производительности промышленного сектора. Согласно Посланию Главы государства Касым-Жомарта Токаева народу Казахстана, экономическое развитие промышленного комплекса страны должно обеспечивать экологическую устойчивость и безопасность. Данный аспект повысил значимость экологических требований к технологическому оборудованию, включая продукцию электротехнической промышленности. В статье рассматриваются вопросы влияния производства электротехнического оборудования на воздушный бассейн и водохозяйственный бассейн территории Республики Казахстан. В силу большого разнообразия комплектующих и конечной продукции при производстве электрооборудования зачастую используются технологические процессы и процедуры, сопровождающиеся выбросами в окружающую среду.

Ключевые слова: электротехническая промышленность, экология, выбросы, оборудование, эмиссии.

Введение

На сегодняшний день проблема защиты атмосферного воздуха Алматы – крупного мегаполиса Казахстана – является одной из самых актуальных. На территории города имеются более десятка действующих предприятий, основной деятельностью которых является производство, реализация электрооборудования и другой продукции электротехнической промышленности, таких как насосные и компрессорные станции, вентиляционное оборудование, насосные установки для сельского хозяйства, электронагревательные приборы и установки и т.д. Данные предприятия достаточно важны для производственного сектора в целом, так как в современных условиях для стабилизации экономического положения страны необходимо развивать агропромышленный, промышленный комплексы и производство в целом. Производство электрооборудования для промышленных и бытовых нужд значительно облегчит финансовую нагрузку на остальные секторы. Однако производство электрооборудования имеет свои недостатки в области охраны окружающей среды. На разных этапах технологического

процесса имеют место различные выбросы в воздушный бассейн города, которые могут представлять опасность для жизнедеятельности экосистемы и загрязнять воздух. Есть классические методы решения данных проблем: вывести производство за город, в область и внедрить технологическое оборудование с различными степенями очистки. Однако данные методы могут сопровождаться некоторыми финансовыми и техническими неудобствами. Необходимо рассмотреть именно изменение самого технологического процесса производства, нацеленное на экологическую эффективность.

Технологический процесс производства электрооборудования состоит из множества ступеней обработки сырья. Основными ступенями (этапами), необходимыми для производства практически всех видов оборудования, являются: заготовка, механическая обработка, резка, гибка, токарно-фрезерные работы, сварка, приварка, покраска, слесарно-механические работы, сборка, установка электроники, испытания, тестовый запуск. Также есть дополнительные процессы по деэмульгированию для регенерации масел,

повторной дистилляции для регенерации растворителей и т.д. Могут быть установлены водоочистные сооружения и сооружения системы вентиляции для вывода дыма и паров при сварочных и покрасочных работах.

Материалы для производства электрооборудования используются различные. В частности применяются черные металлы в готовом виде.

Основными этапами производства, которые сопровождаются выбросом вредных веществ в окружающую среду, являются сварочные работы, газовая резка и окрасочные работы. Производство электрооборудования состоит из нескольких ступеней сварочных и газорезательных работ, в ходе которых в воздух могут выделяться следующие вредные вещества: металлическая пыль, абразивная пыль, пыль цветных и черных металлов, пары смазочных и охлаждающих жидкостей, оксиды железа, соединения марганца, азота диоксид, хрома оксид, оксиды меди и алюминия, фториды и т.д. Интенсивному окислению и испарению флюса, металла, легирующих элементов и защитного газа способствует высокая температура сварочной дуги [16].

Из-за большого разнообразия электрооборудования по назначению существуют различные технологические схемы работ по окраске поверхностей, например:

- этап подготовки изделия к окрашиванию;
- нанесение и сушка грунтовочного покрытия;
- нанесение в два слоя материалов внешнего слоя и их сушка.

Для подготовки изделий из черного металла толщиной менее 3 мм их поверхность обрабатывается водными составами с получением фосфатных слоев. В некоторых случаях фосфатирование можно заменить ингибиторами коррозии, фосфатирующими грунтовками и т.д.

Окрасочные работы могут проводиться несколькими способами: пневматическим, пневмоэлектрическим, электроосаждением, струйным обливом, покрытием металлических изделий в лаконоливных машинах и окунание. Одними из самых применимых способов являются пневматический и электроосаждение. Окрашивание изделий может проводиться на конвейерных линиях, которые включают в процесс окрасочные и сушильные камеры проходного типа, и в тупиковых окрасочно-сушильных камерах. В современном мире в процессах покраски изделий предусматриваются:

- замена обычных лакокрасочных материалов на материалы с высоким сухим остатком и на водной основе;
- уменьшение количества летучих органических соединений (ЛОС);
- оптимальная совместимость методов нанесения;
- получение качественных покрытий при меньших затратах.

Уменьшение выбросов летучих органических

соединений возможно обеспечить за счет применения в технологическом процессе различных материалов с высоким содержанием сухого остатка, грунт-эмалевых лакокрасочных материалов, наносимых в два слоя взамен трехслойного покрытия, порошкового окрашивания.

Применение в технологическом процессе окрашивания порошковых технологий способствует обеспечению экологической безопасности производства, уменьшению слоев нанесения до одного слоя, сокращению производственной площади под окраску. Особенностью порошковых технологий также являются долговечные покрытия с высокой износостойкостью и стойкостью к агрессивным средам.

Обезжиривание поверхностей деталей электрооборудования производится, как правило, ручным способом с использованием различных органических растворителей. Для автоматизации процесса и сокращения выбросов ЛОС в окружающую среду производится замена ручного обезжиривания на химическую подготовку поверхности к окрашиванию водными составами.

Объект и методы исследования

Задачей исследования являлось определение количества выбросов вредных веществ при производстве электрооборудования, а именно при механической обработке и окраске деталей из стали, чугуна. Первый этап работ при окраске включает в себя грунтование поверхности деталей различными алкидными и/или фенольными грунтовками, после чего проводят окраску алкидными, меламиноалкидными и эпоксидными эмалями. При окраске деталей из алюминия производится грунтование фенолалкидными грунтовками для цветных металлов, затем производится окрашивание алкидными, меламиноалкидными и эпоксидными эмалями. После сборки электрооборудования проводят повторное окрашивание доступной поверхности эмалями.

При производстве насосного оборудования марки Д-160 с электродвигателем необходимо выполнить четыре этапа сварочных работ и три этапа окрасочных работ. Сварочные работы включают в себя ручную дуговую сварку штучными электродами и полуавтоматическую сварку в защитной среде и газовую резку. Согласно расчетам выбросов загрязняющих веществ, проведенных по методике РНД 211.2.02.03-2004 «Методика расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сварочных работах (по величинам удельных выбросов)» [6], при механической обработке металлических изделий и элементов насосного оборудования количество материала, расходуемого при сварочных работах, составляет 5,23 кг/ час или 3347 кг/год. Расчеты выбросов загрязняющих веществ от станочного оборудования при механической обработке металлов выполнены согласно. При определении выбросов в сварочных процессах используются расчетные методы с применением удельных показателей выброса за-

грязняющих веществ:

- на единицу массы расходуемых материалов (г/кг);
- на длину реза (г/м) или площади стыка (г/см²);
- на единицу времени работы оборудования (г/ч, г/с)» [6].

Согласно [6] валовое количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу в процессах сварки, наплавки, напыления и металлзации, определяют по формуле

$$M_{\text{год}} = \frac{V_{\text{год}} K_m^x}{10^6} \cdot (1 - \eta), \text{ т/год}, \quad (1)$$

где $V_{\text{год}}$ – расход применяемого сырья и материалов, кг/год;

K_m^x – удельный показатель выброса загрязняющего вещества «x» на единицу массы расходуемых (приготавливаемых) сырья и материалов, г/кг;

η – степень очистки воздуха в соответствующем аппарате, которым снабжается группа технологических агрегатов.

Максимальный разовый выброс загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу в процессах сварки, наплавки, напыления и металлзации, определяют по формуле

$$M_{\text{сек}} = \frac{V_{\text{час}} K_m^x}{3600} \cdot (1 - \eta), \text{ г/с}, \quad (2)$$

где $V_{\text{час}}$ – фактический максимальный расход применяемых сырья и материалов, с учетом дискретности работы оборудования, кг/час.

Согласно результатам расчетов по вышеуказанной методике было выявлено, что максималь-

но разовый выброс сварочного аэрозоля в процессе газовой резки равен 0,164 г/с, валовый выброс – 0,9 т/год. Результаты расчетов по всем выделяемым веществам приведены в таблицах 1-3 [16].

Окрасочные работы включают в себя окраску деталей на отдельных участках с использованием пневматического оборудования без модернизированной системы вентиляционной очистки. В среднем производительность окрасочного устройства равняется 130 г/м², т.е. на одно насосное оборудование расходуется 546 г материала. Тем самым расход составляет 26 кг/час с мощностью распыления от 0,3 до 0,6 м³/мин. Для расчета примем стандартные марки красок для металлических изделий БТ-577 и ПФ-170. В ходе окрасочных работ данными материалами в воздушную среду выделяются уайт-спирит и ксилол. Все окрасочные работы сопровождаются процессом сушки. При стандартном процессе окраски и сушки валовый выброс уайт-спирита равен 296,6 т/год. Валовый выброс ксилола составил 295,4 т/год. Максимально разовые выбросы уайт-спирита и ксилола равны 1,63 и 1,62 г/с.

Компоненты растворителей для приготовления лакокрасочных материалов являются достаточно токсичными. В технологических процессах с использованием лакокрасочных материалов (ЛКМ) и растворителей обязательно использование местной вытяжной системы со ступенчатыми системами очистки для ограничения количества выброса ЗВ в атмосферный воздух. Однако использование системы фильтрации чаще всего не дает должных результатов и может оказать нео-

Таблица 1 – Результаты расчета количества выброса вредного вещества от станочного оборудования при механической обработке металлов

Оборудование	Вещество	Выброс вещества от одного оборудования		Общий выброс вещества	
		$M_{\text{год}}$	$M_{\text{сек}}$	$M_{\text{год}}$	$M_{\text{сек}}$
Круглошлифовальный станок	пыль абразивная	0,01815091	0,005252	0,036302	0,010504
	пыль металлическая	0,02722637	0,007878	0,054453	0,015756
Плоскошлифовальный станок	пыль абразивная	0,01396224	0,00404	0,027924	0,00808
	пыль металлическая	0,02094336	0,00606	0,041887	0,01212
	пыль абразивная	0,0174528	0,00505	0,034906	0,0101
	пыль металлическая	0,02652826	0,007676	0,053057	0,015352
Заточный станок	пыль абразивная	0,01116979	0,003232	0,02234	0,006464
	пыль металлическая	0,01675469	0,004848	0,033509	0,009696
Радиально-сверлильный станок	пыль абразивная	0,00488678	0,001414	0,009774	0,002828
	пыль цветных металлов	0,00139622	0,000404	0,002792	0,000808
Обдирочно-шлифовальный станок	пыль абразивная	0,1340375	0,038784	0,134038	0,038784
	пыль металлическая	0,20105626	0,058176	0,201056	0,058176
	СОЖ	0,00144858	0,0000168	0,001449	0,0000168
Фрезерно-отрезной станок	пыль абразивная	0,09773568	0,02828	0,293207	0,08484
	пыль цветных металлов	0,00069811	0,000202	0,002094	0,000606

Таблица 2 – Максимально разовый выброс вредных веществ от станочного оборудования при механической обработке металлов

Материал	Сварочный аэрозоль	Железо оксид	Марганец и его соединения	Пыль неорганическая	Фтористые газообразные соединения (в пересчете на фтор)
АНО-19	0,016	0,015038	0,0009625		
АНО-20	0,013	0,011675	0,000825		
АНО-24	0,014	0,013375	0,001		
АНО-27	0,022	0,019913	0,001025		
ЖД-3	0,012	0,0106	0,00165	0,00125	0,001163
УОНИ-13/55	0,021	0,017375	0,0013625	0,001	0,001625
УОНИ-13/65	0,009	0,005613	0,0017625	0,0013125	0,001583
УОНИ-13/80	0,014	0,0104	0,000975	0,001625	0,001528
ОЗН-300	-	-	-		0,001514
ЦЧ-4	0,028	0,0226	0,005525	0,000417	0,000208
Комсомолец-100	-	0,004	0,005	0,005	0,001163
ОЗА-1	0,013		0,001583		
Св-08Х19ЮФ2С3	-	0,005	0,001	0,002	
АМГ	-	0,001	0,001	0,000	
ОСЦ-45	0,00039	0,00028	0,00003	0,00007	0,00021
АН-348А	0,00028	0,00008	0,00003	0,00007	0,00008

Таблица 3 – Валовый выброс вредных веществ от станочного оборудования при механической обработке металлов

Материал	Сварочный аэрозоль	Железо (II) оксид	Марганец и его соединения	Пыль неорганическая	Фтористые газообразные соединения (в пересчете на фтор)
АНО-19	0,0410	0,0385080	0,002464		
АНО-20	0,0320	0,0298973	0,002112		
АНО-24	0,0368	0,0342507	0,00256		
АНО-27	0,0570	0,0509919	0,002624		
ЖД-3	0,03136	0,02714448	0,004224	0,0032	0,0032
УОНИ-13/55	0,054368	0,04448	0,003488	0,00256	0,00256
УОНИ-13/65	0,024	0,014368	0,004512	0,00336	0,00336
УОНИ-13/80	0,03584	0,026624	0,002496	0,00416	0,00416
ОЗН-300	0,072	0,057856	0,014144		0,003488
ЦЧ-4	0,03296	0,026432	0,001152	0,00096	0,003616
Комсомолец-100	0,06336	0,00832	0,01248	0,0112	0,003552
ОЗА-1	0,12192		0,003648		
Св-08Х19ЮФ	0,0224	0,011328	0,001344	0,0048	
АМГ	0,064	0,00256	0,00256	0,00096	
ОСЦ-45	0,000896	0,00064	0,000064	0,00016	0,00048
АН-348А	0,00064	0,000192	0,000064	0,00016	0,000192

боснованную финансовую нагрузку на предприятия. Изменение технологических параметров процесса окраски может способствовать сокращению объема выбросов ЗВ. Для сокращения необходимо изменить следующие технологические

параметры: производительность окрасочного устройства (давление в баке, диаметр пульверизатора и т.д.), используемый ЛКМ, способ нанесения материала, скорость воздухообмена и т.д.

На рисунках 1,2 приведены зависимости вы-

бросов вредных веществ от технологических параметров при покрасочных работах на трех уровнях введения мероприятий по сокращению выбросов.

Выводы

В данных расчетах были приняты ЛКМ с содержанием уайт-спирита и ксилола. При оборудовании покрасочной камеры с расходом материала 10 кг/час и производительностью 60 г/м², объемы выброса нелетучей (сухой) части аэрозо-

ля краски, образующегося при нанесении ЛКМ на поверхность деталей сократится в 2,6 раза. Также покрасочные камеры обеспечивают воздухообмен 24000 м³/час, что обеспечивает более эффективную работу фильтрующих элементов.

Нужно также отметить, что растворители являются легковоспламеняющимися жидкостями, что увеличивает пожароопасность окрасочного процесса. Для снижения риска возникновения пожара, продукты горения при котором окажут

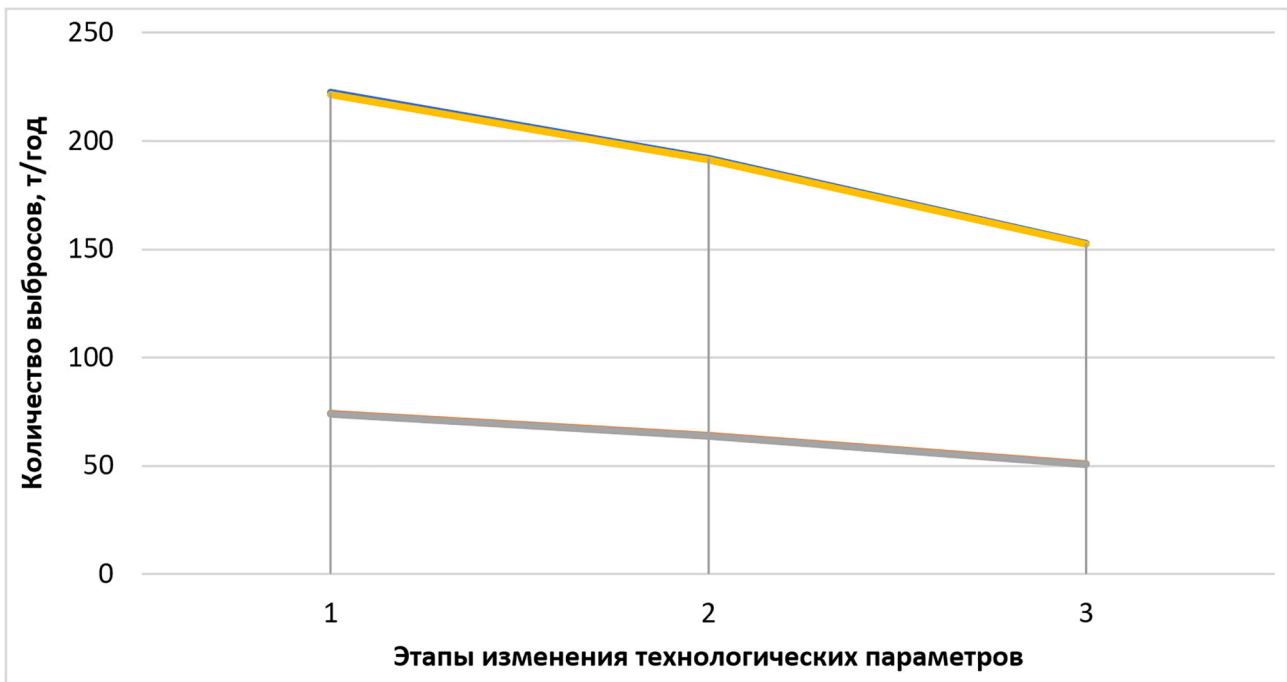


Рисунок 1 – Зависимость значения валового выброса вещества от расхода и состава ЛКМ

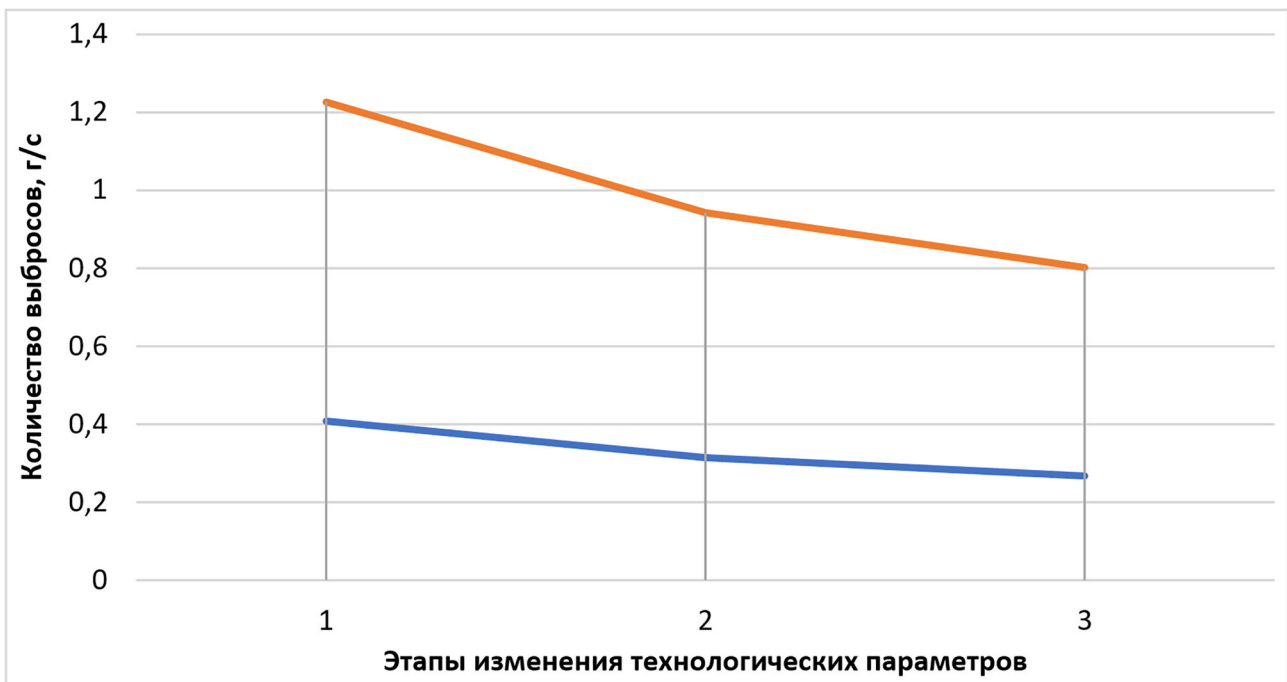


Рисунок 2 – Зависимость значения максимально-разового выброса от расхода и состава ЛКМ

значительный загрязняющий эффект, необходимо уменьшить расход материала с одновременным пребыванием материала в производственном цехе не более 20 кг на одну смену.

Сварочные и газорезательные работы необходимо автоматизировать, что поможет использовать более экологичный сварочный материал и уменьшить влияние на человеческий организм.

Автоматизация также позволит снизить этапы сварочных работ с 4 до 2 этапов.

В результате проведения расчетов по количеству выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух было определено, что основными параметрами, влияющими на количество и состав выбросов, являются расход материала на технологических этапах и их состав.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экологический Кодекс Республики Казахстан от 9 января 2007 года № 212.
2. Методика определения нормативов эмиссий в окружающую среду. Приказ Министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 16 апреля 2012 года № 110-ө. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 16 мая 2012 года № 7664.
3. Об утверждении отдельных методических документов в области охраны окружающей среды. Приказ Министра окружающей среды и водных ресурсов Республики Казахстан от 12 июня 2014 года № 221-Ө.
4. Об утверждении отдельных методических документов в области охраны окружающей среды. Приказ Министра окружающей среды Республики Казахстан от 18 апреля 2008 года № 100-п.
5. Гигиенические нормативы к атмосферному воздуху в городских и сельских населенных пунктах. Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 28 февраля 2015 года № 168.
6. РНД 211.2.02.03-2004 «Методика расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сварочных работах (по величинам удельных выбросов)».
7. Semenescu A.A, Chivu O.R., Babis C., Apostolescu Z. Formation mechanism emissions in case of reconditioning by welding in the automotive industry cranks shafts // Revista de Chimie. Volume 67, Issue 7, July 2016, Pages 1281-1283.
8. Gomes J.F., Miranda R.M., Oliveira J.P., Esteves H.M., Albuquerque P.C. Evaluation of the amount of nanoparticles emitted in LASER additive manufacture/welding // Inhalation Toxicology. Volume 31, Issue 3, 23 February 2019, Pages 125-130.
9. Kirichenko K.Y., Agoshkov A.I., Drozd V.A., Gridasov A.V., Kholodov A.S., Koblyakov S.P. Characterization of fume particles generated during arc welding with various covered electrodes // Scientific Reports. Volume 8, Issue 1, 1 December 2018, Номер статьи 17169.
10. Vogt Duberg J., Johansson G., Sundin, E., Kurilova-Palisaitiene J. Prerequisite factors for original equipment manufacturer remanufacturing // Journal of Cleaner Production Volume 270, 10 October 2020, Номер статьи 122309.
11. Denčić-Mihajlov K., Krstić M., Spasić D. Sensitivity analysis as a tool in environmental policy for sustainability: The case of waste recycling projects in the Republic of Serbia. Sustainability (Switzerland) Открытый доступ. Volume 12, Issue 19, 1 October 2020, Номер статьи 7995, Pages 1-19.
12. Brenner W., Adamovic N. Creating sustainable solutions for photovoltaics // 2020 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, MIPRO 2020 – Proceedings September 2020, Номер статьи 9245369, Pages 1777-1782.
13. Gizatullin Z., Konstantinov E. Technique for Research Spurious Electromagnetic Emission from Electronic Means // Proceedings – 2020 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2020 September 2020, Номер статьи 9208059, Pages 380-384.
14. Strizhkov, I.G., Chesnyuk, E.N. Electrical equipment of the test bench and safety clutches adjustment // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Volume 488, Issue 1, 27 May 2020, Номер статьи 0120442019.
15. Janzen R., Davis M., Kumar A. An assessment of opportunities for cogenerating electricity to reduce greenhouse gas emissions in the oil sands // Energy Conversion and Management. Volume 211, 1 May 2020, Номер статьи 112755.
16. Мырзаханова А.З. Дипломный проект. Методы организации производственного контроля на предприятиях тяжелой промышленности.

Электр жабдығын өндіру кезінде технологиялық процесс параметрлерінің қоршаған ортаға шығарындылардың әсерін зерттеу

¹**АБИКЕНОВА Әсел Амангелдіқызы**, т.ғ.к., доцент, кафедра меңгерушісі, a.abikenova@aes.kz,

¹**МЫРЗАХАНОВА Алтынай Зиятқызы**, т.ғ.м., оқытушы, altynayrzk@mail.ru,

¹***БЕГИМБЕТОВА Айнур Серикқызы**, PhD, доцент, a.begimbetova@aes.kz,

²**БЕЛОЕВ Христо Иванов**, т.ғ.д., профессор, ректор, hbeloev@uni-ruse.bg,

¹Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Қазақстан, 050013, Алматы, А. Байтұрсынұлы көшесі, 126/1,

²Ангел Кынчев атындағы Русе университеті, Болгария, 7017, Русе, Студентска көшесі, 8,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Әлемдік экономика дамуының қазіргі жағдайында елдер алдында өнеркәсіп секторының өнімділігін арттыру мәселесі тұр. Мемлекет Басшысы Қасым-Жомарт Тоқаевтың Қазақстан халқына Жолдауына сәйкес, елдің өнеркәсіптік кешенінің экономикалық дамуы экологиялық тұрақтылық пен қауіпсіздікті қамтамасыз етуі керек. Бұл аспект электр жабдықтарының өнімдерін қоса алғанда, технологиялық жабдыққа

қойылатын экологиялық талаптардың маңыздылығын арттырды. Мақалада электр техникалық жабдық өндірісінің Қазақстан Республикасы аумағының әуе бассейніне және су шаруашылығы бассейніне әсері мәселелері қарастырылады. Компоненттер мен түпкілікті өнімдердің алуан түрлілігіне байланысты электр жабдықтарын өндіруде қоршаған ортаға шығарындылармен бірге технологиялық процестер мен процедуралар жиі қолданылады.

Кілт сөздер: электртехникалық өнеркәсіп, экология, шығарындылар, жабдықтар, эмиссиялар.

Research of the Influence of Process Parameters in the Production of Electrical Equipment on Emissions to the Environment

¹**ABIKENOVA Asel**, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, Head of Department, a.abikenova@aes.kz,

¹**MYRZAKHANOVA Altynay**, Master of Engineering, Lecturer, altynayrzk@mail.ru,

^{1*}**BEGIMBETOVA Ainur**, PhD, Associate Professor, a.begimbetova@aes.kz,

²**BELOEV Hristo**, Dr. Tech. Sci., Professor, Rector, hbeloiev@uni-ruse.bg,

¹Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev, Kazakhstan, 050013, Almaty, A. Baitursynova Street, 126/1,

²«Angel Kanchev» University of Ruse, Bulgaria, 7017, Ruse, Studentska Street, 8,

*corresponding author.

Abstract. In modern conditions of the development of the world economy, countries are faced with the question of increasing the productivity of the industrial sector. According to the Address of the Head of State Kassym-Jomart Tokayev to the people of Kazakhstan, the economic development of the country's industrial complex should ensure environmental sustainability and safety. This aspect has increased the importance of environmental requirements for technological equipment, including products of the electrical industry. The article examines the impact of the production of electrical equipment on the air basin and water basin of the territory of the Republic of Kazakhstan. Due to the wide variety of components and end products, processes and procedures are often used in the manufacture of electrical equipment, accompanied by emissions into the environment.

Keywords: electrical industry, ecology, emissions, equipment, emissions.

REFERENCES

1. Ekologicheskij Kodeks Respubliki Kazahstan ot 9 yanvarya 2007 goda no. 212.
2. Metodika opredeleniya normativov emissij v okruzhayushchuyu sredu. Prikaz Ministra ohrany okruzhayushchej sredy Respubliki Kazahstan ot 16 aprelya 2012 goda no. 110-ó. Zaregistririvan v Ministerstve yusticii Respubliki Kazahstan 16 maya 2012 goda no. 7664.
3. Ob utverzhdenii otdel'nyh metodicheskikh dokumentov v oblasti ohrany okruzhayushchej sredy. Prikaz Ministra okruzhayushchej sredy i vodnyh resursov Respubliki Kazahstan ot 12 iyunya 2014 goda no. 221-Ó.
4. Ob utverzhdenii otdel'nyh metodicheskikh dokumentov v oblasti ohrany okruzhayushchej sredy. Prikaz Ministra okruzhayushchej sredy Respubliki Kazahstan ot 18 aprelya 2008 goda no. 100-p.
5. Gigienicheskie normativy k atmosferному vozduhu v gorodskih i sel'skikh naselennykh punktah. Prikaz Ministra nacional'noj ekonomiki Respubliki Kazahstan ot 28 fevralya 2015 goda no. 168.
6. RND 211.2.02.03-2004 «Metodika rascheta vybrosov zagryaznyayushchih veshchestv v atmosferu pri svarochnyh rabotah (po velichinam udel'nyh vybrosov)».
7. Semenescu A.A., Chivu O.R., Babis C., Apostolescu Z. Formation mechanism emissions in case of reconditioning by welding in the automotive industry cranks shafts // Revista de Chimie. Volume 67, Issue 7, July 2016, Pages 1281-1283.
8. Gomes J.F., Miranda R.M., Oliveira J.P., Esteves H.M., Albuquerque P.C. Evaluation of the amount of nanoparticles emitted in LASER additive manufacture/welding // Inhalation Toxicology. Volume 31, Issue 3, 23 February 2019, Pages 125-130.
9. Kirichenko K.Y., Agoshkov A.I., Drozd V.A., Gridasov A.V., Kholodov A.S., Kobyljakov S.P. Characterization of fume particles generated during arc welding with various covered electrodes // Scientific Reports. Volume 8, Issue 1, 1 December 2018, Nomer stat'i 17169.
10. Vogt Duberg J., Johansson G., Sundin, E., Kurilova-Palisaitiene J. Prerequisite factors for original equipment manufacturer remanufacturing // Journal of Cleaner Production Volume 270, 10 October 2020, Nomer stat'i 122309.
11. Denčić-Mihajlov K., Krstić M., Spasić D. Sensitivity analysis as a tool in environmental policy for sustainability: The case of waste recycling projects in the Republic of Serbia. Sustainability (Switzerland) Otkrytyj dostup. Volume 12, Issue 19, 1 October 2020, Nomer stat'i 7995, Pages 1-19.
12. Brenner W., Adamovic N. Creating sustainable solutions for photovoltaics // 2020 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, MIPRO 2020 – Proceedings September 2020, Nomer stat'i 9245369, Pages 1777-1782.
13. Gizatullin Z., Konstantinov E. Technique for Research Spurious Electromagnetic Emission from Electronic Means // Proceedings – 2020 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2020 September 2020, Nomer stat'i 9208059, Pages 380-384.
14. Strizhkov, I.G., Chesnyuk, E.N. Electrical equipment of the test bench and safety clutches adjustment // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Volume 488, Issue 1, 27 May 2020, Nomer stat'i 0120442019.
15. Janzen R., Davis M., Kumar A. An assessment of opportunities for cogenerating electricity to reduce greenhouse gas emissions in the oil sands // Energy Conversion and Management. Volume 211, 1 May 2020, Nomer stat'i 112755.
16. Myrzahanova A.Z. Diplomnyj proekt. Metody organizacii proizvodstvennogo kontrolya na predpriyatiyah tyazheloj promyshlennosti.

Строительство. Транспорт



DOI 10.52209/1609-1825_2021_3_153

ӘОЖ 658.26(075.8)

Ғимараттардың энергия тиімділігі мәселелері

¹УТЕПБЕРГЕНОВА Лаура Мухтаровна, т.ғ.к., доцент, utepber78@mail.ru,

¹ТОЛКЫНБАЕВ Темирхан Анапияевич, т.ғ.д., профессор, декан, temtol1961@mail.ru,

¹*АБДУКАЛИКОВА Гулнара Момыновна, аға оқытушы, abdukalikova_gm@mail.ru,

¹ЕЛЕУСИНОВА Акмарал Едыгеевна, т.ғ.к., доцент, yeleussinova70@mail.ru,

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, 010008, Нұр-Сұлтан, Сәтпаев көшесі, 2,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Жұмыстың мақсаты – көп қабатты үйлердің энергия тиімділігі мәселелерін қарастыру. Энергия үнемдеу шараларын қолдану міндеттері ашылды. Ғимараттың үй-жайларында көрсетілген жағдайларды қамтамасыз ету үшін негізгі іс-шаралар мен инженерлік шешімдер сипатталған. Ғимараттардың энергетикалық өнімділігін зерттеу тәсілі қарастырылып, олардың энергия тиімділігін оңтайландыру үшін дұрыс шешімдер іздеу үш негізгі бағыттан тұратын күрделі өзара байланысты мәселелердің шешімін анықтайды:

- үй-жайлардың микроклиматын ұйымдастыру;
- энергия шығындарын минимизациялау;
- ғимараттың тиімділігі, материалдық ресурстарды ұтымды пайдалану.

Кілт сөздер: энергия үнемдеу, энергия тиімділігі, энергияны тұтыну, ғимараттардың инженерлік жүйелері.

Кіріспе

Ғимараттарда энергия үнемдеу және олардың энергия тиімділігі – өткен ғасырдың 90-жылдарының ортасынан бастап құрылыстағы өзекті міндет болып табылады. Материалдық және энергетикалық ресурстардың шығындарын қысқарту, оларды үнемдеу – мемлекетіміздің техникалық саясатының негізгі бағытына айналды. Ресурсты

үнемдеу саласында елеулі прогреске қол жеткізген алдыңғы қатарлы елдер парламенттер, конгрестер және басқа да заң шығарушы және үкіметтік органдар тарапынан заңнамалық, құқықтық, қаржылық қолдауға ие болғанын әлемдік тәжірибе көрсетті. Онда энергия үнемдеу туралы арнайы заңдар және энергия үнемдеу бойынша қаржыландырылатын мемлекеттік бағдарлама-

лар қабылданды. Энергия ресурстарын ұтымды пайдалану саласындағы ең маңыздыларының бірі «Энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру туралы» ҚР Заңы болып табылады [1]. Аталған Заң, сондай-ақ ҚР Үкіметінің қаулылары мемлекеттің халық шаруашылығының түрлі салаларындағы, соның ішінде құрылыс секторындағы ұзақ мерзімді энергия үнемдеу саясатын айқындады.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Мемлекеттің рөлі, мемлекеттің барлық субъектілері энергия тұтынатын объектілерінің энергия тиімділігін арттыруға мүдделілік жағдайларын жасаудан тұрады. Энергия тиімділігінің өсуі мемлекетті энергетикалық шығындарды, атап айтқанда жылу мен газдың төмен бағалары арқылы артық субсидиялаудан құтқаруға, мемлекеттің энергетикалық қауіпсіздігін және отандық өнімнің бәсекеге қабілеттілігін арттыруға, қоршаған ортаға экологиялық жүктемені азайтуға мүмкіндік береді.

2020 жылы Қазақстан 108 млрд кВт/сағ электр энергиясын өндірді. Елде энергия тұтынудың жалпы жоғары деңгейі кезінде Қазақстанда пайдалануға елде өндірілген жылу энергиясының шамамен 54% жұмсалады, ал батыс елдерінде бұл үлес 30-32%-ды құрайды [2]. Халықаралық стандарттар бойынша электр энергиясының тарифтері Қазақстанда өте арзан. GlobalPetrolPrices интернет порталының деректері бойынша Қазақстанда бір кВт*сағ үшін электр энергиясының құны \$0,04 құрайды, ал әлем бойынша орташа баға \$0,14 құрайды. Белоруссияда бір кВт*сағ электр энергиясы 0,07 доллар, Грузияда 0,06 доллар, ал Украинада 0,05 доллар тұрады [3]. Құны

төмен энергияны бақылаусыз жұмсауға құқық бермейді. Қазақстан Республикасында энергия үнемдеу мәселелері бойынша ҚР ҚМ 2.04-04-2011 «Ғимараттарды жылумен қорғау», ҚР ҚЖ 2.04-106-2012 «Ғимараттарда жылу қорғауды жобалау» және т. б. белсенді позицияны белгілейтін бірқатар нормативтік құжаттар әзірленді, қабылданды және қолданысқа енгізілді.

Теориялық бөлім

Ғимараттарда энергияны үнемдеу мәселесін шешу үшін кез-келген шараларды орындау кезінде санитарлық-гигиеналық талаптар, микроклиматтың жайлылығы және экологиялық қауіпсіздік шарттары орындалуы қажет.

Құрылыс конструкцияларының материалдары, ғимараттың инженерлік жүйелері берілген, қамтамасыз етілген үй-жайлар үшін зиянды бөлу көздерін қамтымауын, оларда температуралық-ылғалдылық режимді сенімді ұстауы тиіс. Ғимараттар бойынша, жылумен жабдықтау жүйелері, энергия үнемдеу шараларының жиынтығы тұрғын үйдің жылу жайлылығының барлық қажетті параметрлерін сақтай отырып, жылу энергиясының пайдалану шығындарын 2 және одан да көп есе азайтуға мүмкіндік береді. Энергия үнемдеу іс-шараларының кешенін іске асыру, отын-энергетика ресурстарын үнемдеу проблемасына кешенді көзқарас кезінде толық көлемде жүзеге асырылуы мүмкін. 1-суретте ғимараттағы жылу жоғалту көздері көрсетілген.

Ғимараттың үй-жайларында берілген жағдайларды қамтамасыз ететін негізгі іс-шаралар мен инженерлік шешімдер:

- ғимараттың сәулеттік-жоспарлау шешімдері (қала құрылысы, көлемдік-жоспарлау, қор-



шау конструкциялары, жарық өткізгіш мөлдір қоршаулар);

- инженерлік жүйелер (жылыту, желдету, кондиционерлеу, кәдеге жарату, реттеу, автоматтандыру және басқару).

Сондықтан ғимараттардың энергетикалық көрсеткіштерін зерттеуге және олардың энергия тиімділігін оңтайландырудың дұрыс шешімдерін табуға деген көзқарас үш негізгі бағытты құрайтын өзара байланысты күрделі мәселелерді шешуді анықтайды:

- үй-жайлардың микроклиматын ұйымдастыру;

- энергия шығындарын азайту;

- ғимараттың үнемділігі, материалдық ресурстарды ұтымды пайдалануы.

Осы бағыттар бойынша оңтайлы нәтижелерге қол жеткізу белгілі бір шарттарды сақтай отырып мүмкін болады:

1. Ғимараттың үй-жайларындағы ауаның сапасын қоса алғанда, есептік ішкі жағдайлардың мақсаты. Оңтайлы және рұқсат етілген жағдайлар, өзгерістер диапазонының төменгі және жоғарғы шектері, есептік параметрлердің қамтамасыз етілуі жалпы жылдың суық кезеңі.

2. Метеорологиялық элементтердің әртүрлі ықтималдық қауіпсіздігімен сыртқы ауаның есептік параметрлерін таңдау.

3. Сәулет-жоспарлау шешімдерінің нұсқаларын таңдау, соның ішінде:

- қала құрылысы және көлемдік-жоспарлау шешімдері, құрылыс тығыздығы, алшақтық, көгалдандыру, жел бағыты, жарық пен жел бағыты, ғимарат пішіні, бұғаттау, қорпустың ені, қасбеттердің әйнектелуі мен қорғалуы, шатыр, жер асты бөлігі, ғимараттың қабаты, еденнің биіктігі, функционалды жоспарлау, аулалар, баспалдақтар мен лифт холдары;

- сыртқы қабырғалардың, аражабындардың, терезелердің, есіктердің заманауи, неғұрлым перспективалы конструктивтік шешімдері. Жоғары жылу қорғанысы бар құрылымдардың температуралық-ылғалдылық және филтрлеу режимін бағалау. Жылу техникалық, жарық техникалық және аэродинамикалық қасиеттері бойынша жарық саңылауларын толтыру конструкцияларын таңдау және есептеу. Ғимарат қасбеттерінің әйнектелуін оңтайландыру.

4. Ғимараттағы температура мен ылғалдылық және ауа алмасу режимі. Ғимарат қабығы элементтерінің жылу, ауа, ылғалдан қорғайтын сипаттамалары. Қоршау конструкцияларының нақты сипаттамалары және ғимараттың инженерлік жүйелерінің энергетикалық көрсеткіштері. Данияның үй-жайларының жылу және ауа режимдерін есептеу әдістері.

5. Ғимараттың температуралық-ылғалдылық режимін қамтамасыз ететін инженерлік жүйелер. Дәстүрлі және балама энергия көздері. Ғимарат қабықшасы мен инженерлік жүйелердің бірлескен жұмысы.

- Ғимаратты жылытудың энергия үнемдейтін тиімді жүйелері – секциялық, қасбеттік және пәтер бойынша, тік, көлденең, бір және екі құбырлы, радиаторлық, конвекторлық, панельді – сәулелі, ауа, электр, автоматты реттеумен және ғимаратты жылытуға жылу шығынын өлшейтін.

- Энергияны үнемдейтін және тиімді желдету жүйелерінің шешімдері. Жоғары аэродинамикалық тұрақтылығы бар, ауа жинағыштағы реттеуші клапандары бар және терезе құрылымындағы клапандар арқылы реттелетін ағыны ұйымдастырылған сыртқа тарату, гравитациялық желдету жүйелері. Соратын ауаның жылуын кәдеге жарататын, соратын механикалық жүйелер. Жылуды қалпына келтіретін механикалық сору-шығару жүйелері.

- Су мен жылуды үнемді жұмсай отырып, ванналардан және қолжуғыштардан шартты түрде таза сулардың бөлек шаруашылық-тұрмыстық кәріз жүйесімен, ыстық сумен жабдықтау жүйелері. Ыстық суды орталықтандырылмаған кезде дайындау үшін бу компрессорлық жылу сорғыларын пайдалану шешімдерінің нұсқалары. Жылу сорғыларының, буландырғыштарының жұмысы үшін төмен потенциалды жылу көзі ретінде жер асты ұңғымаларының жылуын, шартты таза кәріз суларын және желдету жүйесінің шығатын ауа жылуын пайдалану.

- Жылумен жабдықтау жүйелерінің жеке жылу пункттері. Орталықтандырылмаған автономды көздер. Күннің, топырақтың жаңартылатын көздерінің энергиясын, технологиялық процестерді, шығарылатын ауаның жылуын және шартты таза кәріз суларын пайдалану. Ғимараттың сыртқы жабдықтау жүйесі мен ішкі тұтыну жүйелері элементтерінің комбинацияларын неғұрлым ұтымды пайдалануды таңдау.

- Ғимараттың температуралық-ылғалдылық режимін реттеу және басқару жүйелері. Ең жоғары жүктемелерді және энергияны күнделікті тұтынуды, кәдеге жарату және жинақтау жүйесін азайту жолдары. Энергия тұтынуды реттеуді, басқаруды, есепке алуды автоматтандыру.

- Электрмен жабдықтау (жиілікті реттейтін электр қозғалтқыштарын қолдану, үнемді жарықтандыру аппаратурасы мен аспаптары, электр энергиясын төлеудің екі-үш тарифтік жүйесіне көшу).

6. Ғимараттардың микроклиматын қамтамасыз ететін шешімдердің тиімділігі мен оңтайландырылуы. Ғимараттардың микроклиматының тиімділігі, қауіпсіздігі, сенімділігі, басқару көрсеткіштері. Нұсқаларды техникалық-экономикалық оңтайландыру және шешімдердің орындылығы. Тұрғын үй кварталдарын салу жобаларын әзірлеу кезінде оларды пайдалану кезеңінде ірі ауқымды энергия үнемдеу проблемаларына ерекше назар аударылуға тиіс. Энергия шығындарын азайтуға ғимараттарды салу және қайта құру кезінде ғимараттардың бүкіл өмірлік циклі ішінде әрекет етуге бағытталған энергия үнемдейтін іс-шаралар

кешенін жүзеге асыру арқылы қол жеткізіледі. Олардың ішінде жаңа көлемді жоспарлау шешімдерін қолдану арқылы ғимараттардың жылу шығынын азайту шаралары жетекші орын алады. Ғимараттардың нақты жылу шығыны сыртқы қоршаулар алаңының жылытылатын бөлмелердің көлеміне немесе ауданының қатынасына байланысты екені белгілі. Биіктігі 9-12 қабатты кең корпустық үйлерде бұл қатынас ескі ғимараттардың 5 қабатты үйлеріне қарағанда шамамен 40% аз. Энергия үнемдеу іс-шараларының маңыздылығы бойынша екінші кешенді жаңа ғимараттарды салу және қолданыстағы ғимараттарды қайта жаңарту кезінде жылу беруге келтірілген қарсылық талаптар мен қолданыстағы нормативтерге сәйкес келетін көп қабатты сыртқы қоршау конструкцияларының жаңа түрлеріне көшу болып табылады.

Энергия үнемдеу шараларының үшінші кешені жетілдірілген инженерлік жүйелерді қолданумен байланысты: жылыту, желдету, ыстық сумен жабдықтау, энергиямен жабдықтау, автоматтандыру, дәстүрлі емес жылу көздерін пайдалану. Осылайша, кешенді талдау мыналарды камтиды:

1. Ғимараттың микроклимат жүйесін бөліктер (ішкі жүйелер) және олардың технологиялық байланыстары түрінде ұсыну – жылу, суық-су, электрмен жабдықтаудың сыртқы жүйелерімен өзара байланыстыру болып табылады.

2. Технологиялық параметрлер түрінде жылдық пайдалану циклі үшін жүйенің және оның кіші жүйелерінің жұмыс істеуі туралы мәліметтердің болуы: жылу, суық, ауа, электр энергиясы және су шығынына тәуелді.

3. Ғимарат микроклиматы жүйесі бойынша қабылданатын шешімдердің сапасын бағалау үшін техникалық-экономикалық көрсеткіштердің қатаң белгіленген құрылымы:

- функционалдық және технологиялық;
- құрылымдық-орналасу (алып жатқан алаңдар, металл шығыны, құнды материалдар және т.б.);

- пайдалану-энергетикалық (отын шығыны, электр энергиясы, пайдалану ыңғайлылығы, сенімділігі және т.б.);

- экономикалық (табиғи көрсеткіштерді ақшалай бағалау); бұл ретте экономикалық шығындардың белгілі атаулары пайдаланылуы мүмкін: күрделі, пайдалану, келтірілген, бірақ нарықтық жағдайларға қатысты оларды трассалаумен жүзеге асырылады.

4. Шешілетін міндеттердің мөлшерін азайтуды қамтамасыз ететін менеджерлер тобына көптеген факторларды жалпылау.

5. Техникалық-экономикалық көрсеткіштер кешенімен факторлардың өзара байланысын қамтамасыз ететін математикалық модельдің болуы, көрсеткіштерді қалаған бағытта жақсарту процесінде диалогтық режимді іске асыру мүмкіндігі.

Соңғы жылдары бірқатар елдерде ғимараттарды жылумен қорғаудың нормаланған көрсеткіштері өзгерді [4]. Сонымен, Данияда жылыту және желдету үшін тұрғын үйдің жалпы жылу жүктемесі 1 м^2 жылытылатын алаңға жылына 250 МДж/м^2 аспауы керек. Басқа параметрлер арасында есептеу кезінде күн радиациясы, адамдардың жылу шығаруы, ғимараттың жылу жинақтау қасиеттері ескеріледі. Сыртқы қоршаулар келесідей қалыпқа келтірілген:

- салмағы 100 кг/м кем болған кезде жылу беру коэффициенті $0,3 \text{ Вт/(м}^2\text{°C)}$, жоғары салмақтық сипаттамалары кезінде – $0,4 \text{ Вт/(м}^2\text{°C)}$ аз болуы тиіс;

- терезелердің, сыртқы есіктердің, жарық шамдарының жылу беру коэффициенті – $0,9 \text{ Вт/(м}^2\text{°C)}$;

- ауа алмасудың нормативтік жиілігі – 1 сағат^{-1} .

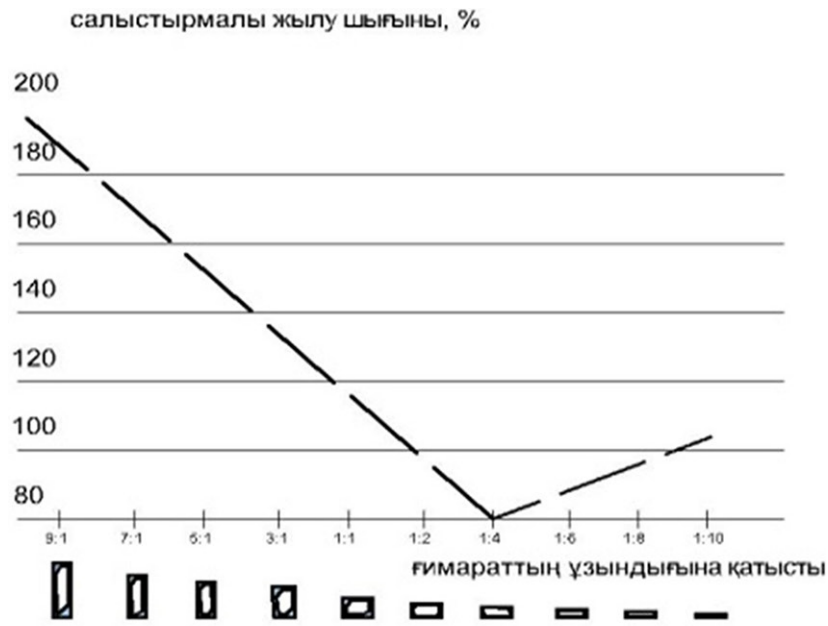
Практикалық бөлімі. Көлемді жоспарлау және дизайн шешімдері ғимараттың энергия тұтынуына айтарлықтай әсер етеді. Ғимараттың оңтайлы пішінін таңдау, оның бағыты, орналасуы, жарық саңылауларының аудандарын белгілеу, сүзу процестерін басқару сыртқы климаттың ғимараттың жылу балансына теріс жылу-энергетикалық әсерін азайтуға мүмкіндік береді. Ғимаратта жылудың жоғалуы оның пішініне және көкжиектің бүйірлеріне бағдарлануына тікелей байланысты (2-сурет) [5].

Жеке энергиялық тиімді ғимараттарды сол кубатура кезінде жобалау кезінде жарық ойықтарының, оның ішінде әйнектелген лоджиялар мен балкондардың оңтүстік бағдарлануы есебінен жылу беру кезеңінде пассивті күн әсер етуін барынша пайдалана отырып, шар тәрізді (кубтық) нысандағы ғимараттарға ұмтылу қажет. Сыртқы климатты пайдалану тиімділігі ғимараттың энергия белсенді элементтерін (пассивті және белсенді күн қабылдағыштары, термосифонды қоршау конструкциялары, жылу аккумуляторлары, жылу сорғыларының сіңіргіштері және т.б.) құру кезінде артады. Бұл жағдайда ең үлкен әсер 1-23 қабатты ғимараттарда көрінеді, олардың белсенді меншікті қоршау беті бар.

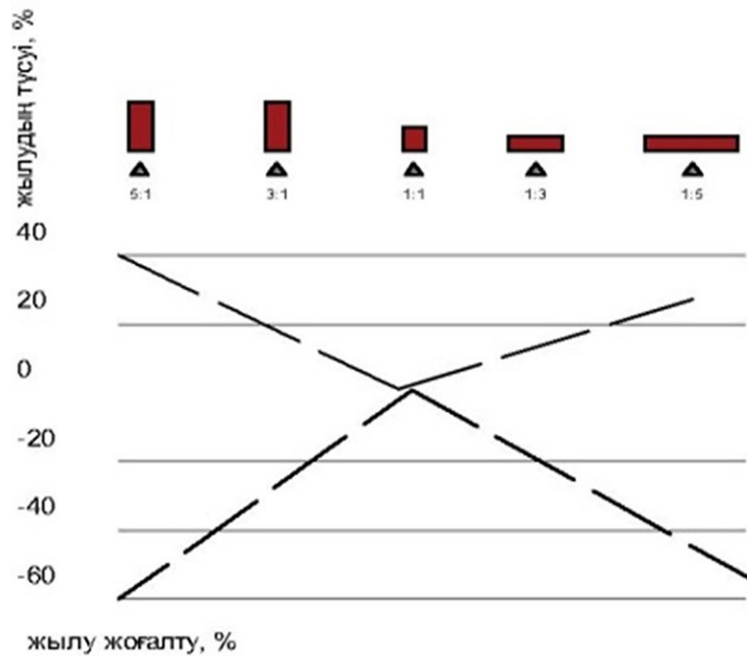
Ғимараттардың жылу тиімділігі ғимараттың жарық нүктелеріне бағдарлануының әсеріне байланысты. Ғимараттың қасбеттері арқылы әр түрлі бағытта жылу шығыны бірдей емес. Жеке ғимарат үшін солтүстік-батыстан солтүстік-шығысқа қарай бағытқа бағытталған қасбеттер, оңтүстік-шығыстан оңтүстік-батысқа қарай бағытқа бағытталған қасбеттерге қарама-қарсы, күн сәулесінен айтарлықтай жылу ағынын алмайды. Сондықтан тікбұрышты модульдік тордан (әсіресе үлкенінен) басқа ғимараттарды жобалау кезінде қасбеттердің ең аз бетін солтүстікке бағыттауға тырысу керек.

Ғылыми-техникалық прогресс, өнеркәсіптің дамуы, планетадағы көптеген қақтығыстарда қару-жарақты пайдалану энергияны тұтынудың тез өсуіне себеп болып табылады.

«Энергия үнемдеу – 2020» мемлекеттік бағдарламасы, онда үнемдеудің түрлі секторларында



Ғимараттың жылу жоғалуының, оның формасына тәуелділігі және бетінің көлеміне қатынасы



2-сурет – Жылу жоғалтудың ғимараттың пішініне және оның негізгі бағыттылығына тәуелділігі

энергия үнемдеуді жеделдетуге және энергия тиімділігін арттыруға бағытталған 9 бағыт бойынша қосымша шаралар көзделген:

- энергия үнемдеудің өңірлік кешенді жоспарлары;
- энергия үнемдеуді дамытудың ұлттық институты анықталды;
- Жапонияның тәжірибесі бойынша Мемлекеттік энергетикалық тізілім құрылды, оның субъектілері 200 млрд теңгеден астам мөлшерде үнемдеуге қол жеткізді;
- жыл сайын 2 млрд теңгеге бағаланатын энер-

гия аудитінің жаңа нарығы құрылды;

- «Бес институционалдық реформаны іске асыру жөніндегі 100 нақты қадам» Ұлт жоспарының 59-қадамын іске асыру шеңберінде энергия-сервистік қызметтер нарығы дамуда, оны іске асыру құралы энергия тиімділігі картасы болып табылады;

- дүниежүзілік банк, БҰҰ Даму Бағдарламасы, Еуропалық Қайта Құру және даму банкі, Герман энергетикалық агенттігі және т.б. сияқты стратегиялық серіктестермен ынтымақтастық жолға қойылды (3-сурет) [6].



3-сурет – Қазақстанда электр энергиясын өндіру және тұтыну динамикасы мен болжамдары

Қорытынды

Энергия үнемдеу саласындағы жекелеген табыстарға қарамастан, біздің еліміздегі жалпы ішкі өнім энергия сыйымдылығын төмендету бойынша жағдай түбегейлі өзгерген жоқ.

Осылайша, энергия тиімді ғимараттар мен олардың құрылымдарын құру (жергілікті жағдайларға бейімделген сәулет-құрылыс шешімдерінің негізінде) сәулет пен құрылыстағы ең жоғары эле-

уметтік, экономикалық және экологиялық әсер алу кезінде шектеулі отын-энергетикалық және материалдық ресурстарды неғұрлым ұтымды пайдалануға мүмкіндік беретін бағытқа айналады. Күрделі құрылыстың энергияға, отын ресурстарына, шикізатқа, құрылыс материалдарына деген өсіп отырған қажеттілігі өңірлік деңгейде негізінен энергия – ресурсты үнемдеу есебінен қанағаттандырылуы тиіс.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. «Энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру туралы». Қазақстан Республикасының 2012 жылғы 13 қантардағы № 541-IV Заңы.
2. <https://www.aa.com.tr>
3. <https://www.korem.kz>
4. Ливчак В.И., Дмитриев А.Н. О нормировании тепловой защиты жилых зданий // АВОК. № 3. 1997.
5. Беляев В.С. и др. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий. – М.: Высшая школа, 1991. – 254 с.
6. <https://www.gov.kz/memleket/entities/comprom/contacts?lang=ru>

Вопросы энергоэффективности зданий

¹УТЕПБЕРГЕНОВА Лаура Мухтаровна, к.т.н., доцент, utepber78@mail.ru,

¹ТОЛКЫНБАЕВ Темирхан Анапияевич, д.т.н., профессор, декан, temtol1961@mail.ru,

¹*АБДУКАЛИКОВА Гулнара Момыновна, старший преподаватель, abdukalikova_gm@mail.ru,

¹ЕЛЕУСИНОВА Акмарал Едыгеевна, к.т.н., доцент, yeleussinova70@mail.ru,

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, 010008, Нур-Султан, ул. Сапиева, 2,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Цель работы заключается в рассмотрении вопросов энергоэффективности высотных зданий. Раскрыты задачи применения энергосберегающих мероприятий. Описаны основные мероприятия и инженерные решения, обеспечивающие заданные условия в помещениях здания. Рассмотрен подход к исследованию энергетических показателей зданий. Поиск правильных решений оптимизации их энергоэффективности определяет решение сложных взаимосвязанных задач, которые составляют три основных направления:

- организация микроклимата помещений;
- минимизация энергетических затрат;
- экономичность здания, рациональное расходование материальных ресурсов.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, энергопотребление, инженерные системы зданий.

Energy Efficiency Buildings

¹**UTEPPERGENOVA Laura**, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, utepber78@mail.ru,

¹**TOLKYNBAYEV Temirkhan**, Dr. Tech. Sci., Professor, Dean, temtol1961@mail.ru,

^{1*}**ABDUKALIKOVA Gulnara**, Senior Lecturer, abdukalikova_gm@mail.ru,

¹**ELEUSINOVA Akmaral**, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, yeleussinova70@mail.ru,

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, 010008, Nur-Sultan, Satpayev Street, 2,

*corresponding author.

Abstract. The purpose of the work is to consider the issues of energy efficiency of multi-storey buildings. The task of applying energy saving measures has been opened. The main measures and engineering solutions to ensure the specified conditions in the premises of the building are described. The method of studying the energy performance of buildings is considered. The search for the right solutions to optimize their energy efficiency determines the solution of complex interrelated problems consisting of three main areas:

- organization of indoor microclimate;
- minimization of energy costs;
- efficiency of the building, rational use of material resources.

Keywords: energy saving, energy efficiency, energy consumption, engineering systems of buildings.

REFERENCES

1. «Energiya únemdeu zháne energiya tiimdiligini arttyru turaly». Qazaqstan Respublikasynyń 2012 zhylǵy 13 qantardaǵy No. 541-IV Zańy.
2. <https://www.aa.com.tr>
3. <https://www.korem.kz>
4. Livchak V.I., Dmitriev A.N. O normirovanii teplovoj zashchity zhilyh zdaniy // AVOK. no. 3. 1997.
5. Belyaev B.C. i dr. Proektirovanie energoekonomichnyh i energoaktivnyh grazhdanskih zdaniy. – Moscow: Vysshaya shkola, 1991. – 254 p.
6. <https://www.gov.kz/memleket/entities/comprom/contacts?lang=ru>

Темірбетон бұйымдарын дайындау үшін қалдық кесінділерден қосылған арматуралық өзекшелерді үзілуге сынау

¹ЕСИРКЕПОВА Айым Бақытбекқызы, аға оқытушы, borany@mail.ru,

^{2*}ШЕРОВ Кәрібек Тағайұлы, т.ғ.д., профессор, shkt1965@mail.ru,

¹СЕРОВА Рауза Фаиковна, т.ғ.к., доцент, roza_serova@mail.ru,

¹ОКИМБАЕВА Асел Еркінқызы, аға оқытушы, erkinovna89@mail.ru,

³МАШКИН Николай Алексеевич, т.ғ.д., профессор, mashkin@corp.nstu.ru,

¹Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

²С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті, Қазақстан, 010011, Нұр-Сұлтан, Жеңіс даңғылы, 62,

³Новосібір мемлекеттік техникалық университеті, Ресей, 630073, Новосібір, К. Маркс даңғылы, 20,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Зерттеу мақсаты – арматура және болат сымдардың біріктірілген қысқа бөліктерін үзілуге сынақтан өткізу. Қазақстан Республикасының (ҚР) құрылыс кәсіпорындары жағдайында орындалған зерттеулер өндірісті ұйымдастыруға және темірбетон бұйымдарын (ТББ) шығару өнімділігіне байланысты арматуралық болаттың 2%-дан астамы қалдықтарға кететінін көрсетті. Темірбетон бұйымдарын жасау кезінде арматура мен болат сымдардың қалдықтарын тиімді пайдалану үшін авторлармен технология әзірленді. Бұл мақалада арматураның қысқа бөліктері мен болат сымдардың үзілуіне зертханалық сынау нәтижелері келтірілген. Эксперименттік зерттеулер Қарағанды техникалық университетінің (ҚарТУ) Қазақстандық дәнекерлеу институтының зертханалық базасы жағдайында МСР-25 түйіспелі машинасында орындалды. Біріктірілген үлгілерді үзілуге сынақтан өткізу ҚарТУ инженерлік бейіндегі зертханасында жүргізілді. Сынақ нәтижесінде 2-3 түйіскен жіктері бар арматуралық өзектердің және болат сымдардың 25000÷40000 Н шегінде жүктемеге төтеп беретіні анықталды. Сынақ нәтижелері дәнекерленген қосылыстардың жеткілікті беріктігін көрсетті.

Кілт сөздер: темір-бетон бұйымдары, арматура, болат сымдар, түйіспелі түйістіріп дәнекерлеу, үзілуге сынау, түйіспе.

Кіріспе

Өнімнің сапасы конструкцияның пайдалану талаптарына жауап беруіне байланысты, стандарттарға сәйкес дәнекерленген құрылымдардың сапасы көбінесе дәнекерлеу процесінің ұтымдылығына және оларды орындау тәртібіне байланысты болады. Түйіспелі дәнекерлеу көптеген салаларда қолданылады. Оның көмегімен құбырлар, темірбетон бұйымдарының арматуралық өзектері, теміржол рельстері (түйіспесіз жолдар), әртүрлі құрылымдық болаттар мен түсті металдардан жасалған ұзын өлшемді дайындамалар, дәнекерленген тізбектер дәнекерленеді [1,2,3].

ҚР құрылыс өндірістері жағдайында жүргізілген, атап айтқанда «Паурбетон» ЖШС (Пришахтинск қ.), «NORD Пром НС» ЖШС (Теміртау қ.), «ЖБИ-5» ЖШС (Ақтас қ.), «Ремстройтехника» АҚ (Алматы қ.), «Темірбетон-1» ЖШС (Алматы қ.) зерттеу нәтижелері [4,5] өндірісті ұйымдастыруға және ТББ шығару өнімділігіне байланысты ар-

матуралық болаттың шамамен 2%-і қалдықтарға кететінін көрсетті. Бүгінгі таңда құрылыс материалдарының отандық өнеркәсібі Қазақстан Республикасының (ҚР) құрылыс кешені қажеттіліктерінің бір бөлігін ғана қанағаттандыруға қабілетті және соның салдарынан нарықтағы елеулі үлесті құрылыс материалдарының барлық түрлері бойынша тапшылыққа жол бермей, импорттық өнім алады. Соңғы жылдары ҚР-да керамикалық плиткалар, пластмасса құбырлары, металл жабынқыш, пластиктен жасалған ағаш бұйымдары, құрғақ қоспалар және басқа да өнімдер шығару бойынша өндірістер пайда болғанына қарамастан, Қазақстанның құрылыс материалдар саласының барлық дерлік өнімдері сыртқы нарықта бәсекеге қабілетсіз. Қазіргі заманғы құрылыс саласының тағы бір маңызды міндеттерінің бірі шикізат және отын-энергетикалық ресурстарды ұтымды пайдалануға мүмкіндік беретін өнеркәсіптік қалдықтары мен жергілікті та-

биғи материалдарды кеңінен қолдануды көздейтін ресурс үнемдейтін технологияларды әзірлеу және енгізу болып табылады. Мәселенің оңтайлы шешімі өндіріске аз қалдықты технологияларды әзірлеу және енгізу болып табылады.

Зерттеу әдістемесі және қолданылатын жабдықтар

Зерттеу әдістемесі темірбетон бұйымдарын дайындау технологиясы, дәнекерлеу технологиясы және жабдықтар, дәнекерлеу процестерінің теориясы сияқты ғылымдардың жағдайына негізделген. 1-суретте арматуралық өзекшелердің қысқа бөліктері және МСР-25 түйістіріп дәнекерлеу машинасы көрсетілген.

Арматураның қысқа кесінділерін және болат сымдарын қосу үшін түйістіріп дәнекерлеу тәсілі таңдалды. Тәжірибелік зерттеулер МСР-25 түйістіріп дәнекерлеу машинасында орындалды. Оның артықшылығы – дәнекерлеу доғасының жоғары температуралы плазмасын ұстап тұру және күйдіру үшін дәнекерлеу электродтарында үлкен кернеу тудырмауы [6,7].

Балқытып түйістіріп дәнекерлеу алдымен бөлшектерге дәнекерлеу ток көзінен кернеу берілетіндігімен ерекшеленеді, содан кейін ғана оларды бір-біріне жақындатады [8]. Ток тығыздығының жоғары болуына байланысты бөлшектер жеке нүктелерде жанасқанда (бетінің біркелкі болмауына байланысты), металл түйіскен жерінде тез қызады, содан кейін олар жарылғыш түрде бұзылады. Бөлшектердің ұштарын қыздыру олардың үздіксіз түзілуі және бірнеше түйіспелердің – секіргіштердің бұзылуы нәтижесінде пайда болады. Процестің соңында ұштарында металдың бірыңғай сұйық қабаты пайда болады. Бұл кезде ұштардың жақындасу жылдамдығы мен бөлшектердің отыру күші күрт артады; ұштары жабысып, сұйық металдың көп бөлігі беткі қабаттармен және қатты металдың бір бөлігі дәнекерлеу аймағынан сығылып, қалыңдау – грат түзеді.

Дәнекерлеудің алдында тазалау жүргізіліп, үлгілердің қосылған ұштарын тегістейміз. 2-суретте түйіспелі түйістіріп дәнекерлеу арқылы қосылған арматуралық өзекшелердің үлгілері көрсетілген.

Үлгілерді сынау INSTRON 5980 электрмеханикалық сынақ машинасында жүргізілді. 3-суретте INSTRON 5980 электрмеханикалық сынақ машинасы көрсетілген.

Созылуға сынау үшін номиналды диаметрі 8-ден 12 мм-ге дейін өңделмеген беті бар дөңгелек және периодты профильді арматура үлгілері қолданылды. Үлгілердің жұмыс бөлігін өңдеуге арналған пішіні, өлшемдері мен талаптары МЕСТ 1497-84 сәйкес алынды. Арматура үлгісінің толық ұзындығы үлгінің жұмыс ұзындығына және сынақ машинасының қысу конструкциясына байланысты таңдалады. Үлгінің жұмыс ұзындығы МЕСТ 12004-81 бойынша кемінде 200 мм болуы керек. Өзекті арматура мен сым үлгілері үшін бастапқы есептік ұзындық дайын өнімге арналған нормативтік-техникалық құжаттама бойынша белгіленуі тиіс [3,9].

Номиналды диаметрі 3-40 мм-ге дейінгі арматураның ұшталған және дөңгелек үлгілері үшін үш қимада үлгінің ұзындығы бойынша диаметрді өлшеу арқылы көлденең қиманың ауданы анықталады: ортасында және жұмыс ұзындығының ұштарында; әр қимада екі өзара перпендикуляр бағытта. Үлгінің көлденең қимасы осы алты өлшемнің орташа арифметикалық мәні ретінде есептеледі [10]. Сынақтарды жүргізу кезінде келесі талаптар сақталды: үлгіні сенімді орталықтандыру, біркелкі жүктеу, аққыштық шегіне дейін сынау кезінде жүктеудің орташа жылдамдығы секундына 10 МПа (1 кгс/мм²) аспауы тиіс; аққыштық шегінен тыс жүктеу жылдамдығы машинаның жылжымалы қысу қозғалысының жылдамдығы минутына сыналатын үлгінің 0,1 жұмыс ұзындығынан аспайтындай ұлғайтылуы мүмкін; сынақ машинасының күш өлшеуішінің шкаласы сыналатын арматура үлгісі үшін Р ең жоғары



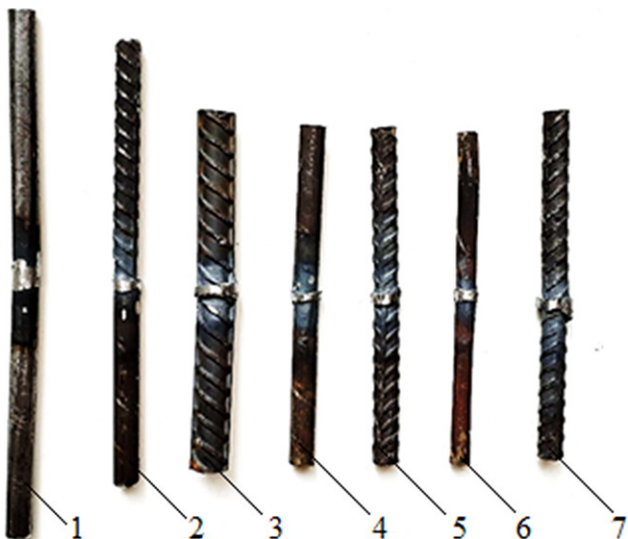
а



б

а – арматуралық өзекшелердің қысқа бөліктері; б – дәнекерлеу процесі

1-сурет – Арматуралық өзекшелердің қысқа бөліктері және МСР-25 түйістіріп дәнекерлеу машинасы



1,4,5 – Ø8 мм; 2,6 – Ø6 мм; 3 – Ø12 мм; 7 – Ø10 мм
2-сурет – Түйіспелі түйістіріп дәнекерлеумен қосылған арматуралық өзектердің үлгілері



4-сурет – Үлгілерді сынау процесі



3-сурет – INSTRON 5980 электрмеханикалық сынақ машинасы



5-сурет – Сынаудан кейінгі арматуралық өзектердің кейбір үлгілері

жүктеменің күтілетін бес есе мәнінен аспауы тиіс, сынақ машинасының қысу конструкциясы арқаның ұштарын үлгі осінің айналасында бұру мүмкіндігін болдырмауы тиіс.

Үлгілерді зертханалық сынау

Арматуралық өзектердің үлгілерін сынау ҚарТУ инженерлік бейімдегі зертханада жүргізілді. 4-суретте үлгіні сынау процесі көрсетілген.

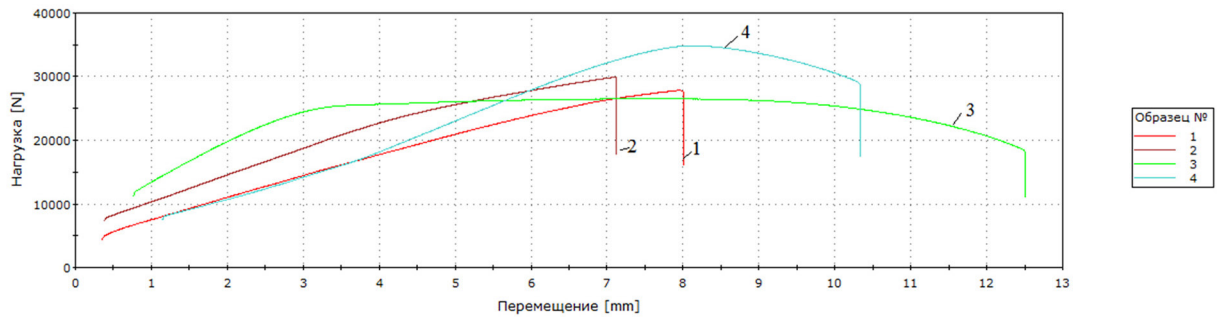
5-суретте сынақтан кейінгі арматуралық өзектердің кейбір үлгілері көрсетілген.

6-суретте үлгілерді созылуға сынау процесінің нәтижелерін компьютерлік өңдеуден кейін алынған графиктер көрсетілген.

Дәнекерленген үлгілердің жіктері толығымен

үзілгенше созу эксперименті жүргізілді. Нәтижелерді аққыштық шекті кернеуімен салыстырғанда, сыртқы жүктемеге ең көп қарсылық көрсететін 4-ші нөмірдегі үлгі сәйкес келетінін көрсетті. Қалған үлгілер беріктік сипаттамалары бойынша төмен. Созылу диаграммадағы 1 және 2 нөмірлі үлгілер сынғыш материалдардың жұмысына ұқсас. Бұл сонымен қатар үлгілердің соңғы нәтижемен расталады, яғни бұзылу дәнекерлеу жігінің жанынан орын алды (5-суретті қараңыз). 3 нөмірлі үлгіде материалдың пластикалық қасиеттері жоғары және айқын көрініп тұр, бұл көлденең қимамен расталады.

Образцы с 1 по 4



Результаты 1								
	Деформация при растяжении (Перемещение) при Пределе текучести (Верхний) [mm/mm]	Напряжение при растяжении при Пределе текучести (Верхний) [MPa]	Перемещение при Пределе текучести (Верхний) [mm]	Перемещение при растяжении при Пределе текучести (Верхний) [mm]	Энергия при Пределе текучести (Верхний) [J]	Точка данных при Пределе текучести (Верхний)	Нагрузка при Пределе текучести (Верхний) [N]	Относительная прочность текучести [N/t]
1	0,07960	554,41107	7,95968	7,95968	135,19573	832	27867,73828	27867
2	0,12229	380,86447	6,72585	6,72585	138,44100	8075	29913,02539	29913
3	0,06927	527,60907	6,92671	6,92671	164,06451	759	26520,52344	26520
4	0,06948	693,37744	6,94771	6,94771	149,58922	760	34852,94922	34852

б-сурет – Үлгілерді созылуға сынау процесінің нәтижелерін компьютерлік өңдеуден кейін алынған графикалар

Қорытынды

Сынақ нәтижесінде 2-3 түйіскен жігі бар түйіспелі түйістіріп дәнекерлеу тәсілімен арматураның және болат сымдардың бірнеше өлшемсіз кесінділерінен қосылған өзектер 25000 ÷ 40000 Н

ішіндегі жүктемеге төтеп беретіні анықталды, үлгілердің бұзылуы дәнекерлеу жігінің жанынан орын алды, бұл дәнекерлеу қосылыстарының жеткілікті беріктігін көрсетеді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Цай Т.Н. Строительные конструкции. Железобетонные конструкции [Текст]: Учебник. 3-е изд., стер. / Т.Н. Цай. – СПб: Издательство «Лань», 2012. – 464 с.
2. Беднягин С.В. Технология производства железобетонных изделий и конструкций: учеб.-метод. пособие / С.В. Беднягин, Е.С. Герасимова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 96 с.
3. Баженов Ю.М. Технология бетонных и железобетонных изделий: учебник для вузов / Ю.М. Баженов, А.Г. Комар. – Москва: Стройиздат, 1994. – 672 с.
4. Есиркепова А.Б. Использование мерных отходов арматуры в производстве железобетонных изделий [Текст] / А.Б. Есиркепова, К.Т. Шеров // Труды международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №11), Часть 4. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2019. – С. 363-365.
5. Yessirkepova, A.B. Research of ways of connecting reinforced bars in the production of reinforced concrete products. [Text] / A.B. Yessirkepova, K.T. Sherov, V.F. Mikhailov, T.M. Buzauova, A.V. Mazdubay, A.Zh Taskarina // Journal of Applied Engineering (JAES) Science, Vol. 18, No. 3 (2020) – P. 372-377.
6. Строительные машины: справочник: в 2 т. Т. 2: Оборудование для производства строительных материалов и изделий / В.Н. Лямин, М.Н. Горбовец, И.И. Быховский и др.; Под общ. ред. М.Н. Горбовца. – 3-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1991. – 496 с.
7. Волков Л.А. Оборудование для производства арматуры железобетонных изделий. – М.: Машиностроение, 1984. – 224 с.
8. Банов М.Д. Технология и оборудование контактной сварки: учебник / М.Д. Банов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 224 с.
9. Машины и оборудование для производства сборного железобетона. Отраслевой каталог. – М.: ЦНИИЭстроймаш, 1991. – 552 с.
10. Трофимов Б.Я. Технология бетона, строительных изделий и конструкций. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. – 68 с.

Испытание на разрыв арматурных стержней, соединенных из немерных отрезков, для изготовления железобетонных изделий

¹ЕСИРКЕПОВА Айым Бакытбековна, старший преподаватель, bopany@mail.ru,

²*ШЕРОВ Карибек Тагаевич, д.т.н., профессор, shkt1965@mail.ru,

¹СЕРОВА Рауза Фаиковна, к.т.н., доцент, roza_serova@mail.ru,

¹ОКИМБАЕВА Асель Еркиновна, старший преподаватель, erkinovna89@mail.ru,

³МАШКИН Николай Алексеевич, д.т.н., профессор, mashkin@corp.nstu.ru,

¹Карагандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

²Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Казахстан, 010011, Нур-Султан, пр. Женис, 62,

³Новосибирский государственный технический университет, Россия, 630073, Новосибирск, пр. К. Маркса, 20,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Целью исследования являются испытания соединения немерных отрезков арматуры и стальных проволок на разрыв. Выполненные исследования в условиях строительных предприятий Республики Казахстан (РК) показали, что в зависимости от организации производства и от производительности выпуска железобетонных изделий (ЖБИ) более 2% арматурной стали уходит на отходы. Для эффективного использования отходов арматуры и стальных проволок при изготовлении ЖБИ авторами разрабатывается технология. В данной статье приводятся результаты лабораторного испытания соединения немерных отрезков арматуры и стальных проволок на разрыв. Экспериментальные исследования выполнены на контактной стыковой машине МСР-25 в условиях лабораторной базы Казахстанского института сварки Карагандинского технического университета (КарТУ). Испытания образцов проводилось в лаборатории инженерного профиля КарТУ. В результате испытания установлено, что стержни, соединенные из нескольких немерных отрезков арматуры и стальных проволок способом контактной стыковой сварки, имеющие по 2-3 стыка, выдерживают нагрузку в пределах 25000÷40000 Н. Результаты испытания показали достаточную прочность сварных соединений.

Ключевые слова: железобетонные изделия, арматура, стальные проволоки, контактная стыковая сварка, испытание на разрыв, стык.

Tensile Testing of Reinforcing Bars Connected from Non-dimensional Segments for the Manufacture of Reinforced Concrete Products

¹ESIRKEPOVA Ayim, Senior Lecturer, bopany@mail.ru,

²*SHEROV Karibek, Dr. Tech. Sci., Professor, shkt1965@mail.ru,

¹SEROVA Rauza, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, roza_serova@mail.ru,

¹OKIMBAEVA Aseel, Senior Lecturer, erkinovna89@mail.ru,

³MASHKIN Nikolai, Dr. Tech. Sci., Professor, mashkin@corp.nstu.ru,

¹Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

²S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Kazakhstan, 010011, Nur-Sultan, Zhenis Avenue, 62,

³Novosibirsk State Technical University, Russia, 630073, Novosibirsk, K. Marx Avenue, 20,

*corresponding author.

Abstract. The aim of the study is to test the connection of off-gauge sections of reinforcement and steel wires for tensile strength. The studies carried out in the conditions of construction enterprises of the Republic of Kazakhstan (RK) showed that, depending on the organization of production and on the productivity of the production of reinforced concrete products (reinforced concrete products), more than 2% of reinforcing steel goes to waste. For the efficient use of rebar and steel wire waste in the manufacture of concrete products, the authors are developing a technology. This article presents the results of a laboratory test of the connection of off-gauge sections of reinforcement and steel wires for breaking. Experimental studies were carried out on a contact butt machine MSR-25 under the conditions of the laboratory base of the Kazakhstan Institute of Welding, Karaganda Technical University (KTU), and tests of samples were carried out in the engineering laboratories of KTU. As a result of the test, it was found that the rods, connected from several off-gauge pieces of reinforcement and steel wires by means of resistance butt welding, having 2-3 joints each, withstand a load within 25000÷40,000 N. The test results showed sufficient strength of welded joints.

Keywords: reinforced concrete products, reinforcement, steel wires, resistance butt welding, tensile testing, joint.

REFERENCES

1. 1. Caj T.N. Stroitel'nye konstrukcii. Zhelezobetonnye konstrukcii [Tekst]: Uchebnik. 3-e izd., ster. / T.N. Caj. – Saint Petersburg: Izdatel'stvo «Lan'», 2012. – 464 p.
2. 2. Bednyagin S.V. Tekhnologiya proizvodstva zhelezobetonnyh izdelij i konstrukcij: ucheb.-metod. posobie / S.V. Bednyagin, E.S. Gerasimova. – Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2017. – 96 p.
3. 3. Bazhenov Yu.M. Tekhnologiya betonnyh i zhelezobetonnyh izdelij: uchebnik dlya vuzov / Yu.M. Bazhenov, A.G. Komar. – Moskva: Strojizdat, 1994. – 672 p.
4. 4. Esirkepova A.B. Ispol'zovanie mernyh othodov armatury v proizvodstve zhelezobetonnyh izdelij [Tekst] / A.B. Esirkepova, K.T. Sherov // Trudy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Integraciya nauki, obrazovaniya i proizvodstva – osnova realizacii Plana natsii» (Saginovskie chteniya №11), Chast' 4. – Karaganda: Izd-vo KarGTU, 2019. – pp. 363-365.
5. 5. Yessirkepova, A.B. Research of ways of connecting reinforced bars in the production of reinforced concrete products. [Text] / A.B. Yessirkepova, K.T. Sherov, V.F. Mikhailov, T.M. Buzauova, A.V. Mazdubay, A.Zh Taskarina // Journal of Applied Engineering (JAES) Science, Vol. 18, No. 3 (2020) – pp. 372-377.
6. 6. Stroitel'nye mashiny: spravochnik: v 2 t. T. 2: Oborudovanie dlya proizvodstva stroitel'nyh materialov i izdelij / V.N. Lyamin, M.N. Gorbovec, I.I. Byhovskij i dr.; Pod obshch. red. M.N. Gorbovca. – 3-e izd., pererab. – Moscow: Mashinostroenie, 1991. – 496 p.
7. 7. Volkov L.A. Oborudovanie dlya proizvodstva armatury zhelezobetonnyh izdelij. – Moscow: Mashinostroenie, 1984. – 224 p.
8. 8. Banov M.D. Tekhnologiya i oborudovanie kontaktnoj svarki: uchebnik / M.D. Banov. – Moscow: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2008. – 224 p.
9. 9. Mashiny i oborudovanie dlya proizvodstva sbornogo zhelezobetona. Otrasleyoj katalog. – Moscow: CNIIEStroj mash, 1991. – 552 p.
10. 10. Trofimov B.Ya. Tekhnologiya betona, stroitel'nyh izdelij i konstrukcij. – Chelyabinsk: Izd-vo YuUrGU, 2002. – 68 p.

Полевые деформационные штамповые опыты

¹ИБРАГИМОВ Кудайберген Ибрагимович, к.т.н., доцент, timurelnur@mail.ru,

^{1*}АРТЫКБАЕВ Дархан Жаксылыкович, PhD, зам. декана, artykbaev_d@mail.ru,

²БАЙБОЛОВ Канат Сейтжанович, к.т.н., доцент, первый проректор, kanat-bai@mail.ru,

³НАЗАРОВ Камол Игамбердиевич, PhD, начальник отдела, komil_tps@mail.ru,

¹Южно-Казахстанский университет им. М.О. Ауэзова, Казахстан, 160012, Шымкент, пр. Тауке хана, 5,

²Университет дружбы народов им. академика А. Куатбекова, Казахстан, 160011, Шымкент, ул. Толе би, 32,

³АО «Гидропроект», Узбекистан, 100100, Ташкент, ул. Бобура, 20,

*автор-корреспондент.

Аннотация. В данной работе представлены результаты полевых штамповых опытов. Для определения деформации для грунтов карьера № 2 и № 4 использовался штамп 35х35 см. В опытах мелкозернистые фракции не менее 5 см составляли от 18 до 25%. Определение сжимаемости камня проводилось под нагрузкой от 0-40 МПа. Нагрузка осуществлялась ступенями по 10, 20, 30, 40 кг/см². Каждую ступень нагрузки выдерживали до стабилизации деформации. Полученные деформационные характеристики приведены в виде графика зависимости между величиной осадки и вертикальной нагрузкой. Кроме того, в работе показано, что с увеличением в составе грунта мелкозема (< 5 мм) уменьшается величина осадки. Так, при нагрузках 4.0 МПа уменьшается величина осадки с 8.6 мм до 6.2 мм при увеличении мелкозема от 5% до 18%. Полевые опыты также показали, что наиболее оптимальное значение мелкозема в составе грунта 18-25%, при котором осадка не будет превышать 6 мм.

Ключевые слова: гранулометрический состав, штамп, гидравлический домкрат, модуль деформации, плотность, осадка штампа, мелкозем, смесь.

Введение

Одним из основных характеристик, определяющих профиль и поперечное сечение грунтовой плотины, являются сопротивление сдвигу и деформируемость гравийно-галечникового грунта.

Многочисленные натурные и специальные опыты показывают сложность механизма деформируемости грунтов. Исследование деформируемых свойств крупнообломочных грунтов является гораздо сложнее, по сравнению с исследованием прочностных характеристик грунтов. Деформативные свойства крупнообломочных грунтов связаны со многими факторами и параметрами грунтов. Система определяющих параметров при исследовании деформативных характеристик практически та же, что и при исследовании прочности. В то же время опыты по изучению и опыты на сжимаемость – это разные виды напряженного состояния. В вопросах прочности наибольшее значение имеет девиатор напряжения, а в компрессионных стабилиметрических испытаниях шаровой тензор, т.е. всестороннее гидростатическое обжатие [1-4].

В связи с проектированием и строительством высоких каменно-земляных плотин, получили широкое развитие всесторонние исследования физико-механических свойств крупнообломочных грунтов в наброске в условиях, когда эти ма-

териалы будут находится под большими нагрузками и испытывать сейсмические воздействия. Исследования проводились в лабораториях и полигонах Гидропроекта, Водгео, ВНИИГ и других институтах.

Несвязные грунты несмотря на их сходство по петрографическому составу, отличаются между собой по величине неоднородности смесей: содержанию в составе грунта максимальной фракции и содержанию мелкозема, поэтому в каждом конкретном случае возникает необходимость экспериментального определения характеристик прочностных, деформативных и их уплотняемости [5-12].

Учитывая опыт разработки карьеров при строительстве Чарвакской, Туполанской плотин, были выбраны граничные кривые с содержанием фракций менее 5 мм $m=5-18\%$ и $m=25\%$ с повышенным содержанием мелкозема менее 5 мм с постоянным коэффициентом неоднородности (рисунок 1).

Деформационные опыты на опытной площадке строительства Пскемской плотины. Проводились по методу статического нагружения на поверхность грунта жестким металлическим штампом размером 35х35 см. Определение сжимаемости камня проводилось под нагрузкой 0-40 кг/см². Нагрузка на грунт осуществлялась через

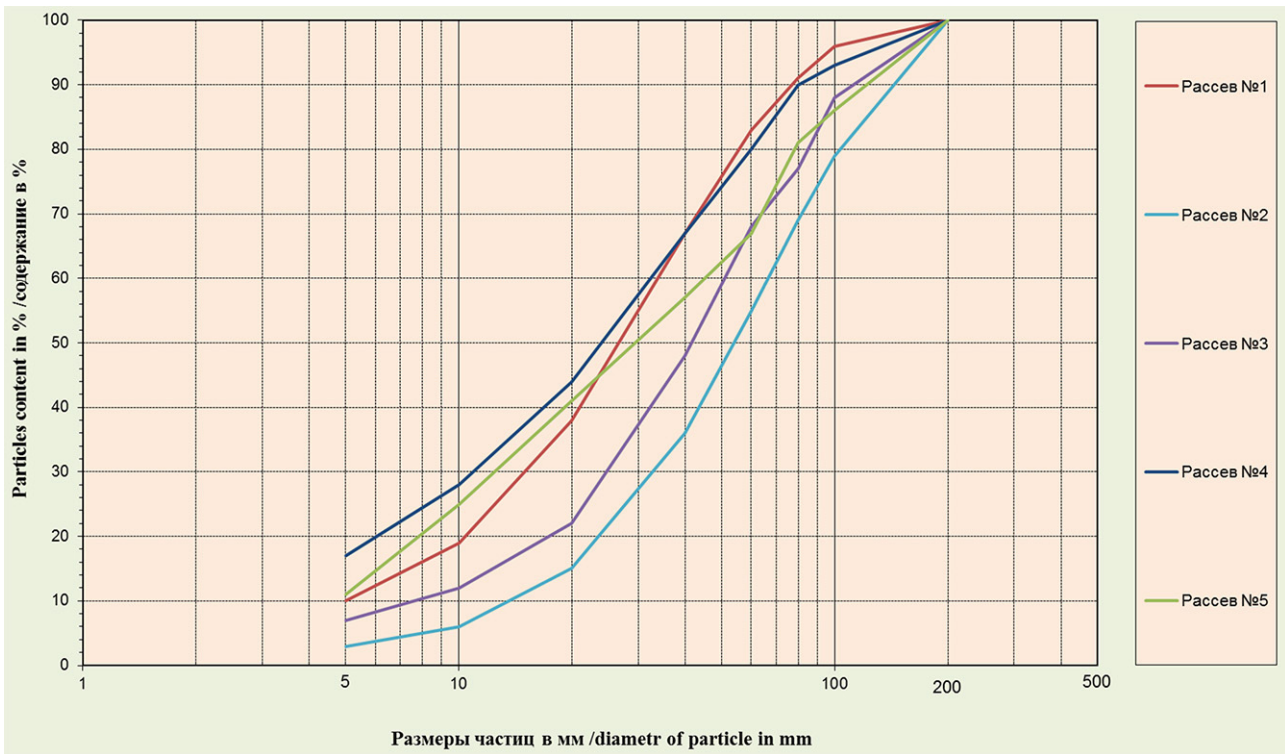


Рисунок 1 – Гранулометрический состав и плотность каменного материала, уложенного в опытную насыпь

металлический штамп ступенями по 10, 20, 30, 40 кг/см². На каждой ступени нагрузку выдерживали до стабилизации деформации, далее увеличивали нагрузку до следующей ступени.

В состав установки для испытания грунта штампом входили:

- штамп размером 35x35 см;
- для создания и измерения нагрузки на штамп использовался гидравлический домкрат ДГ200;
- анкерное устройство (для установок без грузовой платформы);
- устройство для измерения осадок штампа (индикатор часового типа ИЧ-25).

Конструкция установки обеспечивала возможность нагружения штампа ступенями давления по 0.01-0.1 МПа, центрированную передачу нагрузки на штамп, постоянство давления на каждую ступень нагружения. Отчеты по прогибомерам на каждой ступени нагружения проводили при испытании крупнообломочных грунтов и песков через каждые 10 мин в течение первого получаса, 15 мин, в течение второго получаса и далее через 30 мин до условной стабилизации деформации грунта. Все отчеты заносились в полевой журнал [13-16].

По данным испытаний построили график зависимости осадка штампа от давления.

Результаты полученных данных деформационных характеристик приведены на рисунках 2, 3, 4, 5.

Для определения модуля деформации использует линейный участок зависимости осадка штампа от нагрузки. Через опытные точки, нане-

сенные на график (рисунок), проводят методом наименьших квадратов осредняющую прямую, за начальные значения ρ_0 и S_0 принимают удельную нагрузку, равную бытовому давлению, и осадку, соответствующую этой нагрузке. За конечные значения ρ_n и S_n принимают значения ρ и S , соответствующие четвертой точке, если приращение осадки для этой точки не будет в две раза больше, чем для предыдущей ступени нагрузки. В противном случае осредняющая проводится через три точки.

Далее модуль деформации находится из выражения:

$$E = \frac{(1 - V^2)\omega d \Delta P}{\Delta S},$$

где $V=0.30$ – для песков и супесей 0.35 для суглинков, 0.42 для глин, $\omega=0.88$ для квадратного штампа, d – стороны штампа, Δ – приращение осадки штампа, соответствующее ΔP .

Как видно из гранулометрических составов и плотностей каменного материала, уложенного в опытную насыпь, относительные осадки слоя каменного материала в насыпи уменьшаются с увеличением в составе грунта мелкозернистых фракций ($фр < 5$ мм). При нагрузке 4.0 МПа также уменьшаются с 8.6 мм до 6.2 мм при увеличении мелкозема от 5% до 18%. При недостаточном количестве мелкозема пористость горной массы достаточно высокая и деформации материала значительные. Наиболее оптимальное значение мелкозема в составе грунта 18-25%, при котором осадка не будет превышать 6 мм [16-18].

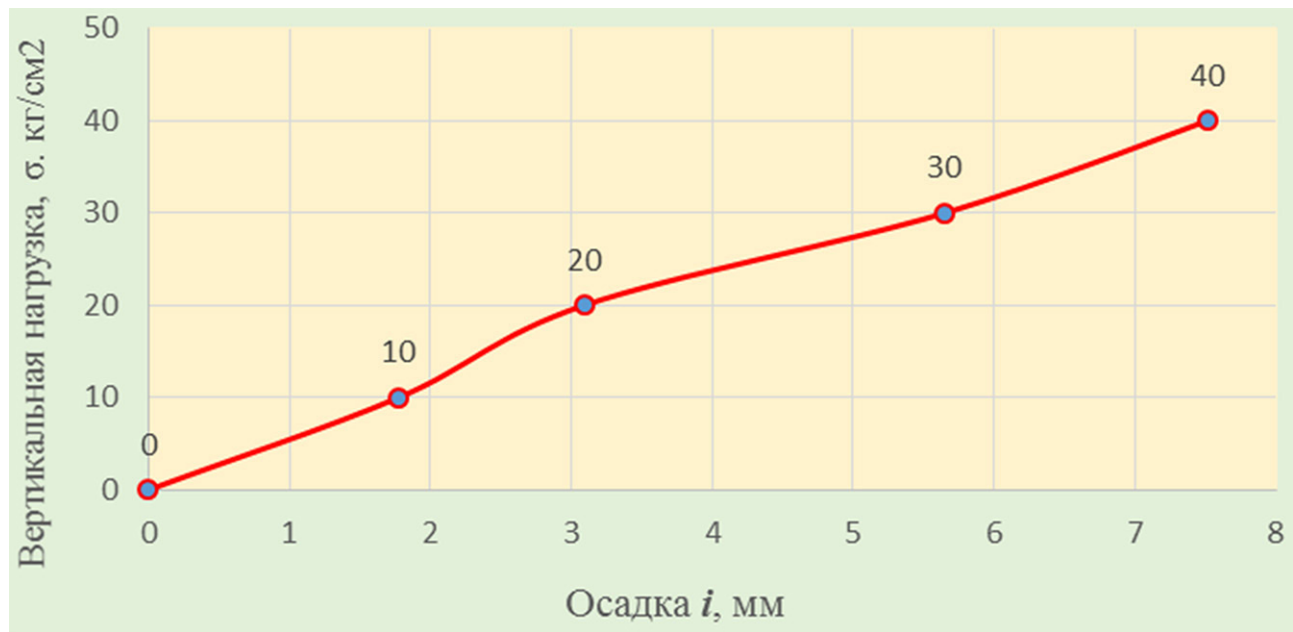


Рисунок 2 – График зависимости вертикальной нагрузки к осадке грунта упорной призмы НБ

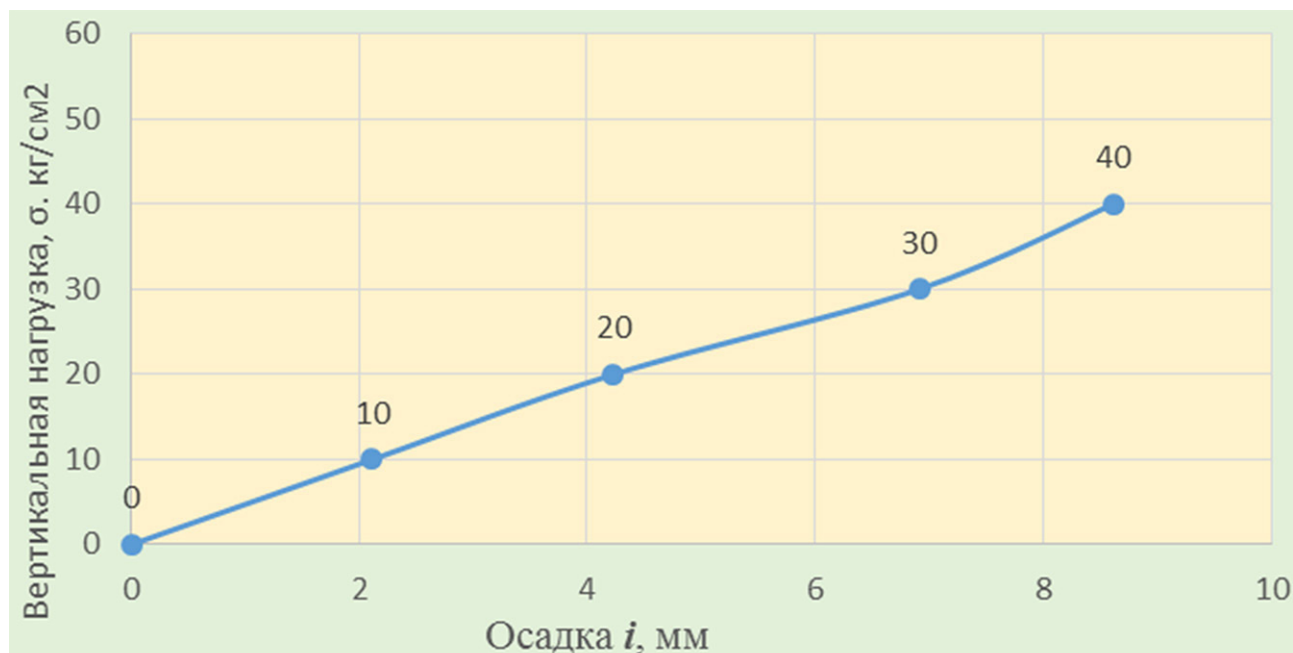


Рисунок 3 – График зависимости вертикальной нагрузки к осадке грунта упорной призмы НБ

Выводы

При разработке каменных карьеров при помощи взрывов предоставляется возможным производить оценку зернового состава получаемого каменного материала при помощи экспериментальных оптимальных кривых.

Одновременно с этим можно судить и об эффективности применяемого способа ведения буровзрывных работ в карьере, обеспечивающей получение каменного материала требуемого зернового состава. Для получения полной информа-

ции по зерновому составу каменного материала следует произвести опытно-экспериментальные взрывные работы, при которых определится способ взрывов для получения требуемых фракций.

По полученным данным наиболее рациональным, обеспечивающим сравнительно высокую плотность, является способ укладки каменного материала слоями толщиной не более 1,0 метра с обязательным смачиванием водой при расходе 150-300 л/м³ и уплотнением вибрирующим механизмом большого радиуса действия.

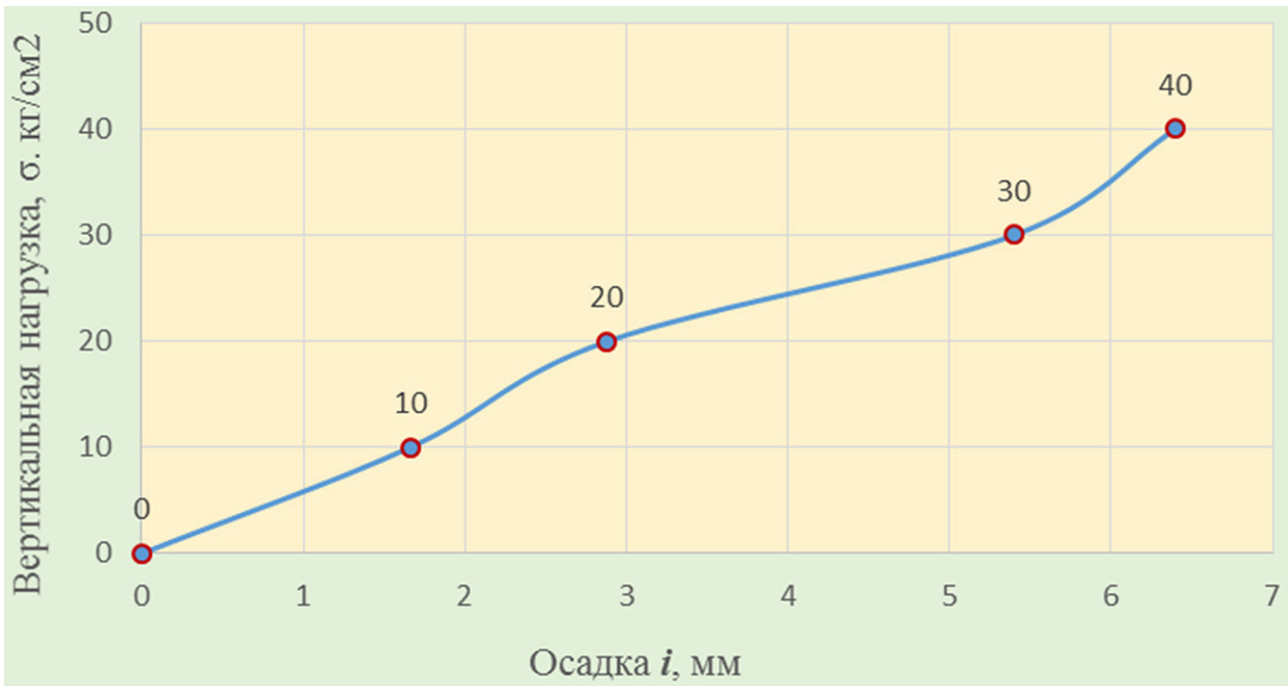


Рисунок 4 – График зависимости вертикальной нагрузки к осадке грунта упорной призмы ВБ

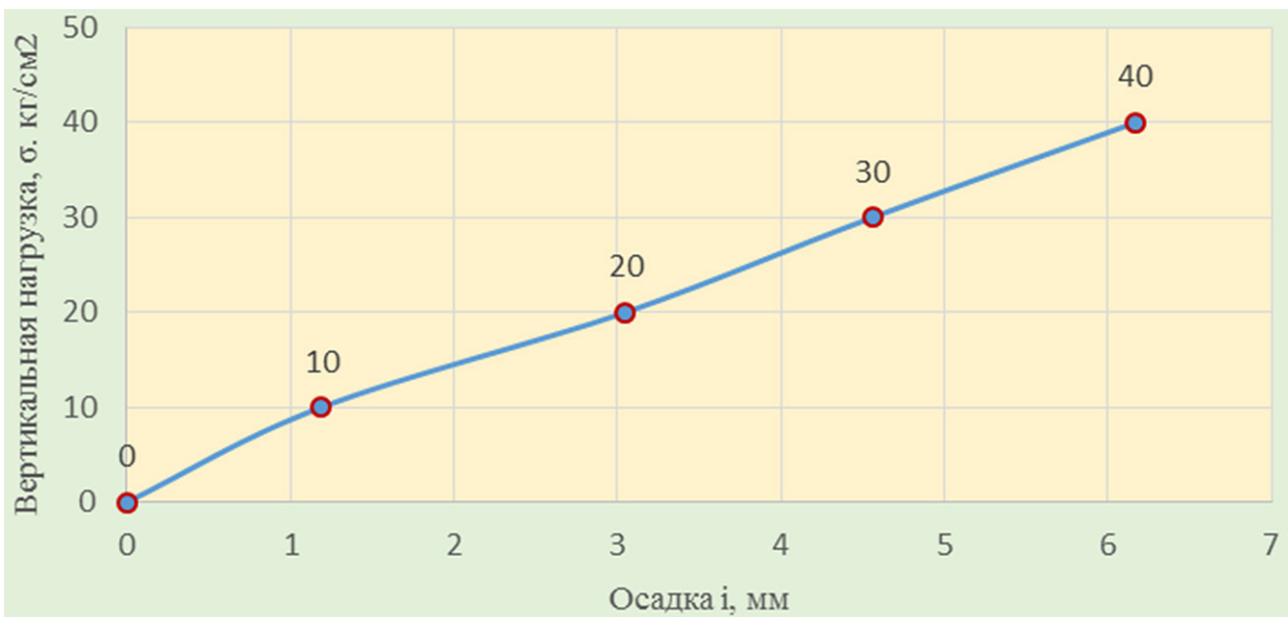


Рисунок 5 – График зависимости вертикальной нагрузки к осадке грунта упорной призмы ВБ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 5180. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
2. П 42-75 / ВНИИГ. Руководство по контролю качества возведения плотин из грунтовых материалов.
3. Казакбаев К.К., Петров Г.Н., Ибрагимов К.И. Строительные свойства крупнообломочных грунтов. Ташкент: Изд-во «Узбекистан», 1978. 170 с.
4. Ибрагимов К.И., Карабаев А.А., Карабаев Н.А. Теоретические основы определения плотности крупнообломочных грунтов // Труды международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и тенденции инновации в современной науке и образовании», посвященной 60-летию профессора Т.А. Турманбетова. 21-27 января 2017г. Туркестан, 2017. 6 с.
5. Ибрагимов К.И., Касымбекова К.Т., Байдилла И.О. Графо-аналитический метод определения плотности крупнообломочных грунтов // Труды научно-практической конференции «Ауезовские чтения – 15: Третья модернизация Казахстана. Новые концепции, современные решения», посвященной 120-летию М.О. Ауезова. Шымкент, 2017.

6. КМК 2.06.01-98 Плотины из грунтовых материалов.
7. Alshibli K.A., Williams H.S. A true triaxial apparatus for soil testing with mixed boundary conditions // Geotechnical testing journal. – 2005. – Vol. 28. – No. 6.
8. Babenko V.A., Voznesensky E.A., Yavlyaev P.A. Engineering geological survey in leave work on the content of retaining structures in landslide slope of highway // Environmental geosciences and engineering survey for territory protection and population safety (EngeoPro-2011) / International conference under the aegis of IAEG, Moscow, Russia, September 6-8, 2011 / Abstracts to proceedings – М.: ИП Киселева Н.В. (IE Kiseleva N.V.) – 2011. – pp. 120-121.
9. Buol S.W., Southard R.J., Graham R.C., McDaniel P.A. Soil genesis and classification. – 6th ed. – USA: Wiley – Blackwell, 2011. – P. 543.
10. Charles W.W. The state-of-the-art centrifuge modelling of geotechnical problems at HKUST // Journal of Zhejiang university SCIENCE A. – 2014. – Vol. 15. – P. 1-21.
11. Kevin S.R., Reddy K.R. True triaxial piping test apparatus for evaluation of piping potential in earth structures // Geotechnical testing journal. – 2010. – Vol. 33. – № 1. – P. 83-96.
12. Kuangmin Wei. Study on collapse behaviors of coarse-grained soils // Periodica Polytechnica, Civil Engineering. – 2012. – Vol. 56. – № 2. – P. 245-252.
13. Sangtarashha K., Fagher A., Pahlevan B. Variation of stiffness of Tehran coarse-grained soil with depth and strain // Deformation Characteristics of Geomaterials. IOS Press. Amsterdam. – 2011. – P. 1007-1015.
14. Shi W.-Ch., J.-G. Zhu, Ch.-f. Chiu, H.-I. Liu. Strength and deformation behaviour of coarsegrained soil by true triaxial test // Journal of Central South University. – 2010 – Vol. 17. – № 5. – P. 1095-1102.
15. Soroush A., Jannatiaghdam R. Behavior of Rockfill Materials in Triaxial Compression Testing. International Journal of Civil Engineering. June 2012, vol. 10, no. 2, pp. 153-183.
16. ГОСТ 12536 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
17. Радченко В.Г., Заирова В.А. Каменно-земляные и каменнонабросные плотины. Ленинград: Энергия, 1971.
18. Модернизация Туполангского гидроузла. Компонент № 1. Водохранилище ОАО «Узсувлойиха». 2012.

Далалық деформациялық штамптау тәжірибелері

¹ИБРАГИМОВ Құдайберген Ибрагимұлы, т.ғ.к., доцент, timurelnur@mail.ru,

^{1*}АРТЫҚБАЕВ Дархан Жақсылықұлы, PhD, декан орынбасары, artykbaev_d@mail.ru,

²БАЙБОЛОВ Қанат Сейтжанұлы, т.ғ.к., доцент, бірінші проректор, kanat-bai@mail.ru,

³НАЗАРОВ Камол Игамбердиевич, PhD, бөлім басшысы, kamil_tps@mail.ru,

¹М.О. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан, 160012, Шымкент, Тәуке хан даңғылы, 5,

²Академик Ә. Қуатбеков атындағы Халықтар достығы университеті, Қазақстан, 160011, Шымкент, Төле би көшесі, 32,

³«Гидропроект» АҚ, Өзбекстан, 100100, Ташкент, Бобур көшесі, 20,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Бұл жұмыста далалық штамптау тәжірибелерінің нәтижелері ұсынылды. № 2 және № 4 карьердің топырақтарына деформацияны анықтау үшін 35x35 см штамп қолданылды. Эксперименттерде 5 см-ден аз ұсақ түйіршікті фракциялар 18-ден 25%-ға дейін болды. Тастың сығылуын анықтау 0-40 МПа жүктеме астында жүргізілді. Жүктеме 10, 20, 30, 40 кг/см² қадамдармен жүзеге асырылды. Жүктеменің әр кезеңі деформация тұрақталғанға дейін сақталды. Алынған деформациялық сипаттамалар жауын-шашын мөлшері мен тік жүктеме арасындағы тәуелділік графигі түрінде келтірілген. Сонымен қатар, жұмыста топырақ құрамындағы ұсақ жердің (< 5 мм) ұлғаюымен жауын-шашын мөлшері азаятыны көрсетілген. Сонымен, 4.0 МПа жүктеме кезінде жауын-шашын мөлшері 8.6 мм-ден 6.2 мм-ге дейін азаяды, ал ұсақ жер 5%-дан 18%-ға дейін артады. Далалық тәжірибелер көрсеткендей, топырақ құрамындағы ұсақ жердің ең оңтайлы мәні 18-25% құрайды, онда жауын-шашын 6 мм-ден аспайды.

Кілт сөздер: гранулометриялық құрамы, штамп, гидравликалық домкрат, деформация модулі, тығыздық, шөгү штамп, ұсақ жер, қоспа.

Field Deformation Stamp Experiments

¹IBRAGIMOV Kudaibergen, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, timurelnur@mail.ru,

^{1*}ARTYKBAEV Darkhan, PhD, Deputy Dean, artykbaev_d@mail.ru,

²BAIBOLOV Kanat, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, First Vice-rector, kanat-bai@mail.ru,

³NAZAROV Kamol, PhD, Head of Department, kamil_tps@mail.ru,

¹M.O. Aueзов South Kazakhstan University, Kazakhstan, 160012, Shymkent, Tauke Khan Avenue, 5,

²Peoples' Friendship University n.a. academician A. Kuatbekov, Kazakhstan, 160011, Shymkent, Tole bi Street, 32,

³JSC «Hydroproject», Uzbekistan, 100100, Tashkent, Bobur Street, 20,

*corresponding author.

Abstract. This paper presents the results of field stamp experiments. To determine the deformation for the soils of quarry No. 2 and No. 4, a 35x35 cm stamp was used. In the experiments, fine-grained fractions of those less than 5 cm were from 18 to 25%. The compressibility of the stone was determined under a load of 0-40 MPa. The load was carried out in stages of 10, 20, 30, 40 kg/cm². Each stage of the load was maintained until the deformation was stabilized. The obtained deformation characteristics are shown in the form of a graph of the dependence between the amount of precipitation and the vertical load. In addition, it is shown that with an increase in the composition of the fine-grained soil (< 5 mm), the amount of precipitation decreases. Thus, at loads of 4.0 MPa, the amount of precipitation decreases from 8.6 mm to 6.2 mm with an increase in fine-grained soil from 5% to 18%. Field experiments have also shown that the most optimal value of fine earth in the composition of the soil is 18-25%, at which the sediment will not exceed 6 mm.

Keywords: granulometric composition, stamp, hydraulic jack, deformation modulus, density, stamp sediment, fine earth, mixture.

REFERENCES

1. GOST 5180. Grunty. Metody laboratornogo opredeleniya fizicheskikharakteristik.
2. P 42-75 / VNIIG. Rukovodstvo po kontrolyu kachestva vozvedeniya plotin iz gruntovykh materialov.
3. Kazakbaev K.K., Petrov G.N., Ibragimov K.I. Stroitel'nye svoystva krupnooblomochnykh gruntov. Tashkent: Publ. «Uzbekistan», 1978. 170 p.
4. Ibragimov K.I., Karabaev A.A., Karabaev N.A. Teoreticheskie osnovy opredeleniya plotnosti krupnooblomochnykh gruntov // Trudy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Aktual'nye problemy i tendencii innovacii v sovremennoj nauke i obrazovanii» posvyashchennoj 60-letiyu professora T.A. Turmanbetova. 21-27 yanvarya 2017g. Turkestan, 2017. 6 p.
5. Ibragimov K.I., Kasymbekova K.T., Bajdilla I.O. Grafo-analiticheskij metod opredeleniya plotnosti krupnooblomochnykh gruntov // Trudy nauchno-prakticheskoy konferencii «Auezovskie chteniya – 15: Tret'ya modernizaciya Kazahstana. Novye koncepcii, sovremennye resheniya», posvyashchennoj 120-letiyu M.O. Auezova. Shymkent, 2017.
6. KMK 2.06.01-98 Plotiny iz gruntovykh materialov.
7. Alshibli K.A., Williams H.S. A true triaxial apparatus for soil testing with mixed boundary conditions // Geotechnical testing journal. – 2005. – Vol. 28. – No. 6.
8. Babenko V.A., Voznesensky E.A., Yavlyayev P.A. Engineering geological survey in leave work on the content of retaining structures in landslide slope of highway // Environmental geosciences and engineering survey for territory protection and population safety (EngeoPro-2011) / International conference under the aegis of IAEG, Moscow, Russia, September 6-8, 2011 / Abstracts to proceedings – Moscow: IP Kiseleva N.V. (IE Kiseleva N.V.) – 2011. – pp. 120-121.
9. Buol S.W., Southard R.J., Graham R.C., McDaniel P.A. Soil genesis and classification. – 6th ed. – USA: Wiley – Blackwell, 2011. – P. 543.
10. Charles W.W. The state-of-the-art centrifuge modelling of geotechnical problems at HKUST // Journal of Zhejiang university SCIENCE A. – 2014. – Vol. 15. – pp. 1-21.
11. Kevin S.R., Reddy K.R. True triaxial piping test apparatus for evaluation of piping potential in earth structures // Geotechnical testing journal. – 2010. – Vol. 33. – No. 1. – pp. 83-96.
12. Kuangmin Wei. Study on collapse behaviors of coarse-grained soils // Periodica Polytechnica, Civil Engineering. – 2012. – Vol. 56. – No. 2. – pp. 245-252.
13. Sangtarashha K., Fakher A., Pahlevan V. Variation of stiffness of Tehran coarse-grained soil with depth and strain // Deformation Characteristics of Geomaterials. IOS Press. Amsterdam. – 2011. – pp. 1007-1015.
14. Shi W.-Ch., J.-G. Zhu, Ch.-f. Chiu, H.-I. Liu. Strength and deformation behaviour of coarsegrained soil by true triaxial test // Journal of Central South University. – 2010 – Vol. 17. – No. 5. – pp. 1095-1102.
15. Soroush A., Jannatiaghdam R. Behavior of Rockfill Materials in Triaxial Compression Testing. International Journal of Civil Engineering. June 2012, vol. 10, no. 2, pp. 153-183.
16. GOST 12536 Grunty. Metody laboratornogo opredeleniya granulometricheskogo (zernovogo) i mikroagregatnogo sostava.
17. Radchenko V.G., Zairova V.A. Kamunno-zemlyanye i kamennonabrosnye plotiny. Leningrad: Energiya, 1971.
18. Modernizaciya Tupolangskogo gidrouzla. Komponent no. 1. Vodohranilishche OAO «Uzsuvlojha». 2012.

Определение параметров и разработка конструкции сливного резервуара установки для гидрофобизации шлакового щебня с погружным нагревателем

¹*КУНАЕВ Вячеслав Александрович, к.т.н., и.о. доцента, зав. кафедрой, kunaev91@list.ru,

²ТИМУХИНА Елена Николаевна, д.т.н., профессор, зав. кафедрой, ETimuhina@usurt.ru,

³ГЕОРГИАДИ Иван Владимирович, директор,

¹Карагандинский индустриальный университет, Казахстан, 101400, Темиртау, пр. Республики, 30,

²Уральский государственный университет путей сообщения, Россия, 620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66,

³ТОО «Имсталькон-Темиртау», Казахстан, 101403, Темиртау, пр. Мира, 1А,

*автор-корреспондент.

Аннотация. В статье представлена конструкция установки для гидрофобизации шлакового щебня. Обоснована необходимость ее совершенствования для обеспечения ее работы при отрицательной температуре на открытом воздухе и в неотапливаемых помещениях. Выполнен расчет мощности погружного нагревателя, теплотеря и других параметров, позволивших определить требования к характеристикам погружного нагревателя. По установленным требованиям выбран нагреватель модели НФв 12-2-3х-н. Представлены чертеж и 3D-модель сливного резервуара с установленным погружным нагревателем.

Ключевые слова: шлаковый щебень, гидрофобизация, доменный шлак, погружной нагреватель, водоотталкивающий состав.

Введение

Доменный шлак, образующийся при производстве чугуна, представляет собой твердый отход, имеющий большое количество внутренних и внешних пор [1]. Одним из направлений его переработки является его использование в качестве дорожно-строительного шлакового щебня, при устройстве дорожных оснований. Однако дороги, построенные на основе такого материала, зачастую преждевременно разрушаются. Основной причиной этого является пористость доменного шлака. Влага, впитываемая порами шлакового щебня в летний период, замерзает зимой, и при расширении разрушает зерна шлака и дорогу, построенную на его основе.

Решить эту проблему можно, например, путем гидрофобизации материала – его пропитки водоотталкивающим составом, например, отработанным моторным маслом. Возможные варианты реализации обработки шлакового щебня этим способом описаны в работах [2-5] и др.

Теория вопроса

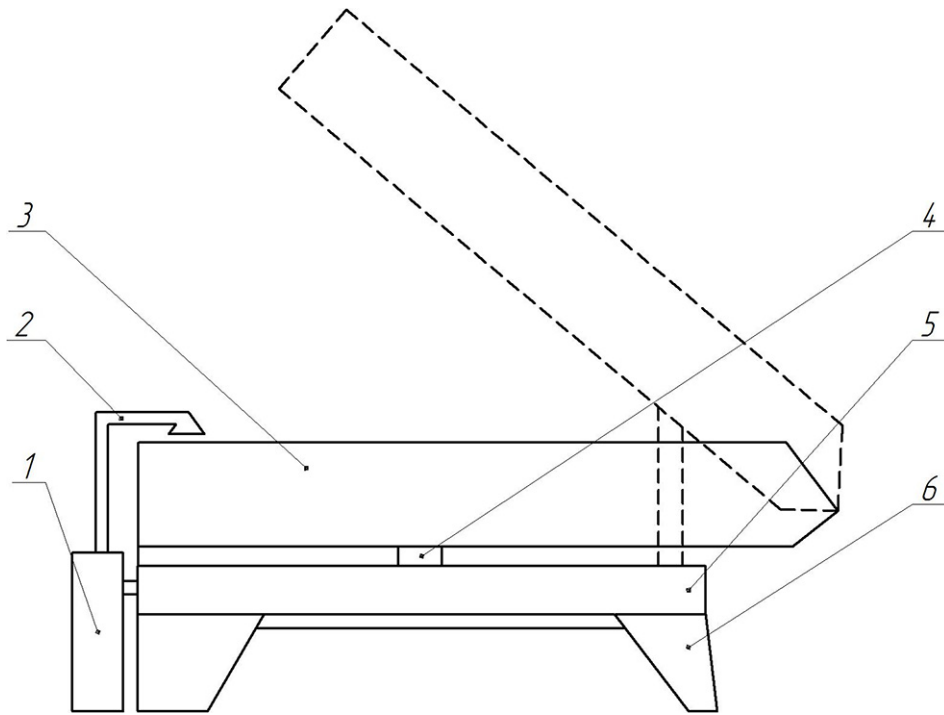
Пропитку шлакового щебня водоотталкивающим составом можно осуществлять, например,

при помощи установки, экспериментальная схема которой представлена на рисунке 1.

Эта установка функционирует следующим образом. Шлаковый щебень загружается одноковшовым погрузчиком в пропиточный резервуар 3. После этого насосом 1 из дополнительного сливного резервуара 5 в пропиточный резервуар 3 нагнетается водоотталкивающий состав (отработанное моторное масло). При этом объем водоотталкивающего состава должен быть таким, чтобы все зерна шлакового щебня находились ниже его уровня. Далее осуществляется пропитка шлакового щебня гидрофобизатором в течение заданного времени, после чего гидрофобизатор возвращается по трубопроводам 4 в сливной резервуар. Пропиточный резервуар 3 опрокидывается для выгрузки гидрофобизированного щебня. Затем начинается новый рабочий цикл.

Описание материалов и методов анализа

Предварительные экспериментальные исследования [5] подтвердили эффективность предложенного Кунаевым В.А. способа обработки шлакового щебня. Однако при эксплуатации установки для гидрофобизации шлакового щебня



1 – насос для перекачивания водоотталкивающего состава; 2 – заливной трубопровод; 3 – пропиточный резервуар; 4 – сливной трубопровод; 5 – сливной резервуар; 6 – рама

Рисунок 1 – Схема установки для гидрофобизации шлакового щебня

в зимний период в условиях резко континентального климата Республики Казахстан на открытом воздухе или в неотапливаемом помещении необходим нагрев водоотталкивающего состава на основе синтетических масел до температуры $0...+20^{\circ}\text{C}$, а составов на основе минеральных масел, а также других вязких жидкостей до температуры $+20...+40^{\circ}\text{C}$.

Для нагрева водоотталкивающего состава до необходимой температуры предлагается использовать специализированные погружные нагреватели для нефтепродуктов. В качестве места для установки погружного нагревателя выбран сливной резервуар. Для экономичного расходования тепла, излучаемого нагревателем, стенки сливного резервуара оборудуются изоляцией толщиной 2,5 см. Выполним расчет мощности погружного нагревателя, необходимой для нагрева водоотталкивающего состава, находящегося в сливном резервуаре. Установленная мощность $P_{\text{уст.}}$ определяется как сумма мощности, необходимой для повышения температуры заданного объема жидкости $P_{\text{пов.темп.}}$, тепловых потерь.

$$P_{\text{уст.}} = P_{\text{пов.темп.}} + P_{\text{потер.}}, \quad (1)$$

Мощность, требуемая для повышения температуры заданного объема жидкости, рассчитывается по общеизвестной зависимости:

$$P_{\text{пов.темп.}} = \frac{M \cdot C_p \cdot (t_2 - t_1) \cdot 1.2}{860 \cdot t_{\text{нагр.}}}, \quad (2)$$

где M – масса водоотталкивающего состава, кг;
 $C_p = 0,4$ ккал/кг $\cdot^{\circ}\text{C}$ – удельная теплоемкость водоотталкивающего состава на основе отработанного моторного масла);
 $t_2 = 20^{\circ}\text{C}$ – необходимая конечная температура;
 $t_1 = -10^{\circ}\text{C}$ – начальная температура водоотталкивающего состава;
 $t_{\text{нагр.}} = 2...15$ час. (var) – время нагрева.
 Теплотери $P_{\text{потер.}}$ определяются по формуле:

$$P_{\text{потер.}} = \frac{S_{\text{пов.рез.}} \cdot (t_2 - t_a) \cdot K \cdot 1.2}{860}, \quad (3)$$

где $S_{\text{пов.рез.}}$ – площадь поверхности теплообмена резервуара, м 2 ;
 $t_a = t_1 = -10^{\circ}\text{C}$ – температура окружающей среды;
 $K = 2.1$ ккал/(час \cdot м 2 $\cdot^{\circ}\text{C}$) – коэффициент теплообмена при расположении резервуара вне помещения, наличии изоляции толщиной 2,5 см и скорости ветра не более 10 км/час;
 1.2 – коэффициент запаса, связанный с производственными допусками и изменениями в напряжении сети питания.

В качестве ограничения для упрощения расчета площади поверхности теплообмена $S_{\text{пов.рез.}}$ принято, что сливной резервуар, в котором устанавливается погружной нагреватель, имеет форму прямоугольного параллелепипеда с размерами сторон $a = 5$ м, $b = 1,5$ м, $c = 0.4$ м. Тогда площадь поверхности теплообмена $S_{\text{пов.рез.}}$ составит:

$$S_{\text{пов.рез.}} = 2ab + 2bc + 2ac = 2 \cdot 5 \cdot 1.5 + 2 \cdot 1.5 \cdot 0.4 + 2 \cdot 5 \cdot 0.4 = 20.2 \text{ м}^2. \quad (4)$$

Масса водоотталкивающего состава рассчитывается как произведение его плотности $\rho_{\text{вод.сост.}}$ (для моторного масла составляет 900 кг/м^3) и занимаемого объема $V_{\text{вод.сост.}}$, который, в свою очередь, можно выразить в качестве произведения напора (высота столба водоотталкивающего состава) и площади основания пропиточного резервуара:

$$M = \rho_{\text{вод.сост.}} \cdot V_{\text{вод.сост.}} = \rho_{\text{вод.сост.}} \cdot H \cdot S_{\text{осн}} = 900 \cdot 0.456 \cdot 6 = 2462 \text{ кг}. \quad (5)$$

Выполнив преобразования, получим конечную формулу для расчета мощности погружного нагревателя, необходимой для нагрева водоотталкивающего состава в сливном резервуаре:

$$P_{\text{уст.}} = \frac{M \cdot C_p \cdot (t_2 - t_1) \cdot 1.2}{860 \cdot t_{\text{нагр.}}} + \frac{S_{\text{пов.рез.}} \cdot (t_2 - t_a) \cdot K \cdot 1.2}{860}, \quad (6)$$

Проверим правильность формулы (6) путем подстановки соответствующих единиц измерения:

$$\begin{aligned} [P_{\text{уст.}}] &= \frac{[M] \cdot [C_p] \cdot [t] \cdot 1.2}{860 \cdot [t_{\text{нагр.}}]} + \frac{[S_{\text{пов.рез.}}] \cdot [t] \cdot [K] \cdot 1.2}{860} = \\ &= \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{час}} + \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}}{\text{час}} = \\ &= \frac{\text{ккал}}{\text{час}} = \frac{\text{кВт} \cdot \text{час}}{\text{час}} = \text{кВт}. \end{aligned} \quad (7)$$

Мощность измеряется в киловаттах (кВт), следовательно, формулу можно использовать для расчета.

Выполним расчет мощности погружного нагревателя для минимального времени нагрева ($t_{\text{нагр.}} = 2 \dots 15$ час), подставив исходные данные в формулу (6):

$$P_{\text{уст.}} = \frac{2462 \cdot 0.4 \cdot (20 - (-10)) \cdot 1.2}{860 \cdot 2} + \frac{20.2 \cdot (20 - (-10)) \cdot 2.1 \cdot 1.2}{860} = 22.39 \text{ кВт}. \quad (8)$$

Для выбора оптимального времени нагрева на основании расчетов по формуле (6) построен график (рисунок 2), показывающий зависимость необходимой мощности $P_{\text{уст.}}$ от времени нагрева водоотталкивающего состава $t_{\text{нагр.}}$.

Построенная графическая зависимость аппроксимируется степенной функцией с коэффициентом достоверности $R_2 = 0.996$:

$$y = 36.51x^{-0.78}. \quad (9)$$

Подставляя в выражение (9) вместо x необходимое время нагрева $t_{\text{нагр.}}$, на выходе можно получить требуемую мощность погружного нагревателя.

Визуальный анализ графической зависимости на рисунке 2 показывает, что наиболее значительное снижение требуемой мощности $P_{\text{уст.}}$ (с 22,39 до 10,02 кВт) достигается при увеличении времени нагрева $t_{\text{нагр.}}$ с 2 до 5 часов.

Конструктивно погружной нагреватель должен обладать малой высотой (не более 0,4 м). В противном случае он не поместится внутри сливного резервуара.

Учитывая ограничения, накладываемые кон-

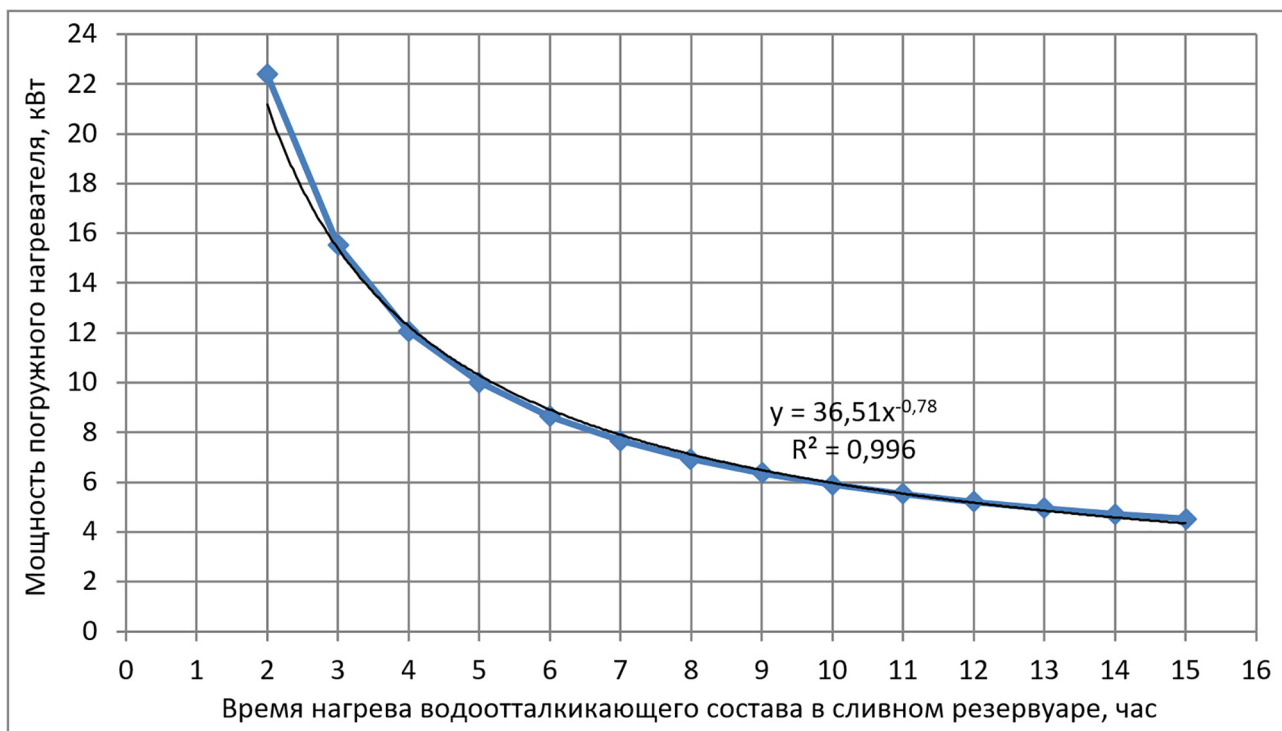


Рисунок 2 – Зависимость требуемой мощности погружного нагревателя от времени нагрева

струкцией установки для гидрофобизации шлакового щебня, и результаты анализа зависимости $P_{уст.} = f(t_{нагр.})$, примем, что мощность погружного нагревателя должна соответствовать условию $P_{уст.} \geq 10,02$ кВт при высоте корпуса нагревателя, соответствующей условию $h_{нагр.} \leq 0,4$ м.

Данным условиям соответствует погружной нагреватель модели НФв 12-2-3х-н, представленный на рисунке 3 [6].

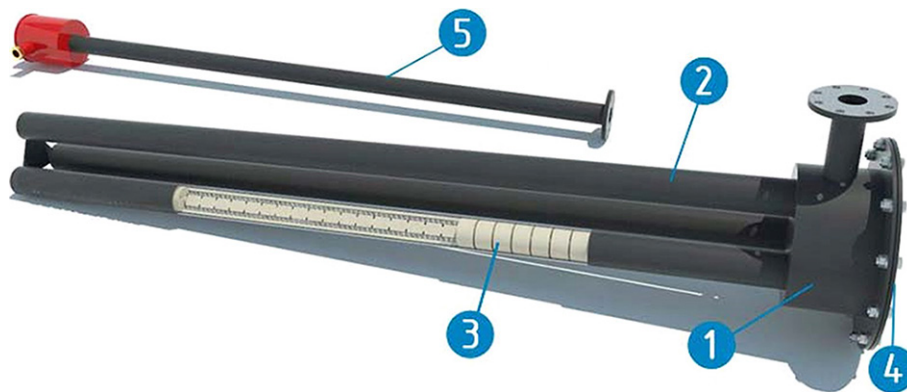
Технические характеристики погружного нагревателя нефтепродуктов НФв 12-2-3х-н представлены в таблице [6]. Чертеж сливного резервуара с установленным в нем погружным нагревателем с необходимыми размерами показан на рисунке 4. Расположение погружного нагре-

вателя в сливном резервуаре приведено также на 3D-модели, представленной на рисунке 5.

Сливной резервуар предлагаемой конструкции (рисунок 5) подходит для использования в составе установки для гидрофобизации шлакового щебня при ее эксплуатации в зимний период.

Заключение

Дальнейшие исследования в области разработки конструкции для гидрофобизации шлакового щебня направлены на определение водостойкости гидрофобизированного шлакового щебня при многократном повторении циклов водонасыщения и установлении допустимого времени насыщения водой без ущерба водостойкости.

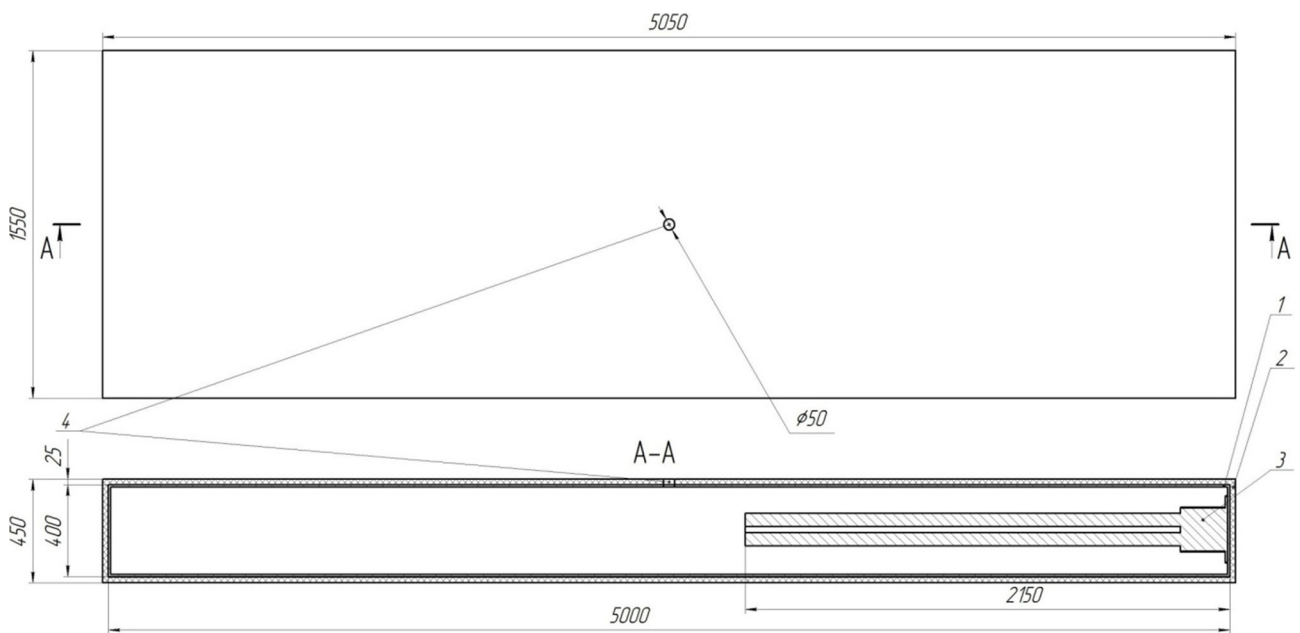


1 – корпус нагревателя во взрывозащищенном исполнении, 2 – лакокрасочное покрытие, 3 – керамические нагревательные стержни с нихромовыми спиралями, 4 – соединительная коробка во взрывозащищенном исполнении, 5 – погружная штанга во взрывозащищенном исполнении

Рисунок 3 – Устройство погружного нагревателя нефтепродуктов НФв 12-2-3х-н

Технические характеристики погружного нагревателя НФв 12-2-3х-н

№	Параметр	Значение
1	Удельная поверхностная мощность, Вт/см ²	до 1,1
2	Номинальная мощность, кВт	12
3	Напряжение питающей сети, В	220/380
4	Рабочие среды	светлые и темные нефтепродукты, минеральные масла, битум, мазут, водные растворы, дизельное топливо, нефтешламы
5	Категория взрывоопасных смесей	IIA, IIB группы T1...T3
6	Зоны эксплуатации	не взрывоопасные
7	Внешний диаметр труб, мм	60
8	Материал	Ст3, 09Г2С, AISI304, AISI321, AISI316
9	Маркировка взрывозащиты	1ExdIIBT3X
10	Количество трубных нагревателей, шт.	3
11	Габаритные размеры (длина, мм х диаметр монтажного отверстия, мм)	2150x295
12	Масса без учета погружной стойки, кг	75



1 – корпус сливного резервуара; 2 – изоляция (толщиной 25 мм), 3 – погружной нагреватель НФв 12-2-3х-н,
4 – отверстие для слива водоотталкивающего состава из пропиточного резервуара

Рисунок 4 – Сливной резервуар с установленным погружным нагревателем (вид сверху, вид спереди)

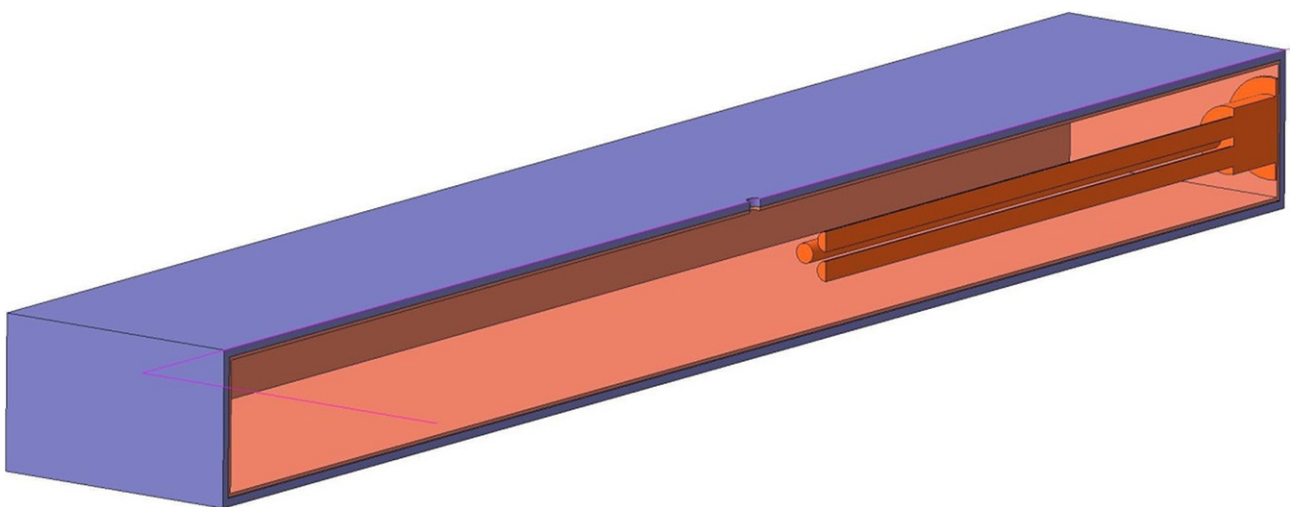


Рисунок 5– 3D-модель сливного резервуара с установленным погружным нагревателем (в разрезе)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 8269.0-97 – Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний.
- Кадыров А.С., Кунаев В.А., Георгиади И.В. Отходы черной металлургии и отработанные технические жидкости для получения материала дорожных оснований // Экология и промышленность России. 2017. – 21(12). – С. 44-48.
- Кадыров А.С., Кунаев В.А., Байджанов Д.О. Способ обработки шлакового щебня. Патент на полезную модель (Казахстан). № 2611. 12.02.2018. Бюл. № 6.
- Kadyrov A.S., Kunaev V.A., Georgiadi I.V. Prospects for processing of ferrous metallurgical waste based on Arcelormittal Temirtau experience // Metallurgist. – 2018. – Vol. 62 (Issue 1-2). – P. 22-28.
- Кунаев В.А., Кадыров А.С., Георгиади И.В. Разработка и исследование математической модели процесса гидрофибизации шлакового щебня // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникации им. М. Тынышпаева. – 2017. – № 4 (103). – С. 298-306.
- Нагреватели взрывозащищенные НФв [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://tdsarrz.ru/produksiya/sistemy_obogreva_rezervuarov_i_emkostey/nagrevateli_vzryvozaschischnyye_nfv.html (дата обращения: 07.07.2021).

Батырылатын жылытқышы бар қожды қиыршық тасты гидрофобизациялауға арналған қондырғының ағызу резервуарының параметрлерін анықтау және конструкциясын әзірлеу

¹*КУНАЕВ Вячеслав Александрович, т.ф.к., доцент м.а., кафедра меңгерушісі, kunaev91@list.ru,

²ТИМУХИНА Елена Николаевна, т.ф.д., профессор, кафедра меңгерушісі, ETimuhina@usurt.ru,

³ГЕОРГИАДИ Иван Владимирович, директор,

¹Қарағанды индустриалды университеті, Қазақстан, 101400, Теміртау, Республика даңғылы, 30,

²Орал мемлекеттік жолдар хабарламалар университеті, Ресей, 620034, Екатеринбург, Колмогоров көшесі, 66,

³«Имсталкон Теміртау» ЖШС, Қазақстан, 101403, Теміртау, Бейбітшілік даңғылы, 1А,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақалада қож қиыршық тасты гидрофобизациялауға арналған қондырғының құрылымы берілген. Ашық ауада және жылытылмайтын бөлмелерде теріс температурада жұмыс істеуді қамтамасыз ету үшін оны жетілдіру қажеттілігі негізделген. Батырылатын жылытқыштың қуатын, жылу шығынын және басқа параметрлері есептелді, бұл батырылатын жылытқыштың сипаттамаларына қойылатын талаптарды анықтауға мүмкіндік берді. Белгіленген талаптарға сәйкес НФв 12-2-3х-н модельдік жылытқышы таңдалды. Ағызу резервуарының сызбасы мен 3D моделі ұсынылған.

Кілт сөздер: қож қиыршық тас, гидрофобизация, домна пеші, батырылатын жылытқыш, су өткізбейтін композиция.

Determination of Parameters and Development of the Design of the Drain Tank of the Installation for the Hydrophobization of Crushed Slag with an Immersion Heater

¹*KUNAEV Vyacheslav, Cand. Tech. Sci., acting Associate Professor, Head of Department, kunaev91@list.ru,

²TIMUHINA Elena, Dr. Tech. Sci., Professor, Head of Department, ETimuhina@usurt.ru,

³GEORGIADI Ivan, Director,

¹Karaganda Industrial University, Kazakhstan, 101400, Temirtau, Republic Avenue, 30,

²Ural State University of Railway Transport, Russia, 620034, Yekaterinburg, Kolmogorov Street, 66,

³«Imstalkon-Temirtau» LLP, Kazakhstan, 101403, Temirtau, Mir Avenue, 1A,

*corresponding author.

Abstract. The article presents the construction of the machine for the hydrophobization of slag crushed stone. It also substantiates the necessity of its improvement to ensure its operation at negative temperatures outside and in unheated rooms. The calculation of the power of the immersion heater, heat loss and other parameters was carried out. It made it possible to determine the requirements for the characteristics of the immersion heater. According to the established requirements, the heater model NFv 12-2-3x-h was selected. A drawing and a 3D-model of a drain tank with an installed immersion heater are presented.

Keywords: slag crushed stone, hydrophobization, blast furnace slag, immersion heater, water-repellent composition.

REFERENCES

1. GOST 8269.0-97 – Shcheben' i gravij iz plotnyh gornyh porod i othodov promyshlennogo proizvodstva dlya stroitel'nyh rabot. Metody fiziko-mekhanicheskikh ispytanij.
2. Kadyrov A.S., Kunaev V.A., Georgiadi I.V. Othody chernoj metallurgii i otrabotannye tekhnicheskie zhidkosti dlya polucheniya materiala dorozhnyh osnovanij // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2017. – 21(12). – pp. 44-48.
3. Kadyrov A.S., Kunaev V.A., Bajdzhанov D.O. Sposob obrabotki shlakovogo shchebnya. Patent na poleznuyu model' (Kazakhstan). No. 2611. 12.02.2018. Byul. No. 6.
4. Kadyrov A.S., Kunaev V.A., Georgiadi I.V. Prospects for processing of ferrous metallurgical waste based on Arcelormittal Temirtau experience // Metallurgist. – 2018. – Vol. 62 (Issue 1-2). – pp. 22-28.
5. Kunaev V.A., Kadyrov A.S., Georgiadi I.V. Razrabotka i issledovanie matematicheskoy modeli processa gidrofobizacii shlakovogo shchebnya // Vestnik Kazahskoj akademii transporta i kommunikacii im. M. Tynyshpaeva. – 2017. – No. 4 (103). – pp. 298-306.
6. Nagrevateli vzryvozaschischennye NFv [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://tdsarrz.ru/produkcija/sistemy_obogreva_rezervuarov_i_emkostey/nagrevateli_vzryvozaschischennye_nfv.html (data obrashcheniya: 07.07.2021).

Establishing Forces of Soil Resistance to Cutting with Milling Working Bodies

¹KADYROV Adil, Dr. Tech. Sci., Professor, adil.suratovich@mail.ru,

²SAKHAPOV Rustem, Dr. Tech. Sci., Professor, Head of Department, rustem@sakhapov.ru,

^{1*}ZHUNUSBEKOVA Zhanara, PhD, acting Associate Professor, zhzhzh_84@mail.ru,

¹GANYUKOV Alexander, PhD, Senior Lecturer, sgn2002@mail.ru,

³SUYUNBAYEV Shinolat, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, dilmurodpgups@mail.ru,

¹Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

²Kazan State University of Architecture and Engineering, Russia, Tatarstan, 420043, Kazan, Zelenaya Street, 1,

³Tashkent State Transport University, Uzbekistan, 100067, Tashkent, Odilkhodzhaev Street, 1,

*автор-корреспондент.

Abstract. The features of the development of soils by a milling working body do not allow us to directly use the conclusions of various theories of cutting soils. The goal is to establish theoretical coefficients that take into account changing the cutting force during milling the soil. The article presents the first obtained dependences on changing the cutting force of soils during their milling at the depth of the bottom hole, hydrostatic and hydrodynamic pressures of the solution on the cut chips and the curvature of the tool path. The cutting force is affected by the hydrostatic pressures of the clay solution and the shear resistance. The coefficients of the working conditions are obtained. The coefficients describe the qualitative picture of soil cutting. They give the ratio of forces during rectilinear destruction of the soil to the forces arising during its milling.

Keywords: cutting forces, clay solution, milling, chip element, slurry wall.

Introduction

Soil milling is used in the construction of underground structures using the «wall in the soil» method [1, 2, 3]. The destruction of the soil occurs in the environment of a clay solution that protects the walls of the trenches from collapse. The diameters of the cutters fluctuate significantly. Figure 1 shows the milling machine.

The general way of defining cutting forces is considering the equilibrium of the chip element to be cut off. In the period of time preceding the soil spalling in the chip element at the speed of sound, a shock wave of elastic stresses propagates, which ultimately leads to the formation of the spalling surface at the angle ψ to the tangent to the trajectory of the cutter. The front of the shock wave of deformations is directed along the normal to the frontal edge of the cutting tool. Elastic deformation stress only causes volumetric deformation of the soil. At the same time (in cohesive soils) a compacted core is formed in front of the cutter of the working body. Its formation occurs due to the compaction of the soil that has experienced elastic-plastic deformation that has turned into crushing deformation. A front of plastic deformations that do not cause changes in the shape of the soil mass propagates in front of the compacted core. Thus, within this period of time, the cutting force is a variable value and is characterized by the

ratio of the rates of elastic and plastic deformations, as well as the masses of the soil experiencing one or another deformation.

For practical calculations of the cutting force, it is necessary to determine the maximum value of the cutting force that occurs at the moment that differs from the moment of spalling by an infinitely small amount of time.

Description of materials and methods of analysis. The element of the sheared shavings abc (Figure 2) is acted upon by the force of normal pressure N_p from the side of the cutter, the weight of the chips P , hydrostatic pressure $P_{g.c.}$, centrifugal force $P_{c.b.}$ arising as a result of movement around the axis along the radius R , reaction from the side of the soil at the spalling site R^r and the normal to it force R^σ , the resistance force at the wear site $P_{iz.}$, as well as the additional force $P_{dop.}$ the existence of which is due to the kinematic milling of the soil. The cutter has the cutting angle δ , the clearance angle ν , the width b , the wear area of the width a . The back edge of the cutter is acted upon by the force of hydrostatic pressure. The spalling area is inclined to the tangent to the cutting path at the angle ψ .

Let us express each of the forces acting on the spalling chip element depending on the geometric parameters and soil characteristics. At the first stage of the analysis, we will not take into account the forces

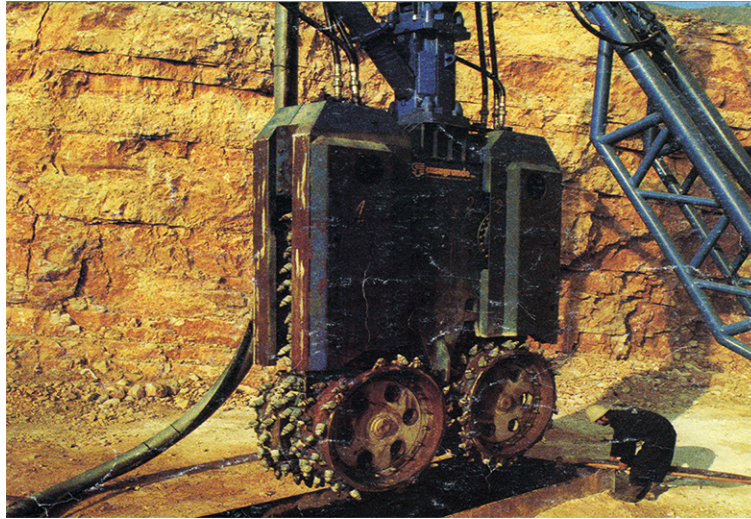


Figure 1 – Trenching plant of the Soletansh Company

P_{dop} and P_{iz} , considering cutting with a sharp knife.

The chip element is characterized by the following geometrical parameters (Figure 2).

$$\delta.c. = h(\text{ctg}\delta + \text{ctg}\psi); \quad (1)$$

$$F_{g.c.} = bh(\text{ctg}\delta + \text{ctg}\psi); \quad (2)$$

$$V_c = \frac{bh^2}{2}(\text{ctg}\delta + \text{ctg}\psi), \quad (3)$$

where $\delta.c.$ is the length of the spalling element;

$F_{g.c.}$ is the surface area of the chip that is in the contact with the clay solution;

V_c is the chip volume.

Taking into account expression (3), the weight of the chip being cut off

$$P_c = \frac{bh^2\rho_2g}{2}(\text{ctg}\delta + \text{ctg}\psi). \quad (4)$$

The centrifugal force

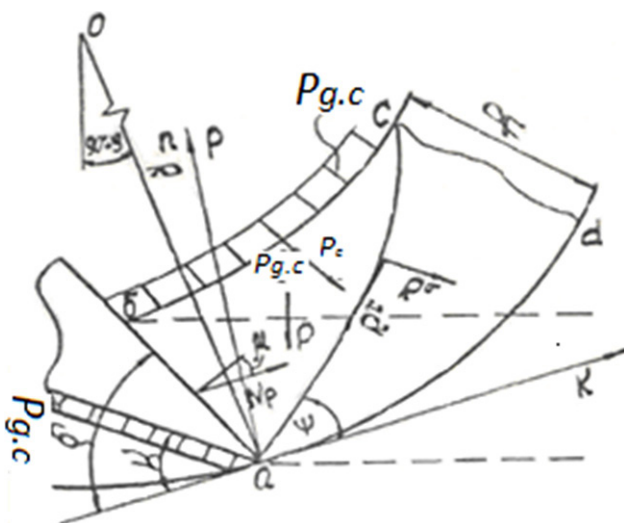


Figure 2 – The diagram of forces acting on the chip element when milling

$$P_{c.b.} = \frac{V_c\rho_2V_0^2}{2R} = \frac{bh^2\rho_2V_0^2}{2R}(\text{ctg}\delta + \text{ctg}\psi). \quad (5)$$

The resultant force of hydrostatic pressure on the element of the chip being cut off

$$P_{g.c.} = bhq(\text{ctg}\delta + \text{ctg}\psi). \quad (6)$$

The value of the distributed pressure of the solution on the ground g depends on the values of the head, the density of the solution and the pressure transfer coefficient η . According to A.A. Shatalov [4], η reaches the highest values in soils with the lowest permeability (equal to unity for dense clays) and the smallest values in sands and gravelly soils.

In our opinion, the physical picture of the effect of the permeability degree of soils on the process of transferring pressure deep into the massif and on the cutter is that as the depth of filtration of the clay solution into the soil l_φ increases, the pressure difference on the cutter along the frontal and rear edges decreases. The liquid penetration for a part of the chip thickness limits the zone of uneven reduction of the cutter. With complete solution filtration, the cutter is compressed from all the sides by hydrostatic pressure and does not experience additional loading. In this case, changing the cutting force occurs due to changing the rheological characteristics of the soil.

Based on these considerations, it is natural to assume that there is a relationship between the filtration depth l_φ , the thickness of the chips h and the pressure transfer coefficient

$$\eta = 1 - \frac{l_\varphi}{h}. \quad (7)$$

In accordance with relationship (7), for dense bonded soils $l_\varphi=0$, the coefficient $\mu=1$. For loose soils, the depth of mud filtration can approach the values of the chip thickness, and the pressure transfer coefficient can approach zero.

Proposed formula (7) does not take into account the time the bottomhole is in contact with the clay

solution. Therefore, for milling and drilling machines that differ in speed when cutting chips, it is more correct to determine the pressure transfer coefficient according to the dependence:

$$\eta = 1 - \frac{V_\varphi}{V}, \quad (8)$$

where V_φ is the filtration rate.

In work [5], the filtration rate of the clay solution into the soil was determined depending on piezometric pressure, the coefficient of soil porosity, the viscosity of the clay solution and its limiting shear stress. Naturally, the filtration rate of the clay solution into the soil is lower than that of water. Taking the worst version of the calculation and assuming that permeability of the soil to the solution is equal in the limit of permeability during the movement of water, we determine the maximum possible filtration rate that is described by the Darcy law:

$$V_\varphi = K_\varphi J, \quad (9)$$

where K_φ is the filtration coefficient;

J is piezometric pressure.

Focusing on the values of the filtration coefficient established by soil scientists [7] ($1 \cdot 10^{-7}$ m/s for clays and $1 \cdot 10^{-3}$ m/s for gravel and coarse-grained sandy soils), we find that for any practical possible piezometric pressure head the filtration rate of the clay solution is comparable to the feed rate. $V = 0.5 \dots 1 \cdot 10^{-2}$ m/s only in coarse sands and gravel soils. In these soil conditions, the construction of foundations by the «slurry wall» method is unacceptable even when protecting the walls of the trench from collapse with a clay mortar. It can be argued that during the operation of milling and boring machines, the pressure transfer coefficient is practically equal to unity, and physical and mechanical characteristics of the soil do not have time to change. Taking into account (9), we obtain:

$$P_{g.c.} = bh\alpha g \left(1 - \frac{V_\varphi}{V}\right) (\text{ctg} \delta + \text{ctg} \psi). \quad (10)$$

The kinematic feature of milling is variability of the thickness of the cut chips during the cutter movement (Figure 3).

In this case, the cutter makes a working movement only in the third and fourth quarters of the circle. The average values of the cut chips thickness and consequently the resistance forces that depend on it, will be observed at the angle of rotation of the cutter. The values of this angle determined by the author from the integral dependences of the center of gravity of a flat figure [8] are for the third quarter:

$$\varphi_{mid} = 57^\circ \approx 60^\circ,$$

for the fourth quarter:

$$\varphi_{mid} \approx \frac{\pi}{2} + 60^\circ.$$

When considering the element of the cut off chips at points 1 and 2, changing the direction of forces is possible. The centrifugal force and the force

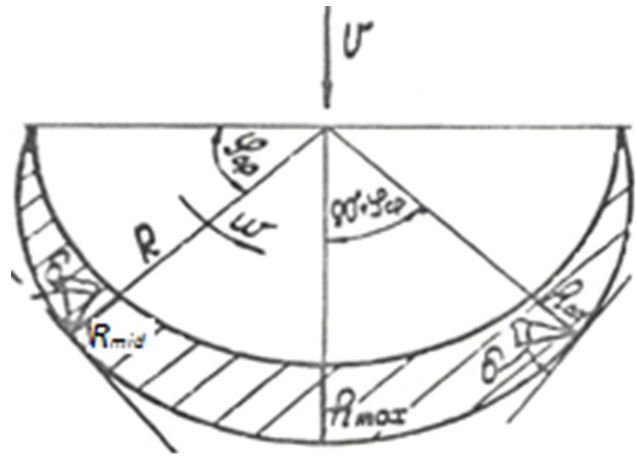


Figure 3 – The section of the chip to be cut when soil milling

of hydrostatic pressure directed radially remain unchanged. The gravity force of the chip element when projected on the τ and δ axes has different signs, since in the third quarter this force increases the action of the normal pressure force, and in the fourth quarter it decreases it.

The kinematic feature of milling is such that at small values of the chip thickness, the soil is crushed by the wear area and even by a sharp cutter. This is due to the fact that small values of the chip thickness do not provide volumetric destruction of the soil needed for the cutting process. At the same time, since the resistance to friction and crushing of the soil is greater than cutting resistance, the overall loading of the cutter increases.

In addition, during the rotational movement of the cutters, energy is lost due to elastic deformation of the undisturbed soil around the face. The magnitude of these losses is proportional to the elastic limit and the total mass of the soil undergoing elastic deformations, and is inversely proportional to the square of the elastic modulus.

It is impossible to calculate the additional force $P_{dop.1}$ since it is not clear from what value of the chip thickness the friction process is replaced by the cutting process and what is the mass of the soil outside the face experiencing elastic deformations.

Let us project the forces acting on the element of the cut off chips on the axes τ and σ . In this case, we lay the normal reaction from the side of the cutter N_p from the normal to the frontal face by the angle of internal friction, thereby taking into account the friction force of the chips on the cutter.

We obtain:

$$\begin{cases} N_p \pm P_c^\tau - P_{g.c.}^\tau - P_c^\tau - R^\tau = 0; \\ N_p^\sigma \pm P_c^\sigma - P_{g.c.}^\sigma - P_c^\sigma - R^\sigma = 0, \end{cases} \quad (11)$$

where

$$N_p^\tau = N_p \sin(\delta + \mu + \psi); N_p^\sigma = N_p \cos(\delta + \mu + \psi); \quad (12)$$

$$P_c^\tau = P_c \sin \varphi \sin \psi; P_c^\sigma = P_c \cos \varphi \sin \psi; \quad (13)$$

$$P_{g.c.}^r = P_{g.c.} \sin \psi; P_{g.c.}^s = P_{g.c.} \sin \psi; \quad (14)$$

$$P_{c.b.}^r = P_{c.b.} \sin \psi; P_{c.b.}^s = P_{c.b.} \sin \psi. \quad (15)$$

A number of authors [9, 10] determined for soils the values of shear resistivity K_4 . The values of soil adhesion C and the tangent of the angle of friction $\operatorname{tg}\rho$ in soil mechanics [11, 12, 13] are determined experimentally. These parameters are determined at the shear of the normal stress therefore, different densities. Since the density of soils under the effect of compression pressure generally increases with depth, the rheological parameters of the soil determined in this way are averaged. There are empirical relationships that interconnect the soil cohesion and the angle of internal friction with the density and therefore, the depth of the soil. These dependences, however, have a small area of application and cannot be used in general theoretical analysis.

In the Building codes and regulations, when calculating the permissible settlement of foundations, another method was adopted for taking into account the depth of the soil by the value of its bearing capacity. In this case, the values of adhesion and the angle of internal friction remain unchanged, and normal stresses increase by the value of compression pressure σ_δ :

$$\sigma_\delta = \frac{1+2\xi}{3} z \gamma_{sr} = \frac{(1+2\xi)\gamma_3}{3(1+\varepsilon)} z = z \rho_{gr} g \xi', \quad (16)$$

where ξ is the soil transverse deformation coefficient;
 γ_3 is specific weight of the soil grains;

ε is the porosity coefficient;

ξ' is a conditional coefficient of the soil transverse deformation accepted for convenience of recording.

The K_4 values were determined for the upper soil layers. By introducing compression pressure for the upper soil layers into the shear stress, we obtain:

$$\tau = c + (\sigma + \sigma_\delta) \operatorname{tg}\rho = K_4 + \sigma_\delta \operatorname{tg}\rho. \quad (17)$$

Dependence (17) describes averaged changing the shear stress of the soil as the face deepens.

At the time of the breakdown of the soil, it is true that

$$\frac{R^r}{F_{ck}} + \frac{R^s \operatorname{tg}\rho}{F_{ck}} = \tau, \quad (18)$$

where F_{ck} is the spalling area,

$$F_{ck} = \frac{bh}{\sin \psi}. \quad (19)$$

Substituting the expressions R^r and R^s determined from system (11) into equation (18), expanding the expressions for the forces emerging into R^r and R^s and equating the obtained resistance forces to the value of N_p , we obtain:

$$N_p = \frac{K_4 bh}{\alpha_1 \sin \psi} + \frac{\sigma_s bh}{\alpha_1 \sin \psi} \pm \frac{bh^2 \rho_2 \alpha_2 \sin \varphi}{2\alpha_1} + \frac{bh \rho_2 z g \alpha_2 \left(1 - \frac{V_\varphi}{V}\right) + \frac{bh^2 \rho_2 V_0^2 \alpha_2}{2R\alpha_1} - P_{dop.}}{\alpha_1} \quad (20)$$

where

$$\alpha_1 = \sin(\delta + \mu + \psi) + \operatorname{tg}\rho \cos(\delta + \mu + \psi),$$

$$\alpha_2 = \operatorname{ctg}(\delta + \operatorname{ctg}\psi) (\sin \psi + \cos \psi \operatorname{tg}\rho).$$

The force arising on the frontal surface of the cutter cannot fully characterize cutting resistance, since it does not take into account hydrostatic pressure on the back face of the cutter. Having projected the N_p force and the resultant of hydrostatic pressure on the cutter on the k and n axes, we obtain:

$$\begin{aligned} P_k &= N_p \sin(\delta + \mu) - P_{g.c.} bh; \\ P_n &= N_p \cos(\delta + \mu) \mp P_{g.c.} bh, \end{aligned} \quad (21)$$

where $P_{g.c.}$ is distributed solution pressure on the back face of the cutter.

The plus or minus sign is placed in front of the second term of the second equation of system (21) depending on whether the cutter is pulled into the ground or pushed out.

Expanding the expression for the force N in system (21), we find:

$$\begin{aligned} P_k &= \frac{K_4 bh}{\alpha_3 \sin \psi} + \frac{P_g \xi_1 z g bh}{\alpha_3 \sin \psi} \pm \frac{bh \rho_g \alpha_2 \sin \varphi}{2\alpha_3} + \\ &+ bh \rho_c z g \left[\frac{\alpha_2}{\alpha_3} \left(1 - \frac{V_\varphi}{V}\right) - 1 \right] + \frac{bh^2 \rho_2 V_0^2 \alpha_2}{2R\alpha_3}; \\ P_n &= \frac{K_4 bh}{\alpha_4 \sin \psi} + \frac{P_g \xi_1 z g bh}{\alpha_4 \sin \psi} \pm \frac{bh \rho_g \alpha_2 \sin \varphi}{2\alpha_4} + \\ &+ bh \rho_c z g \left[\frac{\alpha_2}{\alpha_4} \left(1 - \frac{V_\varphi}{V}\right) \mp 1 \right] + \frac{bh^2 \rho_2 V_0^2 \alpha_2}{2R\alpha_4}, \end{aligned} \quad (22)$$

where $\alpha_3 = \frac{\alpha_1}{\sin(\delta + \mu)}$, $\alpha_4 = \frac{\alpha_1}{\cos(\delta + \mu)}$.

The obtained expressions for P_k determine the cutting force during milling.

It follows from the right-hand side of the equations of system (22) that the cutting force during milling depends on the soil resistance to shear, the depth of the face, the density of the soil, the density of the solution, the cutting speed, the feed rate of the working body, the rate of filtration of the solution into the soil, the geometry of the cutter, the radius of the tool rotation.

Let us analyze the effect of various components of the cutting force on its total value. For this purpose, we represent the tangential force in the form:

$$P_k = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5,$$

where P_1 is the component of resistance force depending on the soil resistance to shear;

P_2 is the component of the cutting force taking into account compression pressure of the cutter;

P_3 is the part of the cutting force caused by the cut off chip weight;

P_4 is the cutting force occurring due to the action of hydrostatic pressure;

P_5 is the component of the cutting force occurring as a result of the action of the centrifugal inertia force.

Equation (22) gives a qualitative picture of the cutting force with a sharp knife interconnecting components of resistance to milling that are different in their physical essence. Let us express in relative

units the effect of the components of the cutting force on the cutting forces of the soil during the rectilinear movement of the cutter on the daylight surface without the action of hydrostatic pressure on the bottomhole.

The ratio of the forces arising during soil milling to the forces of the straight cut will be called the rotational cutting coefficient K_ω , the ratio of the forces of hydrostatic pressure to compression pressure the coefficients of hydrostatic pressure K_p and the driving depth K_z :

$$K_\omega = \frac{P_1 + P_3 + P_5}{P_1 + P_3} = 1 + \frac{P_5}{P_1 + P_3}; \quad (23)$$

$$K_p = \frac{P_1 + P_3 + P_4}{P_1 + P_3} = 1 + \frac{P_4}{P_1 + P_3}; \quad (24)$$

$$K_z = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{P_1 + P_3} = 1 + \frac{P_2}{P_1 + P_3}, \quad (25)$$

where $P_1 + P_3$ is the cutting force with the cutter rectilinear movement without hydrostatic pressure on the bottomhole.

The total coefficient K_φ taking into account resistance to milling when operating in the solution

will be

$$K_\varphi = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5}{P_1 + P_3} = K_p + K_z + K_\omega - 2. \quad (26)$$

The number 2 in the equation is needed since the cutting force is taken into account thrice [13].

The most significant effect on the cutting force is rendered by hydrostatic pressure of the mud and the shear resistance. By adding to the cutting force P_k resistance to cutting on the wear area, the total cutting force can be determined. In further calculations, the P_3 and P_5 forces will not be taken into account.

Conclusions

1. The components that depend on the shear stress of the soil and hydrostatic pressure have the greatest weight in the structure of the cutting force.

2. The values of mass forces, the chip weight and the centrifugal force do not affect significantly the cutting force.

3. The rate of the clay solution filtration into the soil affects the cutting force only in sandy and gravel soils.

REFERENCES

- Dalmatov B.I. Soil mechanics, bases and foundations. Moscow: Lan, 2020. 416 p.
- Overview of soil-machine interaction studies in soil bins / A.A. Ozoemena, B.B. Uzoejinwaa, A.O. Ezeamaa, A.P. Onwualub, S.N. Ugwua, C.J. Ohagwua // Soil and Tillage Research. January 2018. Vol. 175, pp. 13-27.
- Vasilic K., Schmidt W., Kuhne H.C., Mechtcherine V., Rousel N. Flow of fresh concrete through reinforced elements: Experimental validation of the porous analogy numerical method. Cement and Concrete Research. 2016. No. pp. 1-6.
- Lobanov V.A., Shatalov A.A. Stand for underwater cutting of soils. Transport construction. No. 10. 1975. pp. 50-51.
- Bestembek E.S., Kadyrov A.S. Design and calculation of a disk slot for the development of frozen and durable soils. Karaganda: Sanat, 2006. – 128 p.
- Tsytoich N.A. Soil mechanics: Complete course. Publisher: LENAND (Urss), 2020. – 640 p.
- Kadyrov A.S., Ganyukov A.A., Zhunusbekova Zh.Zh. Strength calculation of the milling working body of the earth-moving machine operating in a clay solution // Bulletin of SibADI. Omsk, 2015. Issue 44, No. 4. pp. 125-130.
- Pershin G.V., Kadyrov A.S., Zhunusbekova Zh.Zh. Local clays for construction by the «slurry wall» method // Scientific and technical collection «Science News of Kazakhstan». Almaty: NCSTI, 2015. No. 3 (125). pp. 192-204.
- Mangushev R.A., Karlov V.D., Sakharov I.I. Soil Mechanics: Textbook. Moscow: ASV Publishing House, 2015. 256 p.
- Zhunusbekova, Zh. Zh., Kadyrov, A.S. Study of digging machine flat element loading in clay solution. Scientific Bulletin of National Mining University in Dnipropetrovsk. 2016, 2 (152), pp. 30-34. ISSN 2071-2227.
- Sherov K.T., Sikhimbayev M.R., Donenbayev B.S., Sagitov A.A., Ainabekova S.S. Experimental Research of Rotational-and-Frictional Boring of Big Holes in Large Parts / Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Sofia, Vol. 47. No. 4 (2017), pp. 23-36. <https://doi.org/10.1515/jtam-2017-0018>.
- Sherov, K.T., Khodzhibergenov, D.T., Esirkepov, A. Drilling method and construction of a combined drill-mill bit. Russian Engineering Research. 2019. 39, No. 8. pp. 665-668. ISSN: 1068-798X.
- Kadyrov A.S., Amangeldiyev N.E. New specifications of the theory of ground cutting. Periódico tchê química, 2019, Vol. 16. No. 31.

Фрезерлік жұмыс органдарымен кесуге топырақтың кедергі күштерін орнату

¹КАДЫРОВ Адиль Сураатович, т.ғ.д., профессор, adil.suratovich@mail.ru,

²САХАПОВ Рустэм Лукманович, т.ғ.д., профессор, кафедра меңгерушісі, rustem@sakharov.ru,

¹*ЖУНУСБЕКОВА Жанара Жұмашқызы, PhD, доцент м.а., zhzhzh_84@mail.ru,

¹ГАНЮКОВ Александр Анатольевич, PhD, аға оқытушы, sgn2002@mail.ru,

³СУЮНБАЕВ Шынполат Мансуралиевич, т.ғ.к., доцент, dilmurodrgups@mail.ru,

¹Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

²Қазан мемлекеттік сәулет және құрылыс университеті, Ресей, Татарстан, 420043, Қазан, Зеленая көшесі, 1,

³Ташкент мемлекеттік көлік университеті, Өзбекстан, 100067, Ташкент, Одилходжаев көшесі, 1,

Аңдатпа. Фрезерлік жұмыс органының топырақты дамыту ерекшеліктері бізге топырақты кесудің әртүрлі теорияларының тұжырымдарын тікелей қолдануға мүмкіндік бермейді. Зерттеудің мақсаты - топырақты фрезерлеу кезінде кесу күшінің өзгеруін ескеретін теориялық коэффициенттерді орнату болып табылады. Мақалада ұңғыманың түбінде фрезерлеу кезінде топырақтың кесу күшінің өзгеруіне, кесілген жоңқаның ерітіндінің гидростатикалық және гидродинамикалық қысымына және құралдың траекториясының қисықтығына байланысты алғашқы алынған тәуелділіктер келтірілген. Кесу күшіне саз ерітіндісінің гидростатикалық қысымы және ығысу кедергісі әсер етеді. Жұмыс жағдайларының коэффициенттері алынды. Коэффициенттер топырақтың сапалы кескінін сипаттайды. Олар топырақтың тік сызықты бұзылуы кезінде күштердің фрезерлеу кезінде пайда болатын күштерге қатынасын береді.

Кілт сөздер: кесу күштері, сазды ерітінді, фрезерлеу, жоңқа элементі, топырақтағы қабырға.

Установление сил сопротивления грунта резанию фрезерными рабочими органами

¹КАДЫРОВ Адиль Суратович, д.т.н., профессор, adil.suratovich@mail.ru,

²САХАПОВ Рустэм Лукманович, д.т.н., профессор, зав. кафедрой, rustem@sakharov.ru,

^{1*}ЖУНУСБЕКОВА Жанара Жумашкызы, PhD, и.о. доцента, zhzhzh_84@mail.ru,

¹ГАНЮКОВ Александр Анатольевич, PhD, старший преподаватель, sgn2002@mail.ru,

³СУЮНБАЕВ Шынполат Мансуралиевич, к.т.н., доцент, dilmurodpugs@mail.ru,

¹Карагандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

²Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, Татарстан, 420043, Казань, ул. Зеленая, 1,

³Ташкентский государственный транспортный университет, Узбекистан, 100067, Ташкент, ул. Одилходжаева, 1,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Особенности разработки грунтов фрезерным рабочим органом не позволяют напрямую использовать выводы различных теорий резания грунтов. Целью является установление теоретических коэффициентов, учитывающих изменение силы резания при фрезеровании в сравнении с прямолинейным. В статье приведены впервые полученные зависимости по изменению силы резания грунтов при их фрезеровании от глубины проходки забоя, гидростатического и гидродинамических давлений раствора на срезаемую стружку и кривизны траектории движения резца. На силу резания действуют гидростатическое давление глинистого раствора и сопротивление сдвигу. Получены коэффициенты условий работы. Коэффициенты описывают качественную картину среза грунта. Они дают соотношение сил при прямолинейном разрушении грунта к силам, возникающим при ее фрезеровании.

Ключевые слова: силы резания, глинистый раствор, фрезерование, элемент стружки, стена в грунте.

REFERENCES

- Dalmatov B.I. Soil mechanics, bases and foundations. Moscow: Lan, 2020. 416 p.
- Overview of soil-machine interaction studies in soil bins / A.A. Ozoemena, B.B. Uzoejinwaa, A.O. Ezeamaa, A.P. Onwualub, S.N. Ugwua, C.J. Ohagwua // Soil and Tillage Research. January 2018. Vol. 175, pp. 13-27.
- Vasilic K., Schmidt W., Kuhne H.C., Mechtcherine V., Roussel N. Flow of fresh concrete through reinforced elements: Experimental validation of the porous analogy numerical method. Cement and Concrete Research. 2016. No. pp. 1-6.
- Lobanov V.A., Shatalov A.A. Stand for underwater cutting of soils. Transport construction. No. 10. 1975. pp. 50-51.
- Bestembek E.S., Kadyrov A.S. Design and calculation of a disk slot for the development of frozen and durable soils. Karaganda: Sanat, 2006. – 128 p.
- Tsytovich N.A. Soil mechanics: Complete course. Publisher: LENAND (Urss), 2020. – 640 p.
- Kadyrov A.S., Ganyukov A.A., Zhunusbekova Zh.Zh. Strength calculation of the milling working body of the earth-moving machine operating in a clay solution // Bulletin of SibADI. Omsk, 2015. Issue 44, No. 4. pp. 125-130.
- Pershin G.V., Kadyrov A.S., Zhunusbekova Zh.Zh. Local clays for construction by the «slurry wall» method // Scientific and technical collection «Science News of Kazakhstan». Almaty: NCSTI, 2015. No. 3 (125). pp. 192-204.
- Mangushev R.A., Karlov V.D., Sakharov I.I. Soil Mechanics: Textbook. Moscow: ASV Publishing House, 2015. 256 p.
- Zhunusbekova, Zh. Zh., Kadyrov, A.S. Study of digging machine flat element loading in clay solution. Scientific Bulletin of National Mining University in Dnipropetrovsk. 2016, 2 (152), pp. 30-34. ISSN 2071-2227.
- Sherov K.T., Sikhimbayev M.R., Donenbayev B.S., Sagitov A.A., Ainabekova S.S. Experimental Research of Rotational-and-Frictional Boring of Big Holes in Large Parts / Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Sofia, Vol. 47. No. 4 (2017), pp. 23-36. <https://doi.org/10.1515/jtam-2017-0018>.
- Sherov, K.T., Khodzhibergenov, D.T., Esirkepov, A. Drilling method and construction of a combined drill-mill bit. Russian Engineering Research. 2019. 39, No. 8. pp. 665-668. ISSN: 1068-798X.
- Kadyrov A.S., Amangeldiyev N.E. New specifications of the theory of ground cutting. Periódico tchê química, 2019, Vol. 16. No. 31.

Assessment of the Structural Reliability of the Braking System Affecting Road Safety

¹*ZHUMABEKOV Aidar, Mast. Tech. Sci., Senior Lecturer, aidar_7478@mail.ru,

²BYKADOROV Sergey, Dr. Econ. Sci., Professor, byser@ngs.ru,

¹ABDRAKHMANOV Mustafa, master student, abrahmanovmustafa@gmail.com,

¹Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

²Siberian Transport University, Russia, 630049, Novosibirsk, Dusya Kovalchuk Street, 191,

*автор-корреспондент.

Abstract. The article is devoted to the development of an effective system to ensure the operational condition of vehicles and braking system based on diagnostic information on vehicles. Due to the low coefficient of output of cars on the line, the daily costs of their downtime are calculated in millions of tenge. One of the main reasons for failure is poor technical condition. The cost of maintenance of vehicles in technically good condition is 15-20% of the total cost of transportation. It is based on a complex method of diagnostics of vehicle safety systems. A very important issue is the development of an effective system for assessing the effectiveness of vehicles. It allowed to control the technical condition and predict safe working hours.

Keywords: transport, traffic safety, braking system, anti-lock system, ability, diagnostics, indications.

Introduction

Nowadays, the importance of the transport industry in the economy of each country is growing, as the level of transport development has a direct impact on the competitiveness of the economy and the security of the country. The transport structure is an important sector of the domestic economy of Kazakhstan, which makes a significant contribution.

Despite the global financial and economic crisis affecting the economy of the Republic of Kazakhstan, high demand for cars remained and there was an increase in annual freight and passenger turnover. High demand for transport services has led to an increase in the level of automation in society.

Research results

The material and technical base of road transport enterprises, the quality of maintenance and repair have a significant impact on the level of performance of cars. Due to the low utilization rate of cars (about 70%), the daily costs of their downtime are estimated in millions of tenge. One of the main reasons for the delay is unsatisfactory technical condition. The cost of maintaining vehicles in good technical condition is 15-20% of the total cost of transportation [2,4].

The goal of transport is to increase the efficiency and quality of transport operations, ensuring the safety of transport and passenger traffic, to fully and timely meet the needs of the transport economy and the population.

Reliability is one of the most important characteristics of the product: performance, reliability,

durability and serviceability, serviceability, which directly affect road safety. The overall level of vehicle reliability can be improved through systematic measures during the 'life cycle' period.

The reliability of the car is set in the design, provided in production and one of the most important operational properties of the car is reflected and preserved during operation. Reliability during operation depends on the measures taken to protect the vehicle assembly (assembly, assembly, mechanism) from harmful factors, taking into account the statistics on the reliability of individual elements.

Improvement of vehicle calculation methods, design and production technology, introduction of science-based methods of technical operation, reliability in the operation of the vehicle will be close to constructive reliability.

The reliability of the car is not stable during its service life. In addition, the frequency and quality of maintenance and repair, the properties of the working materials, the conditions and mode of operation of the vehicle have a significant impact on its reliability.

During the analyzing the reliability of a complex product, all its elements and parts can be divided into the following groups [3].

1. The elements whose failure does not affect the performance of the product (deformation of the coating, changes in surface color, etc.). Failure of these elements can be considered separately from the system.

2. Elements (pedestals and body parts, hydrostatic bearings, high-strength low-load bearings), the

performance of which does not change during the period under consideration.

3. Elements that can be repaired or adjusted during operation of the product or during downtime that does not affect its efficiency.

4. Elements that lead to product failure.

Thus, only the elements of the last group are considered, which usually have a limited number. They mainly limit the reliability of the product and are the object of study.

If the complex system is divided into individual elements, for each of which the probability of continuous operation can be determined separately, block diagrams are widely used to calculate its reliability.

In these diagrams, each element i is characterized by the value of P_i and the probability of its failure for a certain period of time.

Figure 1 shows a diagram of a two-loop brake system for a rear-wheel drive bus with an anti-lock braking system (ABS) [4]. In case of an indicative failure of the anti-lock system, the electronic control unit disconnects the system, avoiding the possibility of incorrect impact on the control of the braking system during the movement of the vehicle. Thus, the

braking system maintains its efficiency.

In most cases, the failure of the anti-blocking system is due to unreliable electrical components of the modulation valve, corrosion and wear.

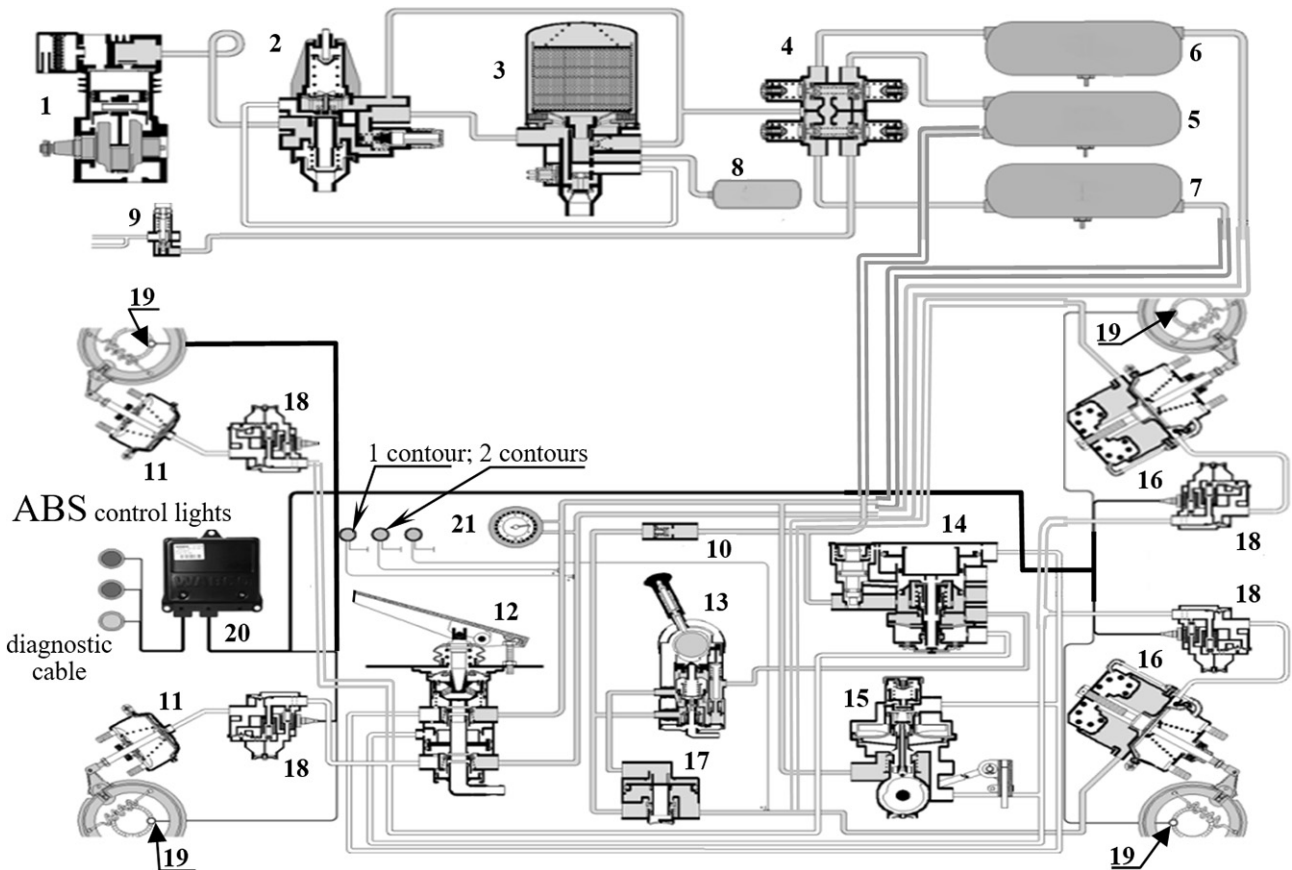
The structural scheme of the reliability of the braking system, developed on the basis of the features of its design (Figure 2, a) determines the functional relationship between the operation of subsystems (or elements) in a particular circuit.

As the anti-lock system does not affect the operation of the brake system, it is located parallel to the main elements of the block diagram and allows you to remove the device from the anti-blocking system and create a new block diagram (Figure 2 b).

The brake force regulators of the rear axle wheels shown in Figure 2 are not provided in this design. Due to this, the braking system will brake in the event of a failure of the ABS unit, but without the ABS the braking system will not be effective.

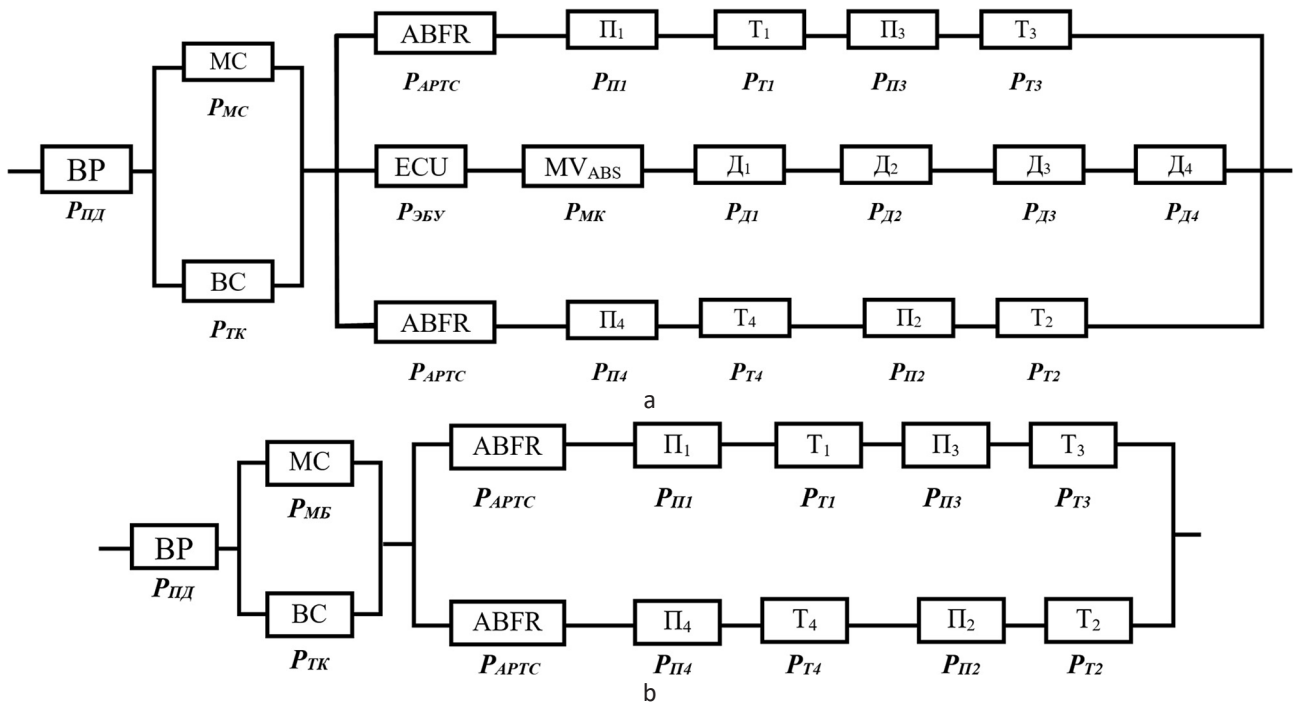
However, the reliability of such a block diagram is high in the block diagram shown in Figure 3, which corresponds to the level of probability that $P(t)$ will work without accidents [3].

To qualify the reliability of the inspected vehicles, we determine the probability of their failure. For the

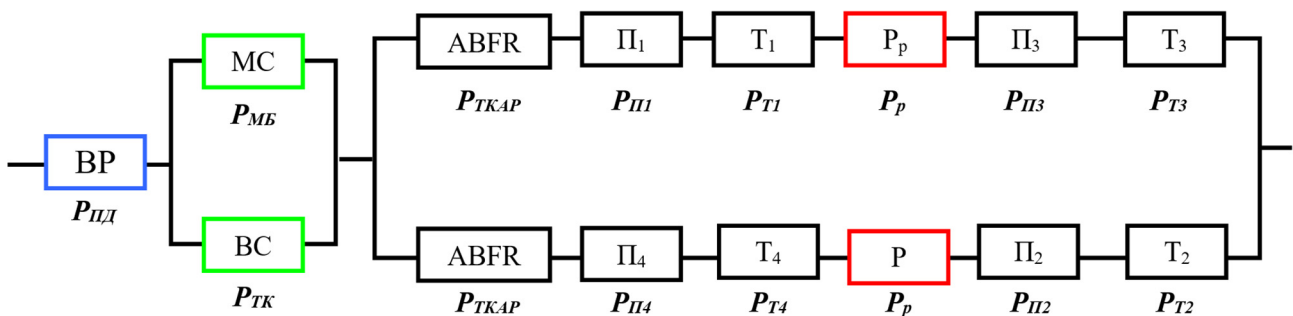


- 1 – compressor; 2 – pressure regulator; 3 – air dryer; 4 – four-way pneumatic protection valve;
- 5, 6, 7 – compressed air receivers; 8 – humid air tank; 9 – compressed air for additional devices; 10 – non-return valve;
- 11 – brake chamber; 12 – the brake valve; 13 – parking brake crane; 14 – two-way two-position valve;
- 15 – automatic brake force regulator; 16 – pneumatic cylindrical power accumulator; 17 – the accelerator valve;
- 18 – ABS solenoid valve; 19 – the sensor; 20 – ABS control unit; 21 – manometer

Figure 1 – Scheme of the bus brake system



a – ABS is able to work; b – ABS is out of operation: BP – brake pedal; MC – mechanical connection; BC – brake crane; ABFR – automatic brake force regulator; ECU – electronic control unit of the ABS; MV_{ABS} – ABS magnetic valve; Pi – wheel brake drive (pneumatic cylindrical power accumulator); Ti – wheel brake mechanism; Di is a wheel angular velocity sensor
 Figure 2 – Scheme of a bus double-loop brake system



BP – brake pedal; MC – mechanical connection; BC – brake crane; ABFR – automatic brake force regulator; Pi – wheel brake drive (pneumatic cylindrical power accumulator); Ti – wheel brake mechanism; Pp – brake force regulator
 Figure 3 –Block diagram of a two-contour brake system (with a brake force regulator)

conditions of use of the vehicle in accordance with the diagram (Figure 2, version a) P(t) is defined in the formula:

$$P_{general} = (P_{CP} \cdot (1 - (1 - P_{MC}) \cdot (1 - P_{BV}))) \times (1 - [1 - (1 - (1 - P_{BC} \cdot P_{BW}^2 \cdot P_{BM}^2))] \times [1 - P_{ECU} \cdot P_{RP} \cdot P_{SV} \cdot P_{EMRP} \cdot P_{WSS}^4]) \quad (1)$$

there $P_{general}$ – the total probability of system failure;
 P_{CP} – the probability of continuous operation of the control (pedal);
 P_{MC} – the probability of continuous operation of the mechanical connection;
 P_{BV} – the probability of continuous operation of the brake valve;
 P_{BC} – the probability of continuous operation of

the main brake cylinder;
 P_{BW} – the probability of stationary operation of the brake wheels;
 P_{BM} – the probability of failure of the brake mechanism;
 P_{ECU} – the probability of uninterrupted operation of the electronic control unit;
 P_{RP} – the probability of continuous operation of the return pump;
 P_{SV} – the probability of continuous operation of solenoid valves;
 P_{EMRP} – the probability of continuous operation of the electric motor of the return pump;
 P_{WSS} – probability of continuous operation of wheel speed sensors.

probability of their manifestation $P\{F_i\}$.

In addition, the appearance of an individual factor F_i leads to an increase in diagnostic parameters by a random variable Δ (in %), the characteristics of which (mean ΔI and variance D_i) can be determined from experimental data.

Let's assume that the operating time before the defect occurs is subject to the law of exponential distribution, then the probability is equal to $P(F_i)$ [3]:

$$P(F_i) = 1 - e^{-\lambda_i}, \quad (4)$$

here λ are the indicators of the distribution law (in this case, the intensity of the coefficient F_i); l_i – average time between factors.

During this period, one or more factors may occur. At the same time, the degree of influence of each factor on the final result is unknown, so it is necessary to build a mathematical model that correctly describes the process under study. The task of this model is to determine the degree of influence of various factors on the studied parameters.

In general, the form of this dependence can be expressed by the regression equation of the form [64]:

$$y = \varphi(x_1, \dots, x_n; z_1, \dots, z_m, w), \quad (5)$$

there y – optimization indicator, in particular, an indicator that characterizes the technical state of the system;
 x_1, \dots, x_n – factors, i.e. controlled, independent

variables (each factor can have multiple values or levels in practice);

z_1, \dots, z_m – variables that affect parameter optimization are unmanaged.

The regression equation and the constraints imposed on changes in variable factors are called a mathematical model. A mathematical model is a representation of the most important aspects of the process. The variety of combinations of arguments and determines the surface of the answer (the function under study). It can be assumed that the functions in the space under consideration are linear and can be expressed by regression of the form:

$$y = b_0x_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n = \sum_{i=0}^n b_ix_{ij}, \quad (6)$$

there b_i – model coefficients that indicate the degree of influence of this factor on the response function (for example, its own braking force); the residual method describing the average value of the response function at $b_0 - x_i = 0$; $x_0 = \text{fixed variable, equal to one.}$

Quantitative values of the factor (x_1, x_2, \dots, x_n) are determined by experimental data, and the coefficients (b_1, b_2, \dots, b_n) that can be said about the effect of each factor on the essence are calculated using experimental planning methods [6].

Figure 5 shows a block diagram of the model of reliability management of the transport system, which affects traffic safety.

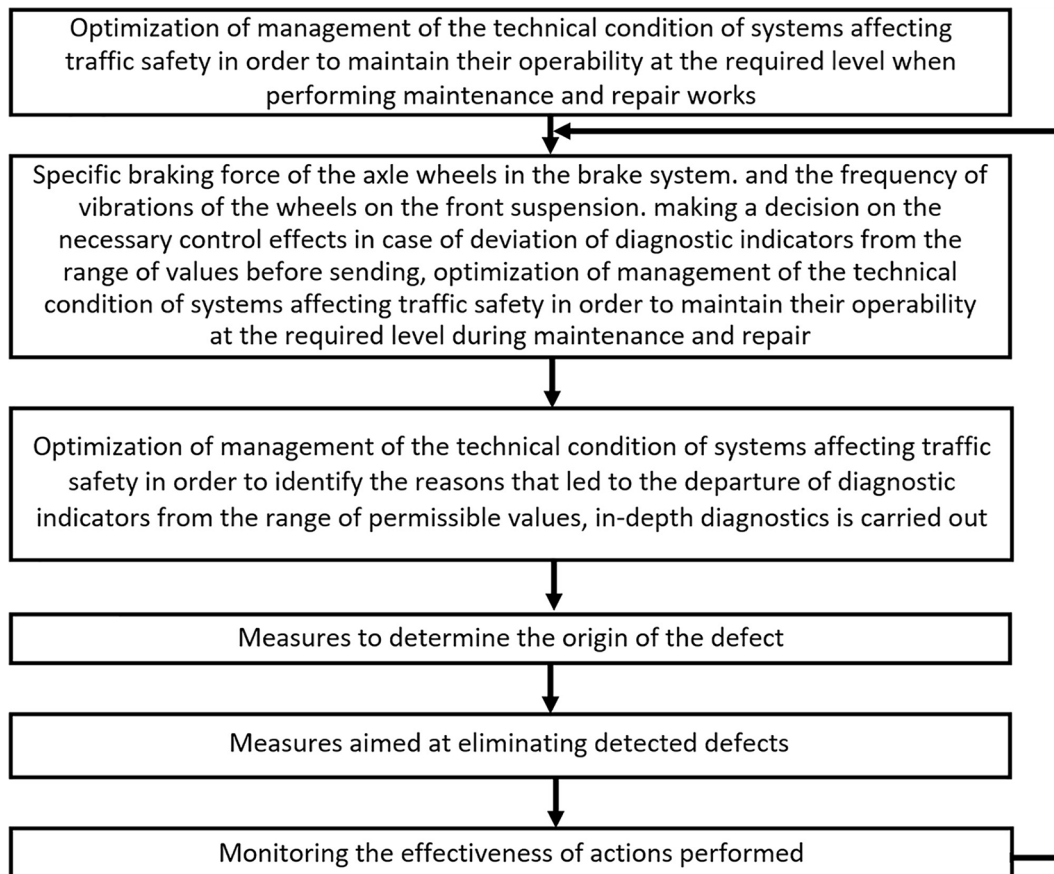


Figure 5 – Flowchart of the expansion reliability of the car system affecting traffic safety

Conclusion

The development of an effective system for evaluating the effectiveness of vehicles based on a comprehensive method of diagnostics of Vehicle

Safety Systems is a very relevant issue, as it made it possible to monitor the technical condition of the vehicle and predict safe working hours in advance.

REFERENCES

1. Можарова В.В. Транспорт в Казахстане: современная ситуация, проблемы и перспективы развития. – Алматы: КИСИ при Президенте РК, 2011. – 216 с.
2. Денисов И.В. Разработка методики управления техническим состоянием систем автомобиля, влияющих на безопасность движения: Дисс. ... канд. техн. наук. М., 2011.
3. Management on operation of Yutong zk6118hg – 2012 buses.
4. Рябчинский А.И. Регламентация активной и пассивной безопасности автотранспортных средств: учеб. пособие. – М.: Издательский дом «Академия», 2006. – 432 с.
5. Жумабеков А.Т. «Автомобильдердің жүйесіне техникалық қызмет көрсету тәртібін басқару жүйелерін әзірлеу» тақырыбында 6М071300 «Көлік, көлік техникасы және технологиялары» мамандығы бойынша ғылым магистрі академиялық дәрежесін ізденуге арналған диссертациялық жоба. Қарағанды 2019. – 89 б.

Жол қозғалысы қауіпсіздігіне әсер ететін тежеу жүйесінің құрылымдық сенімділігін бағалау

¹***ЖУМАБЕКОВ Айдар Темирғалиевич, т.ғ.м.,** аға оқытушы, aidar_7478@mail.ru,

²**БЫКАДОРОВ Сергей Александрович, э.ғ.д., профессор,** byser@ngs.ru,

¹**АБДРАХМАНОВ Мустафа Саматович, магистрант,** abrakhmanovmustafa@gmail.com,

¹Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

²Сібір мемлекеттік теміржол университеті, Ресей, 630049, Новосибир, Дуся Ковальчук көшесі, 191,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақала көлік құралдарына диагностикалық ақпарат негізінде тежеу жүйесін және автокөлік құралдарының пайдалану жағдайын қамтамасыз етудің тиімді жүйесін әзірлеуге арналған. Автомобильдерді желіге шығару коэффициентінің төмендігінен олардың тұрып қалуынан күнделікті шығындар миллион теңгемен есептеледі. Тоқтап қалудың негізгі себептерінің бірі-қанағаттанарлықсыз техникалық жағдай. Автокөліктерді техникалық жағынан жақсы жағдайда ұстау құны тасымалдаудың жалпы құнынан 15-20%-ды құрайды. Көлік құралдарының қауіпсіздігін қамтамасыз ету жүйелерін диагностикалаудың кешенді әдісіне негізделген. Көлік құралдарының тиімділігін бағалаудың тиімді жүйесін әзірлеу өте өзекті мәселе болып табылады. Ол техникалық жағдайды бақылауға және қауіпсіз жұмыс уақытын алдын ала болжауға мүмкіндік берді.

Кілт сөздер: көлік, қозғалыс қауіпсіздігі, тежеу жүйесі, бұғаттауға қарсы жүйе, қабілеттілік, диагностика, көрсеткіш.

Оценка конструктивной надежности тормозной системы, влияющей на безопасность дорожного движения

¹***ЖУМАБЕКОВ Айдар Темирғалиевич, м.т.н., старший преподаватель,** aidar_7478@mail.ru,

²**БЫКАДОРОВ Сергей Александрович, д.э.н., профессор,** byser@ngs.ru,

¹**АБДРАХМАНОВ Мустафа Саматович, магистрант,** abrakhmanovmustafa@gmail.com,

¹Карагандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

²Сибирский государственный университет путей сообщения, Россия, 630049, Новосибирск, ул. Дуся Ковальчук, 191,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Статья посвящена разработке эффективной системы обеспечения эксплуатационного состояния автотранспортных средств и тормозной системы на основе диагностической информации на транспортные средства. Из-за низкого коэффициента вывода автомобилей на линию ежедневные затраты от их простоя рассчитываются в миллионах тенге. Одна из основных причин отказа – неудовлетворительное техническое состояние. Стоимость содержания автотранспорта в технически хорошем состоянии составляет 15-20% от общей стоимости перевозки. Основана на комплексном методе диагностики систем обеспечения безопасности транспортных средств. Очень актуальным вопросом является разработка эффективной системы оценки эффективности транспортных средств. Она позволила контролировать техническое состояние и предсказать безопасное рабочее время.

Ключевые слова: транспорт, безопасность движения, тормозная система, антиблокировочная система, способность, диагностика, показания.

REFERENCES

1. Mozharova V.V. Transport v Kazhstane: sovremennaya situatsiya, problemy i perspektivy razvitiya. – Almaty: KISI pri Prezidente RK, 2011. – 216 p.
2. Denisov I.V. Razrabotka metodiki upravleniya tekhnicheskim sostoyaniem sistem avtomobilya, vliyayushchih na bezopasnost' dvizheniya: Diss. ... kand. tekhn. nauk. Moscow, 2011.
3. Management on operation of Yutong zk6118hg – 2012 buses.
4. Ryabchinskij A.I. Reglamentatsiya aktivnoj i passivnoj bezopasnosti avtotransportnyh sredstv: ucheb. posobie. – Moscow: Publishing House «Akademiya», 2006. – 432 p.
5. Zhumabekov A.T. «Avtomobil'derdiń zhyjesine tekhnikalıq qyzmet kórsetu tártibin basqaru zhyjelerin ázirleu» taqyrybynda 6M071300 «Kólik, kólik tekhnikasy zháne tekhnologiyalary» mamandyǵy bojnsha ǵylym magistri akademiyaıyq dárezhesin izdenuge arnalǵan dissertatsiyaıyq zhoba. Qaraǵandy 2019. – 89 p.

Техникалық қызмет көрсету мен жөндеу үшін қосалқы бөлшектердің айналым қорын есептеудің әдістемесі

ЕСБОСЫНОВ Қайратбек Түлеуович, аға оқытушы, kairatbek_bd071300@mail.ru,
Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Қазақстан, 030000, Ақтөбе, Ә. Молдағұлова даңғылы, 34.

Аңдатпа. Карьерлік өзіндік автокөліктерге техникалық қызмет көрсету мен жөндеуді қамтамасыз ету үшін қосалқы бөлшектердің айналым қорын құру маңызды болып саналады. Айналым қорын негіздеу машиналардың уақытылы жоспарлы жөндеуін қамтамасыз ету тұрғысынан маңызды инженерлік мақсат болып есептеледі. Ашық тау-кен жұмыстарын дамытудың жоғары қарқынын ұстап тұру тау-кен-көлік жабдықтарын пайдаланудың төмен тиімділігімен күрделенеді. Көптеген факторлардың әсерінен карьерлік өзіндік автокөліктер күнтізбелік уақыттың 20%-дан 80%-на дейін тоқтап қалады, оның басым бөлігін техникалық себептер бойынша тоқтап тұруды құрайды. Жұмыста жиі тоқтап қалу мәселелері машиналарға техникалық қызмет көрсету мен жөндеу тиімділігінің жеткіліксіздігі мен төмендігіне байланысты болады.

Кілт сөздер: карьерлік өзіндік автокөлік, айналым қоры, қозғалтқышты қосу, қуат, май шығыны, жылдамдық сипаттамасы, тежеу сипаттамасы, жанармай аппаратурасы.

Кіріспе

Осы жұмыстың мақсаты машиналар мен жекелеген агрегаттардың пайдалану сенімділігінің деңгейін бағалау, істен шығу себептерін талдау есебінен Батыс Қазақстанның қатал климаттық жағдайларында жұмыс істейтін аса үлкен жүк көтергіш карьерлік өзіндік автокөліктерді пайдаланудың тиімділігін арттыру болып табылады.

Жоғарыда көрсетілгендей, карьерлік өзіндік автокөліктердің пайдалану сенімділігінің деңгейі пайдаланудың климаттық жағдайларына тәуелді болады. Сенімділік деңгейінің төмендеуі жөндеу циклдерінің қысқаруына және жөндеудің қымбаттауына алып келеді. Батыс аудандарындағы жабдықтарды күтіп ұстау және жөндеу шығындары елдің орташа деңгейімен салыстырғанда 2-6 жоғары бағаланады [1].

Пайдалану үрдісінде машиналардың сенімділік деңгейлерінің төмендеуінің негізгі себептері автокөліктерге техникалық қызмет көрсету мен жөндеудің жеткіліксіз тиімділігі болып табылады. Жабдықты жөндеу ашық кен орындарында ең көп еңбекті қажет ететін қосалқы үрдіс болып табылады. Жабдықтарды жөндеуге кететін шығындар пайдалы қазбаларды өндіруге кететін барлық шығындардың үштен бір бөлігін құрайды. Жұмысшылардың тізімдік құрамының 18-30% жөндеумен қамтылған. Жөндеу жұмыстарын механикаландыру деңгейі өте төмен: жөндеуге кететін барлық шығындардың 76% қолмен орындалатын

операцияларға жатады [2].

Негізгі бөлім

Жабдықтың сенімділік деңгейін ұстап тұру техникалық қызмет көрсету және жөндеумен қамтамасыз етіледі, өйткені тау-кен геологиялық және климаттық факторлары басқарылмайды. Техникалық қызмет көрсету және жөндеудің міндеті оларды пайдаланудан неғұрлым тиімді әсері кезінде машиналардың жұмыс істеу қабілеттілігін сақтау болып табылады.

Сенімділік деңгейі және тиімділік өлшемі машиналар мен бөлшектерді құрайтын техникалық қызмет көрсету мен жөндеу параметрлеріне тікелей байланысты болады.

Шынайы ақпараттарды алу өзіндік ерекшеліктерден туындаған бірқатар қиындықтарға және карьерлік жабдықтардың жұмыстарына қатысты болады. Машиналардың жұмысы туралы ақпараттың жеткілікті көлемін алу үшін хронометраждық бақылау жүргізу көп уақыт пен қаражатты қажет етеді. Сондықтан біз қолда бар ақпарат көздерін барынша тиімді пайдаланатын және қойылған мақсаттарға тез қол жеткізуді қамтамасыз ететін ақпарат жинау жүйесін қабылдадық.

Ашық тау-кен жұмыстарында көліктің ең көп таралған түрі автокөлік болып табылады. ТМД елдерінің карьерлеріндегі тау-кен массасының шамамен 60%-ы және шетел мемлекеттерінің карьерлерінде 85%-дан астамы автокөлік құралда-

рымен тасымалданады. Болашақта ашық тау-кен жұмыстарының көлемінің ұлғаюына байланысты карьерлік автокөліктің жүк айналымы одан да артады. Автокөліктер салыстырмалы қымбат және көп еңбекті қажет ететін, әрі кең қолдану диапазоны болып табылатынына қарамастан, оны ашық тау-кен жұмыстарында көліктің ең әмбебап және қарқынды дамитын түрі деп есептеуге мүмкіндік береді. Автокөліктер жылжымалы құрамының негізгі артықшылықтары: жоғары маневрлік және ұтқырлық, әсіресе күрделі пайдалану жағдайларында өте тиімді көрінеді.

Карьерлік өзіндік автокөліктерді карьерлік көлік ретінде пайдалану келесі жоспардың технологиялық үрдістері тізбегінің болуын алдын-ала анықтайды:

- дайындық жұмыстары (қозғалтқышты іске қосуға дайындау және іске қосу, ауысым сайын күтім жасау, май құю операциялары және т.б.);
- техникалық қызмет көрсету;
- ағымдағы жөндеу;
- жарамды автокөліктерді жұмыстан тыс уақытта сақтау.

Бұл үрдістердің барлығы карьерлік автошаруашылықтарда орындалады. Автокөліктерді және неғұрлым күрделі бөлшектер мен агрегаттарды жөндеу, әдетте, автокөліктерді жөндеу кәсіпорындарында жүзеге асырылады.

Арнайы аспаптардың уақытын қажет етпейтін ақауларды жедел жою және тез қалпына келтіру үшін карьерлерде техникалық көмек көрсету қызметі ұйымдастырылады.

Шетел мемлекеттерінің карьерлерінде карьерлік өзіндік автокөліктердің техникалық жағдайын қолдау бойынша жұмыстар ТМД елдеріндегі сияқты жоспарлы алдын алу тәртібімен орындалады. Алайда, отандық практикадан айырмашылығы жүйе сатыларының саны мен олардың мерзімділігі карьерлік өзіндік автокөліктердің модельдері бойынша ғана емес, жеке кәсіпорындар бойынша да ерекшеленеді. Карьерлердің жөндеу бөлімшелерінде тек қана алдын-алу жұмыстары және ақаулы бөлшектер мен агрегаттарды ауыстыру жұмыстары жүргізілуі сипатталады. Негізінде карьерлік өзіндік автокөліктерге күрделі жөндеу жұмыстарын жүргізу мамандандырылған ұйымдар мен кәсіпорындардың арнайы жасақталған бөлімшелерінде жүзеге асырылады.

Шетел мемлекеттерінде карьерлік өзіндік автокөліктердің майлау жұмыстарына көп көңіл бөлінеді [3]. Карьерлік өзіндік автокөліктердің басым көпшілігі автоматты орталықтан дырылған майлау жүйесімен жабдықталған.

Бөлшектер мен агрегаттар кешендерін ауыстыру арқылы жөндеу жұмыстары кеңінен таралған. Мысалы, дизель-электрлі карьерлік өзіндік автокөліктердің қозғалтқыш, радиатор, ауа тазартқыштар генераторы қаңқаның қапталына орнатылған. Күрделі жөндеу жұмыстары кезіндегі 8-12 сағат ішінде күш қондырғысының барлық жиынтығын қосалқы құрылғымен ауы-

стыруға болады.

Жөндеу жұмыстарының тиімділігін арттыру және жеделдету үшін жөндеу жұмыстарын жоспарлауға, майлау учаскесінің күнделікті және апта сайынғы жұмыс кестесін жасауға, орындалған жөндеу жұмыстары, алдағы міндеттер мен резервтер туралы апта сайынғы қорытынды ақпарат есептерді жасауға көмектесетін электронды есептеуіш машиналарына арналған бағдарламалар жасалды. Техникалық қызмет көрсету мен жөндеуді ғылыми ұйымдастырудың мүмкін болатын жүйелерінің заманауи нұсқалары жеткілікті дамыған. Әрбір нақты жағдайда автокөліктерді карьерлік көлік ретінде пайдалану үшін неғұрлым ұтымды таңдау жасауға мүмкіндік береді. Конструкциялары күрделенген сайын карьерлік өзіндік автокөліктердің техникалық жағдайын үнемі бақылау қажеттілігі тұрақты артып отырады.

Автокөліктің бөлшектері мен агрегаттарына техникалық әсер етуді уақытылы көрсету оны құралдар мен уақыттың аз шығынымен тұрақты техникалық ақаусыз ұстап тұруға мүмкіндік береді. Сондықтан техникалық диагностика бөлшектер мен агрегаттардың техникалық жай-күйін анықтау бойынша кешенді шаралар ретінде жөндеудің алдын-алу жұмыстары жүйесіндегі маңызды іс-шара болып табылады [4].

Карьерлік өзіндік автокөліктердің техникалық жай-күйін үнемі бақылау және олардың жарамды жұмыс ресурстарын болжау сырттан бақылау негізінде, кешенді параметрлер (қуат, отын шығыны, жылдамдық және тежегіш сипаттамалары) бойынша және жекелеген жүйелер мен агрегаттардың параметрлері (элементтік диагностика) бойынша жүргізілуі мүмкін.

Бақылау сапасын арттыру және желіден автокөліктердің шығу санын азайту үшін бақылау бекеттерінде техникалық жай-күйін экспресс-диагностикалау бекеттері мен желілерін қолдану қажет. Экспресс-диагностика бекеттері негізінен карьерлік өзіндік автокөліктердің қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз ететін (тежегіш жүйесі, рөлдік басқару, отын аппаратурасы, цилиндрлі-поршенді топ) жүйелер мен агрегаттардың техникалық жай-күйін бақылауға арналған.

Айналым қоры мөлшерінің нақты негіздемесі жөндеу жұмыстарын уақытылы орындауға және қосалқы бөлшектердің қажетті көлемін сатып алуға байланысты бастапқы шығындарға да әсер етеді.

Есептеу жұмыстары карьерлік өзіндік автокөліктерді пайдаланудың табиғи-климаттық жағдайларын ескеретін әдістеме бойынша жүргізіледі [5].

Айналым қорын есептеу негізіне карьерлік өзіндік автокөліктердің негізгі бөлшектерінің нақты қызмет ету мерзімдері қойылуы тиіс. Әдістеме карьерлік өзіндік автокөліктердің бөлшектері мен агрегаттарының істен шығуына арналған жұмыстарды пайдалануды көздейді.

Бір машинаға жылына бір бөлшекті және агрегатты қажетті ауыстыру санын мына формула бойынша анықтауға болады:

$$\alpha = \frac{T_r \cdot i}{T}, \quad (1)$$

мұндағы T_r – уақыттың жылдық күнтізбелік қоры, сағат;

i – бір машинаға қажетті бөлшектің (агрегаттың) саны;

T – жұмыс уақыты, сағат.

Жылына бір типті карьерлік өзіаударғыш автокөліктердің паркіне келетін бөлшектерді (агрегаттарды) ауыстыру саны:

$$\beta = \alpha \cdot n, \quad (2)$$

мұндағы n – бір типті карьерлік өзіаударғыш автокөліктердің саны.

Бір типті карьерлік өзіаударғыш автокөліктердің паркі бойынша бөлшектерді (агрегаттарды) ауыстыру арасындағы уақыт.

$$t = \frac{T_r}{\beta} = \frac{T}{i \cdot n}. \quad (3)$$

Агрегаттарды жөндеу және сақтау уақыты (айналым уақыты):

$$T_0 = t_{\text{ж}} + t_c, \quad (4)$$

мұндағы $t_{\text{ж}}$ – агрегаттарды жөндеу уақыты, сағат;

t_c – агрегаттарды және бөлшектерді қоймада сақтау уақыты, сағат.

$$t_c = \frac{t + t_{\text{ж}}}{2}. \quad (5)$$

Қоймада сақтау уақыты $t_c=0$ болғанда ең тиімді болады. Алайда, көптеген факторлардың практикадағы ықпалдарына байланысты, ол 0-ден $(t-t_c)$ -ге дейін ауытқуы мүмкін. Сондықтан тиімді сақтау уақытын оңтайландыру үшін экономикалық факторларды есепке алу қажет, ал есептеу

үшін орташаландырылған мәнін қабылдаймыз.

Айналымның соңғы уақытын мына формуламен анықтаймыз:

$$T_0 = \frac{t + t_p}{2}, \text{ сағ.} \quad (6)$$

Қосалқы бөлшектер мен агрегаттардың айналым қоры мына формула бойынша анықталады:

$$N = \gamma \frac{T_0}{t} = \gamma \left(\frac{t_p \cdot i \cdot n}{2T} + \frac{1}{2} \right), \quad (7)$$

мұндағы γ – қысқы және жазғы пайдаланудағы сенімділік көрсеткіштерінің өзгеруін ескеретін коэффициент.

$$\gamma = \frac{\omega_{\text{к}}}{\omega_{\text{ж}}}, \quad (8)$$

мұндағы $\omega_{\text{к}}$, $\omega_{\text{ж}}$ – көліктерді пайдаланудың қысқы және жазғы кезеңдерінде қарастырылатын түйіндердің істен шығу ағынының параметріне сәйкес келуі, сағат⁻¹.

Ұсынылған әдістеменің негізінде айналым қорын жеткілікті жарақтандырылған жөндеу базасы бар тау-кен кәсіпорындарында қалпына келтірілген бөлшектермен уақытылы толық қамтамасыз ету шарты сақталған. Батыс Қазақстанның негізгі көлік жолдарынан алыстатылған, жөндеу базаларының шектелген қуаты бар кәсіпорындарында қосалқы бөлшектерді уақытылы жеткізумен қатар, істен шыққан агрегаттарды жөндеу сияқты қосымша қиындықтар пайда болады. Мұндай жағдайларда айналым қорының мөлшерін арттыру жұмыстары өзін-өзі ақтайды.

Қорытынды

Карьерлік өзіаударғыш автокөліктердің бөлшектері мен тораптарының айналым қорын жөндеу кезінде ауыстыру-тораптық әдісті пайдалану мақсатында есептеу әдістемесі әзірленді.

БелАЗ-75131 карьерлік өзіаударғыш автокөлігіне қосалқы бөлшектердің тұтыну қорын есептеу

№ р/с	Бөлшектің атауы	Жұмыс уақыты, сағат	Бөлшектің саны, i	Көлік саны, n	Жөндеу уақыты, t _p
1	Квадратты ролик	2223	1	4	4,4
2	Шанақты көтеру клапандары	2279	2	4	3,5
3	Көтеру цилиндрлері	2799	2	4	5,5
4	Бас сорап жетегінің редукторы	2929	1	4	4,5
5	Дөңгелектің дискісі	2969	2	4	10,5
6	Рөлдік басқарудың сорабы	3027	1	4	8,5
7	Компрессор	3304	1	4	14,5
8	Алдыңғы жетек	3663	2	4	10,5
9	Рөлдік басқарудың сервоклапаны	3773	2	4	4,4
10	Алдыңғы тежеу дискілері	4223	2	4	6,5

1. Кабикенов С.Ж., Интыков Т.С., Көлік техникасын пайдаланудың негіздері. – Қарағанды: ҚарМТУ баспасы, 2015. – 261 б.
2. Мариев П.Л., Кулешов А.А., Егоров А.Н., Зырянов И.В. Карьерный автотранспорт стран СНГ в XXI веке. – СПб: Наука, 2006. – 387 с.
3. Кабикенов С.Ж., Есбосынов К.Т., Жаркенов Н.Б. Карьерлік өзіаударғыш автокөліктердің жылжымалы құрамының техникалық сипаттамасы. Материалы Международной научно-практической конференции «Инновации в производстве и подготовке технических кадров». Актөбе, 2016. С. 177-180.
4. Кабикенов С.Ж., Жаркенов Н.Б., Есбосынов К.Т. Методологические основы управления обслуживанием и ремонтом карьерных автосамосвалов // Материалы XIV Международной научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов, докторантов и молодых ученых в рамках программы главы государства Н.А. Назарбаева «Взгляд в будущее: модернизация общественного сознания» «МОЛОДЕЖЬ, НАУКА И ИННОВАЦИИ». Актөбе, 2018. С. 339-342.
5. Алиев Ж.А., Кабикенов С.Ж., Жаркенов Н.Б., Есбосынов К.Т., Кеңес Е.А. Автоөзіаударғыштарының электрлік трансмиссиясының сенімділігін есептеу. «ЖАСТАР, ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ИННОВАЦИЯЛАР» атты Елбасы Н.Ә. Назарбаевтың «Болашаққа бағдар: рухани жаңғыру» бағдарламасы аясындағы студенттер, магистранттар, аспиранттар, докторанттар және жас ғалымдардың XIV Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының Материалдары. Ақтөбе, 2018, 336-339 б.
6. Main products, catalog – 2016/2017. г. Жодино, Минская область, Республика Беларусь, 2016.
7. Меджидов М.А. Совершенствование методов технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов: Дис. ... канд. техн. наук. – М., 2009. – 136 с.
8. Кулецкий В.Н., Рыбинский А.Б., Горохов А.В. и др. Подход к управлению технической готовностью карьерного автотранспорта (Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) (специальный выпуск). – М.: Горная книга, 2015. – № 5. – 24 с.
9. Положение о техническом обслуживании, диагностировании и ремонте карьерных самосвалов БелАЗ грузоподъемностью 75 т и более. – М., 1991. – 86 с.
10. Потапов М.Г. и др. Совершенствование системы технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов // Горный журнал. – 1994. – № 6. – 39-41 с.
11. Потапов М.Г., Белозеров В.И., Левчик А.П. Перспективы создания большегрузных карьерных автосамосвалов / ЦНИИУголь // ОИ. Вып. 12. – М., 1986. – 44 с.
12. Рассказов В.А. Прогнозирование показателей надежности большегрузных автосамосвалов в условиях глубоких карьеров: Дис. ... канд. техн. наук. – М., 2010. – 134 с.

Методика расчета оборотного фонда запасных частей для технического обслуживания и ремонта

ЕСБОСЫНОВ Қайратбек Тулеуович, старший преподаватель, kairatbek_6d071300@mail.ru,

Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Казахстан, 030000, Актөбе, пр. А. Молдагуловой, 34.

Аннотация. Для обеспечения ремонта карьерных автосамосвалов сменно-узловым методом необходим оборотный фонд запасных частей. Обоснование размера оборотного фонда является важной инженерной задачей с точки зрения обеспечения своевременного планового ремонта машин. Поддержание высоких темпов развития открытых горных работ осложняется низкой эффективностью использования горно-транспортного оборудования. Под влиянием многочисленных факторов автосамосвалы простаивают от 20 до 80% календарного времени, причем значительную долю составляют простои по техническим причинам. Большие простои в работе обусловлены недостаточной надежностью и низкой эффективностью технического обслуживания и ремонта машин.

Ключевые слова: карьерный самосвал, запас хода, пуск двигателя, мощность, расход масла, характеристики скорости, характеристики торможения, топливная аппаратура.

Methodology for Calculating the Working Capital of Spare Parts for Maintenance and Repair

ESBOSYNOV Kayratbek, Senior Lecturer, kairatbek_6d071300@mail.ru,

K. Zhubanov Aktobe Regional University, Kazakhstan, 030000, Aktobe, A. Moldagulova Avenue, 34.

Abstract. To ensure the repair of mining dump trucks with the interchangeable method, a revolving stock of spare parts is required. Justification of the size of the working capital is an important engineering task in terms of ensuring timely scheduled repair of machines. Maintaining high rates of development of open cast mining is complicated by the low efficiency of using mining and transportation equipment. Under the influence of numerous factors, mining dump trucks stand idle from 20 to 80% of the calendar time, with a significant proportion of downtime for technical reasons. Large downtime due to lack of reliability and low efficiency of maintenance and repair of machines.

Keywords: quarry self-propelled vehicle, turnover reserve, engine start, power, oil consumption, speed characteristics, braking characteristics, fuel equipment.

REFERENCES

1. Kabikenov S.Zh., Intykov T.S., Kólik tekhnikasyn pajdalanudyń negizderi. – Qaraǵandy: QarMTU baspasy, 2015. – 261 p.
2. Mariiev P.L., Kuleshov A.A., Egorov A.N., Zyryanov I.V. Kar'ernyj avtotransport stran SNG v XXI veke. – Saint Petersburg: Nauka, 2006. – 387 p.
3. Kabikenov S.Zh., Esbosynov K.T., Zharkenov N.B. Kar'erlik ǵziaudarfısh avtokelikterdiń zhylzhymaly qyramynıń tekhnikalıq sipattaması. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Innovacii v proizvodstve i podgotovke tekhnicheskikh kadrov». Aktobe, 2016. pp. 177-180.
4. Kabikenov S.Zh., Zharkenov N.B., Esbosynov K.T. Metodologicheskie osnovy upravleniya obsluzhivaniem i remontom kar'ernyh avtosamosvalov // Materialy XIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii studentov, magistrantov, aspirantov, doktorantov i molodyh uchenyh v ramkah programmy glavy gosudarstva N.A. Nazarbaeva «Vzglyad v budushchee: modernizaciya obshchestvennogo soznaniya» «MOLODEZH', NAUKA I INNOVACII». Aktobe, 2018. pp. 339-342.
5. Aliev Zh.A., Kabikenov S.Zh., Zharkenov N.B., Esbosynov K.T., Keńes E.A. Avtoǵziaudarfısharyń elektrlik transmissiyasynıń senimdiligin esep-teu. «ZHASTAR, ǴYLYM ZHÁNE INNOVACIYALAR» atty Elbasy N.Á. Nazarbaevtyń «Bolashaqqa baǵdar: ruhani zhańǵyru» baǵdarlamasy ayasyndaǵy studentter, magistranttar, aspiranttar, doktoranttar zháne zhas ǵalymdardyń XIV Halyqaralyq ǵylymi-praktikalıq konferenciyasynıń Materialdary. Aqtóbe, 2018, pp. 336-339.
6. Main products, satalog – 2016/2017. g. Zhodino, Minskaya oblast', Respublika Belarus', 2016.
7. Medzhidov M.A. Sovershenstvovanie metodov tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta kar'ernyh avtosamosvalov: Dis. ... kand. tekhn. nauk. – Moscow, 2009. – 136 p.
8. Kuleckij V.N., Rybinskij A.B., Gorohov A.V. i dr. Podhod k upravleniyu tekhnicheskoy gotovnost'yu kar'ernogo avtotransporta (Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-tekhnicheskij zhurnal) (special'nyj vypusk). – Moscow: Gornaya kniga, 2015. – No. 5. – 24 p.
9. Polozhenie o tekhnicheskome obsluzhivanii, diagnostirovanii i remonte kar'ernyh samosvalov BelAZ gruzopod"emnost'yu 75 t i bolee. – Moscow, 1991. – 86 p.
10. Potapov M.G. i dr. Sovershenstvovanie sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta kar'ernyh avtosamosvalov // Gornyj zhurnal. – 1994. – No. 6. – pp. 39-41.
11. Potapov M.G., Belozеров V.I., Levchik A.P. Perspektivy sozdaniya bol'shegruznyh kar'ernyh avtosamosvalov / CNIElugol' // OI. Vyp. 12. – Moscow, 1986. – 44 p.
12. Rasskazov V.A. Prognozirovaniye pokazatelej nadezhnosti bol'shegruznyh avtosamosvalov v usloviyah glubokih kar'erov: Dis. ... kand. tekhn. nauk. – Moscow, 2010. – 134 p.



Особенности внедрения системы учета электронных трудовых договоров в Республике Казахстан

¹*ТЕМИРОВА Акмарал Болатовна, к.э.н., ассоциированный профессор, зав. кафедрой, bolat39@mail.ru,

¹ЮСУПОВА Салтанат Абаевна, к.э.н., старший преподаватель, s.yusupova@kazatu.kz,

¹ТОЛЫСБАЕВА Маржан Советбековна, к.э.н., старший преподаватель, m.tolysbaeva@kazatu.kz,

¹Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Казахстан, 010011, Нур-Султан, пр. Женис, 62,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Цель исследования – анализ особенностей внедрения системы учета электронных трудовых договоров в Республике Казахстан. Рассмотрены причины, целесообразность, нормативно-правовые акты, проблемы и перспективы внедрения Единой системы учета трудовых договоров Министерства труда и социальной защиты населения РК, а также сформированы основные вопросы работодателя по работе системы в процессе апробации в реальной практике. Рассмотрена целесообразность создания системы учета трудовых договоров в рамках актуальности для работника. Показано, что для государства появляется возможность автоматического мониторинга трудовых отношений. Описаны моменты внедрения единой системы учета трудовых договоров. Исследован регламент обязанностей работодателя по обязательному внесению в единую систему учета сведений. Актуальность, целесообразность и необходимость внедрения этого процесса не вызывает сомнений как у работников, так и работодателей.

Ключевые слова: занятость, трудовой договор, законодательные акты, учет, классификаторы, социальная защищенность, работник.

Введение

На сегодняшний день в Казахстане сохраняется высокая доля неформальной занятости в Казахстане, практически около 47% сотрудников в Казахстане не имеют трудовых договоров, обеспечивающих им защиту трудовых прав.

В большинстве регионов Казахстана сохраняется слабая социальная защищенность работников:

- задолженность по заработной плате в 2019 году составила 5,9 млрд тенге, несмотря на выплаты задолженности работникам в сумме более 5 млрд тенге (по данным Комитета труда, социальной защиты и миграции);

- за январь – март 2020 года по защите своих трудовых прав в органы досудебного порядка и суды обратились более 6000 сотрудников;

- задолженность по заработной плате за 4 месяца 2020 года составила 765 млн тенге, задолжниками по заработной плате стали 310 предприятий;

- госинспекторами было проведено 1300 проверок, выявлено 2013 нарушений, наложено штрафов на 66 млн тенге.

Вышеуказанные тенденции продолжают с 2016 года, и сегодня назрела острая необходимость изменения данной ситуации, поэтому кроме внедрения цифровой глобализации процессов управления персоналом в республике, основной причиной внедрения Единой системы учета трудовых договоров стала плачевная ситуация роста нарушений трудовых прав сотрудников в Казахстане, что еще раз подтверждает целесообразность внедрения Единой системы учета трудовых договоров.

Результаты исследований

Начнем с того, что проект является третьим направлением Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан (далее – МТСЗН) в рамках программы «Цифровой Казахстан» (рисунок 1).

Целесообразность создания системы учета трудовых договоров рассматривается в рамках актуальности для работника, работодателя и государства в целом:

- Для работников и потенциальных кандидатов она заключается в защите от социальных рисков: наличие трудового договора, взносов и отчислений в фонды, закрепление обязательств работодателя перед работником, упрощение процесса трудоустройства: не нужен сбор документов (экономия на сборе адресной справки, медицинской справки, аттестата, диплома, паспортных данных, резюме, стажа работы), возможность автоматического формирования личного дела.

- Для работодателей возможен более качественный подбор работников (без фальсификаций со стороны работников при оформлении резюме) через доступ к электронному личному делу кандидата (в т.ч. возможности электронной биржи труда), разработана услуга автоматиче-



Рисунок 1 – Проекты МТСЗН в рамках ГП «Цифровой Казахстан» (составлено автором по материалам сайта www.enbek.kz) [1]

ского уведомления о выявленных нарушениях для оперативного устранения, а также в будущем возможность автоматической отправки статистических отчетов и отказа от бумажных отчетных форм. И наконец, доля неформальной занятости может сократиться в 2 раза, помимо «вывода заработных плат из тени», охват пенсионным и социальным обеспечением может возрасти с 60% до 70-75%.

Для государства появляется возможность автоматического мониторинга трудовых отношений, соблюдения законодательных актов в части охраны труда и трудовых споров, контроля поступлений налогов в бюджет, взносов и отчислений в фонды, оперативного уведомления о сокращении рабочих мест.

В мае 2020 года вступил в действие Закон РК от 04 мая 2020 года №321-VI «О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты по вопросам труда», который определил обязанность работодателя вносить информацию о заключении и прекращении с работником трудового договора, вносимых в него изменений и (или) дополнениях [2].

Регламент также частично озвучен в Законе Республики Казахстан от 07 января 2003 года № 370 «Об электронном документе и электронной цифровой подписи» [3]. В целом, нормативную правовую базу мы можем наблюдать на рисунке 2.

В статье остановимся на следующих моментах, которые отражают факт внедрения единой систе-

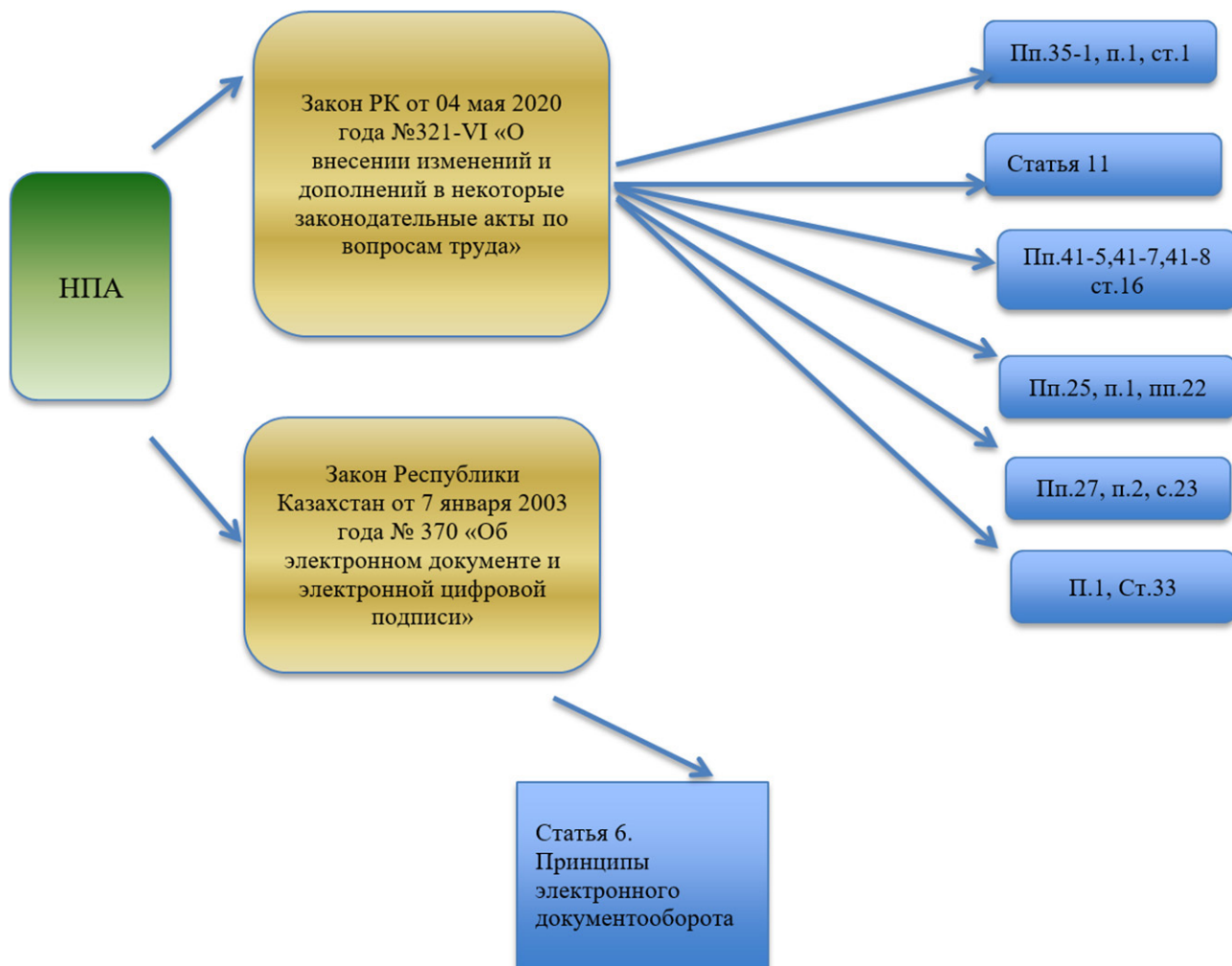


Рисунок 2 – НПА системы учета электронных трудовых договоров (составлено автором по материалам сайта МТСЗН РК)

мы учета трудовых договоров и регламентируют обязанность работодателя по обязательному внесению в единую систему учета не только сведений о заключении трудового договора, но и об изменениях и дополнениях в трудовой деятельности сотрудника.

Подпункт 35-1) пункта 1 статьи 1 Трудового кодекса Республики Казахстан с изменениями и дополнениями от 04 мая 2020 года (далее – ТК РК) следующего содержания:

«Единая система учета трудовых договоров – информационная система, предназначенная для автоматизации учета трудовых договоров, трудовой деятельности и численности работников», что говорит нам о функциях системы по автоматизации учета трудовых договоров, трудовой деятельности и штатной численности, более того в проекте МТСЗН РК регистрация трудовой деятельности сотрудника и сервис регистрации штатного расписания, что дает возможности ведения более качественной аналитики движения персонала в рамках республики.

Подпункт 27) пункта 2 статьи 23 ТК РК следующего содержания:

Работодатель обязан:

«Вносить информацию о заключении и прекращении с работником трудового договора, вносимых в него изменениях и (или) дополнениях, содержащих сведения, предусмотренные подпунктами 1), 2), 3), 4), 5) и 13) пункта 1 статьи 28 настоящего Кодекса, в единую систему учета трудовых договоров в порядке, определенном уполномоченным государственным органом по труду», регламентирует обязанность работодателя вносить информацию о заключении и расторжении трудового договора, а также изменениях и дополнениях, но только тех, которые содержат следующие сведения: реквизиты сторон, работу по определенной специальности, профессии, квалификации или должности (трудовую функцию), место выполнения работы, срок трудового договора, дату начала работы, дату заключения и порядковый номер [4].

При разработке проекта МТСЗН использован опыт Эстонии и Азербайджана. Эти страны уже

внедрили государственную систему учета трудовых договоров, которая показала свою эффективность в приросте количества трудовых договоров на 72% за первый квартал 2019 года после трех месяцев внедрения системы.

Электронная система регламентирует процесс заключения электронного трудового договора, регистрации в государственном хранилище, уведомлении работодателя и работника, а также ответственность работодателя за несвоевременную регистрацию трудового договора, не только административную, но и уголовную (на примере Азербайджана) [5].

Плановые мероприятия МТСЗН РК также направлены на оптимизацию процессов для работодателя и работника: сервис автоматического формирования резюме, сервис регистрации штатного расписания, интеграция с государственным архивом РК, интеграция с МЗ РК в части проверки подлинности больничного листа, интеграция с ВС РК в части проверки подлинности нахождения работника в суде и другие мероприятия.

Для оптимизации процесса пионером проекта – группой IT-компаний «Profi Soft» (город Костанай) было разработано интегрированное приложение, которое позволяет предприятиям с большой численностью сотрудников быстро и безболезненно внести информацию в ЕСУТД посредством интеграции внутренней информационной системы предприятия и системы МТСЗН РК [6].

На 1 мая 2020 года в системе находится 1 млн 328 тысяч трудовых договоров, подключено более 28000 работодателей и процесс продолжается [7]. После закрепления обязанности работодателя в Трудовом кодексе 2020 года число зарегистрированных работодателей возросло в разы, потому что отсутствие регистрации трудовых договоров в ЕСУТД закреплена административная ответственность. Необходимо понимать, что регистрация трудовых договоров в системе МТСЗН РК является первым шагом внедрения глобальной в рамках Казахстана системы e-hr.kz, которая автоматизирует управление персоналом в рамках всей республики и поможет эффективно и адекватно вести мониторинг, анализ и статистику движения трудовых ресурсов и рынка труда.

Выводы

В результате апробации темы и обсуждения с работодателями возникают следующие вопросы:

- Каковы сроки внесения трудовой деятельности работника в ЕСУТД;

- Необходимо ли внесение новых сотрудников в ЕСУТД в день приема работника;

- Будут ли регламентированы сроки, порядок и требования в Правилах представления и получения сведений о трудовом договоре в единой системе учета трудовых договоров, которые мы ожидаем в июле 2020 года;

- Сохранится ли обязанность работодателя по приоритетному внесению информации о сотрудниках, выходящих на пенсию в ближайшие два года, что мы могли наблюдать в законопроекте;

- В какой период начнут функционирование сервисы по регистрации трудовых договоров на других цифровых платформах, таких как e-gov.kz;

- Будет ли разработано мобильное приложение для данных функций для удаленного доступа работодателя;

- Необходимо ли всем действующим и потенциальным сотрудникам получать электронную цифровую подпись, учитывая, что регистрация через портал e-gov.kz в будущем формат подписания через ЭЦП работодателя и работника;

- Будет ли разработан и унифицирован единый шаблон трудового договора в ЕСУТД в соответствии со статьей 28 ТК РК, потому что сегодня практически каждое предприятие сохраняет собственный формат трудового договора;

- Предполагается ли разработка в ЕСУТД функции добавления должностей, не входящих в единый классификатор, потому что в штатных расписаниях предприятий существуют должности, которые не входят в справочник;

- Когда у кадровиков и HR будет возможность посетить сайт e-hr.kz, который сейчас находится в стадии разработки.

Вопросов по процессу внедрения системы электронных трудовых договоров сегодня остаётся больше, чем ответов, однако актуальность, целесообразность и необходимость внедрения этого процесса не вызывает сомнений как у работников, так и работодателей, не говоря уже о пользе системы для государства и общества в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт МТСЗН РК <https://www.gov.kz/memleket/entities/enbek?lang=ru>
2. Трудовой Кодекс РК. https://www.mikosoftware.kz/trudovoy-codex-2016.html#st_23
3. Закон Республики Казахстан «Об электронном документе и электронной цифровой подписи» от 07 января 2003 года № 370, действующий с изменениями и дополнениями от 06.04.2021 https://kodeksy-kz.com/ka/ob_elektronnom_dokumente_i_tsifrovoy_podpisi.htm
4. Трудовой Кодекс РК. https://www.mikosoftware.kz/trudovoy-codex-2016.html#st_23
5. Электронная биржа труда. <https://www.enbek.kz/ru>
6. Группа компаний Profi Soft. <https://profi-soft.kz/>
7. Официальный сайт МТСЗН РК <https://www.gov.kz/memleket/entities/enbek?lang=ru>

Қазақстан Республикасында электрондық еңбек шарттарын тіркеу жүйесін енгізу ерекшеліктері

¹*ТЕМИРОВА Акмарал Болатовна, э.ф.к., қауымдастырылған профессор, кафедра меңгерушісі, bolat39@mail.ru,

¹ЮСУПОВА Салтанат Абаевна, э.ф.к., аға оқытушы, s.yusupova@kazatu.kz,

¹ТОЛЫСБАЕВА Маржан Советбековна, э.ф.к., аға оқытушы, m.tolysbaeva@kazatu.kz,

¹С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті, Қазақстан, 010011, Нұр-Сұлтан, Жеңіс даңғылы, 62,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Зерттеудің мақсаты – Қазақстан Республикасында электрондық еңбек шарттарын есепке алу жүйесін енгізу ерекшеліктерін талдау. ҚР Еңбек және халықты әлеуметтік қорғау министрлігінің еңбек шарттарын есепке алудың бірыңғай жүйесін енгізудің себептері, орындылығы, нормативтік-құқықтық актілері, проблемалары мен перспективалары қаралды, сондай-ақ нақты практикада апробациялау процесінде жүйенің жұмысы бойынша жұмыс берушінің негізгі мәселелері қалыптастырылды. Қызметкер үшін өзектілік аясында еңбек шарттарын есепке алу жүйесін құрудың орындылығы қарастырылды. Мемлекет үшін еңбек қатынастарын автоматты түрде бақылау мүмкіндігі бар екендігі көрсетілген. Еңбек шарттарын есепке алудың бірыңғай жүйесін енгізу сәттері сипатталған. Жұмыс берушінің мәліметтерді есепке алудың бірыңғай жүйесіне міндетті түрде енгізу жөніндегі міндеттерінің регламенті зерттелді. Бұл процессті енгізудің өзектілігі, орындылығы және қажеттілігі жұмысшылар мен жұмыс берушілер арасында күмән тудырмайды.

Кілт сөздер: жұмыспен қамту, еңбек шарты, заңнамалық актілер, есепке алу, жіктеуіштер, әлеуметтік қорғалу, қызметкер.

Features of the Implementation of a System for Recording Electronic Labor Contracts in the Republic of Kazakhstan

¹*ТЕМИРОВА Акмарал, Cand. Econ. Sci., Associate Professor, Head of Department, bolat39@mail.ru,

¹ЮСУПОВА Салтанат, Cand. Econ. Sci., Senior Lecturer, s.yusupova@kazatu.kz,

¹ТОЛЫСБАЕВА Маржан, Cand. Econ. Sci., Senior Lecturer, m.tolysbaeva@kazatu.kz,

¹S. Seifullina Kazakh Agrotechnical University, Kazakhstan, 010011, Nur-Sultan, Zhenis Avenue, 62,

*corresponding author.

Abstract. The purpose of the study is to analyze the features of the implementation of the system of accounting for electronic labor contracts in the Republic of Kazakhstan. The reasons, expediency, normative legal acts, problems and prospects for the implementation of the Unified system for recording labor contracts of the Ministry of Labor and Social Protection of the Population of the Republic of Kazakhstan are considered, as well as the main questions of the employer on the work of the system in the process of testing in real practice. The feasibility of creating a system of recording labor contracts within the framework of relevance for the employee is considered. It is shown that for the state there is an opportunity to automatically monitor labor relations. The moments of introducing a unified system for recording labor contracts are described. The regulations of the employer's obligations for mandatory inclusion in the unified information recording system have been investigated. The relevance, expediency and necessity of implementing this process is beyond doubt for both employees and employers. Republic of Kazakhstan.

Keywords: employment, employment contract, legislative acts, accounting, classifiers, social security, employee.

REFERENCES

1. Oficial'nyj sajt MTSZN RK <https://www.gov.kz/memleket/entities/enbek?lang=ru>
2. Trudovoj Kodeks RK. https://www.mikosoft.kz/trudovoy-codex-2016.html#st_23
3. Zakon Respubliki Kazahstan «Ob elektronnom dokumente i elektronnoj cifrovoj podpisi» ot 07 yanvaryaya 2003 goda no. 370, dejstvuyushchij s izmeneniyami i dopolneniyami ot 06.04.2021 https://kodeksy-kz.com/ka/ob_elektronnom_dokumente_i_tsifrovoj_podpisi.htm
4. Trudovoj Kodeks RK. https://www.mikosoft.kz/trudovoy-codex-2016.html#st_23
5. Elektronnaya birzha truda. <https://www.enbek.kz/ru>
6. Gruppa kompanij Profi Soft. <https://profi-soft.kz/>
7. Oficial'nyj sajt MTSZN RK <https://www.gov.kz/memleket/entities/enbek?lang=ru>

Мемлекеттің бюджеттік түсімдерін жоспарлау

ШАЙМЕРДЕНОВА Рымтай Токеновна, э.ф.м., аға оқытушы, rima71@mail.ru,
Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56.

Аңдатпа. Мақаланың мақсаты – мемлекеттің бюджеттік түсімдерін жоспарлау ерекшеліктерін қарастыру. Тақырып бүгінгі күн үшін өте өзекті. Қаржы жүйесінің нарықтық экономиканың дамуы мен табысты жұмыс істеуінің өзегі және тұтастай алғанда экономиканың өсуі мен тұрақтылығының қажетті алғышарты болып саналатындығы қарастырылған. Мақаланың зерттеу объектісі ретінде Қазақстан Республикасының қаржы жүйесін құрудағы мемлекеттің маңызды міндеттерінің бірі болып табылатын негізгі факторлары болып табылады. Ол бүкіл қолданыстағы экономиканың негізі болады және сөзсіз өте маңызды рөл атқарады. Қаржы жүйесінің негізгі компоненттерінен басқа, әрбір дамыған елдің қазіргі кезеңде белгілі бір биіктерге жетуге мүмкіндік беретін өзіндік ерекшеліктері бар. Жұмыста мемлекеттік бюджетті жоспарлаудағы шет елдік тәжірибелерді зерттеу нәтижелері келтірілген.

Кілт сөздер: бюджет, экономикалық өсу, мемлекеттік қаржы, үкімет, мемлекеттік бюджет, бюджеттік жоспарлау, мемлекеттік кіріс, мемлекеттік функция.

Кіріспе

Мемлекеттік қаржы – бұл мемлекеттің орталықтандырылған ақша қорын құру және оны ұдайы өндіру және қоғамдық қажеттіліктерді қанағаттандыру мақсатында пайдалану арқылы қоғамдық өнімдердің құнын бөлу және қайта бөлу процесінде мемлекет пен қоғамдық өндірістің басқа қатысушылары арасында туындайтын экономикалық қатынастар.

Мемлекеттік қаржы – бұл белгілі бір уақыт кезеңіне, негізінен бір жылға арналған мемлекеттік кірістер мен шығыстардың қаржылық жоспары. Онда мемлекеттік кіріс көздері, сондай-ақ қаражатты жұмсау бағыттары мен арналары көрсетіледі. Мемлекеттік бюджетті үкімет әзірлейді, оны жоғары заң органдары қабылдайды және бекітеді. Бюджеттің атқарылуы барысында ол ішінара қайта қаралуы мүмкін. Барлық демократиялық мемлекеттерде мемлекеттік бюджетті қабылдау Парламенттің маңызды өкілеттіктерінің бірі болып табылады.

Қаржылық қатынастардың алуан түрлілігінде кейбір жалпы ерекшеліктерімен ерекшеленетін оқшауланған салаларды ажыратуға болады. Осылайша, мемлекеттің шаруашылық жүргізуші субъектілерімен және халықпен қаржылық қатынастары жалпы әлеуметтік өнімді құндық бөлудің ерекше саласын құрайды және қоғамдық қажеттіліктерді қанағаттандыру үшін орталықтандырылған ақша қорын қалыптастырумен және пайдаланумен байланысты. Бұл қаржылық қатынастардың жиынтығы «мемлекеттік бюджет» ұғымының экономикалық мазмұнын құрайды [1].

Мемлекеттік бюджет қаржылық қатынастардың белгілі бір жиынтығы ретінде, ең алдымен, жалпы қаржылық категориядан ерекшеліктер-

мен сипатталады: бюджеттік қатынастар оқшауланған, әрқашан ақшалай түрде жүзеге асырылады және мақсатты ақша қаражаттарын қалыптастыру мен пайдаланумен бірге жүреді. Мемлекеттік бюджет, кез-келген басқа экономикалық категория сияқты, өндірістік қатынас болып табылады және оған сәйкес келетін нақты материалдық және материалдық нысандарды білдіреді: бюджеттік қатынастар мемлекеттің орталықтандырылған ақша қорына-бюджет қорына орналастырылады.

Мемлекеттік бюджетті жоспарлаудың бағыттары

Мемлекеттік бюджеттің көп қырлы маңыздылығын ескере отырып, оны экономикалық категория және мемлекеттің орталықтандырылған ақша қоры ретінде ғана емес, сонымен бірге негізгі қаржылық жоспар, әлеуметтік-экономикалық реттеу механизмінің жиынтық тұжырымдамасы ретінде қарастырып көрейік.

Бюджет кірістері мыналардың негізінде қалыптастырылады:

- салық түсімдері, эмиссиядан түсетін кірістің 85%-ға жуығы;

- мемлекеттік бағалы қағаздарды монетизациялау және олардың басқа да кірістері;

- облигациялық қарыздар түрінде және т. б.

Бюджет шығыстары мынадай бағыттар бойынша жүзеге асырылады:

- өнеркәсіп (өсімдік шаруашылығы және т. б.), халық шаруашылығы салаларын қаржыландыру;

- халық шаруашылығын қорғау, сот билігі және т.б.

2020 жылғы қаңтар-сәуір аралығында мемлекет бюджетіне 3,4 трлн теңге салық төлемдері

түсті. Табыс жоспары 103,9% орындалды. Республикалық бюджетке түскені 1,7 трлн теңге кіріс. Сондай-ақ, қазіргі уақытта Үкімет әлеуметтік-экономикалық тұрақтылық пен жұмыспен қамтуды қолдауға бағытталған дағдарысқа қарсы шараларды іске асыруда және, әрине, отандық бизнесті қолдау.

Сонымен қатар, салықтық жеңілдіктер мен жеңілдіктер бар. Бұл қазір мүлік салығы, жер салығы, жеке табыс салығы бойынша нөлдік мөлшерлеме қолданылатынын білдіреді.

Салық, акциздер және ЭКБ. Бұл шара 134 мың салық төлеушіге қатысты, ал салық сомасы шамамен 205 млрд теңгені құрайды.

Сондай-ақ шағын және орта бизнес үшін шаралар қарастырылған салықтар бойынша нөлдік ставкаларды босату немесе қолдану бойынша 6 айға, СТН және жалақы қорынан әлеуметтік салық (ірі бизнес субъектілері 1 қазанға дейін). Өз кезегінде бұл шара 70 мың салық төлеушіні қамтыды және сомасы шамамен 200 млрд теңгені құрады. Мемлекет сондай-ақ қосылған құн салығының мөлшерлемесін төмендету бойынша шара қабылдады, яғни 12%-дан 8%-ға дейін төмендеді. Мұнда есептелген сома өткен кезең шамамен 9 млрд теңгені құрады. Мемлекеттік бюджеттің кірістерін келесі суреттен көруге болады.

Бір тоқсанда мемлекеттік бюджетке 2,7% трлн теңге түсті, яғни жоспар 104% орындалды. Атап

айтқанда, негізгі дефолт сомасы КТС және ҚҚС болып табылады. Сыртқы нарықтық факторлардың әсері жоспардың орындалмауына әкеледі. Егер негізгі экспорттық тауарлардың бағасын өткен жылмен салыстырсақ, сома 19%-ға, ал жыл басынан 15%-ға төмендеді. Бұл үшін де төрт ай ішінде қызмет көрсету салаларынан түсетін түсімдер азайды. Енді мемлекеттік бюджет шығындарын, шығындарды қарастырыңыз: бюджеттің 97,7%-ға, Республикалық бюджеттің 98,6%-ға орындалды, және жергілікті бюджеттерден – 97,1%-ға орындалды.

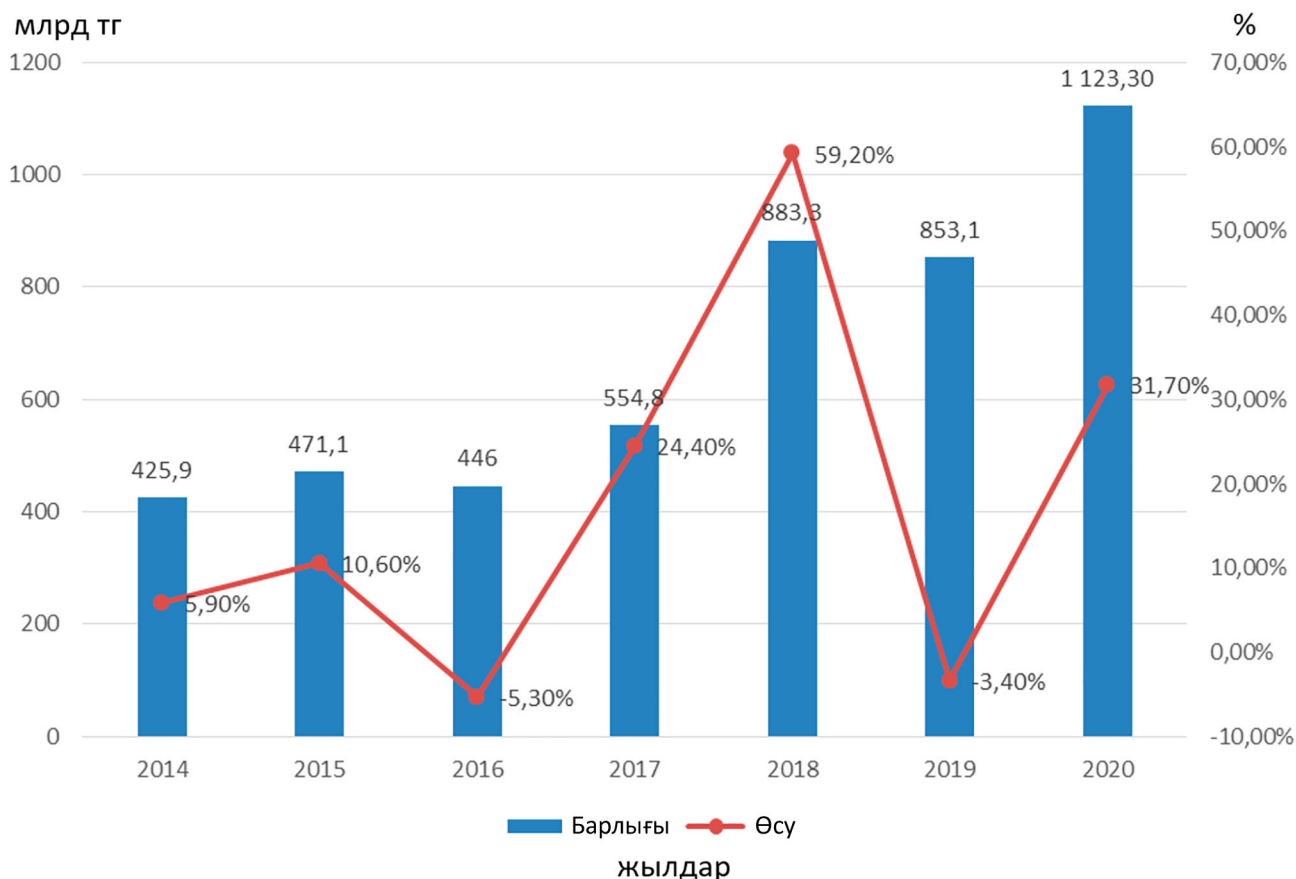
Тек 2020 жылдың қаңтарында мемлекеттік бюджеттің кірістері 2019 жылдың қаңтарымен салыстырғанда 31,7%-ға өсті және 1,1 трлн теңгеге жетті (көрсеткіш 853,07 болған кезде млрд тг).

Егер 2018 жылмен салыстырғанда мемлекеттік бюджеттің кірісі 883,29 млрд теңгені құрады.

2020 жылы мемлекеттік бюджетке салық түсімі 8%-ға төмендеп, 521 миллиард теңгені құрады.

Әлеуметтік салықтан түсетін түсімдер сомасы 2019 жылы 46 миллиард теңгені құрады, ал биыл 20%-ға, дәлірек айтқанда 56 миллиард теңгеге дейін ұлғайды. Дегенмен, егер 2019 жылмен салыстырғанда 99,7 миллиард теңге болса, халықаралық сауда мен сыртқы операциялардан түсетін салық түсімі төмендеп, 42 млрд теңгені құрады.

Салықтық емес кірістерден түскен сома бір жылда 1,2%-ға төмендеп, 19,6 миллиард теңгені



құрады. Мемлекеттік бюджетте негізгі құралдарды сатудан түсетін түсімдер 12%-ға 7,9 млрд теңгеге дейін ұлғайды, ал трансферттік түсімдер сомасы 2019 жылмен салыстырғанда 2 есеге ұлғайды және 575 млрд теңгені құрады.

Мемлекеттік бюджетті жоспарлаудағы шет елдік тәжірибе

Осы орайда қаржылық жоспарлаудың шетелдік тәжірибесіне көз жүгіртетін болсақ, соңғы жиырма жыл ішінде Қытай Халық Республикасында мемлекеттік жоспарлардың қалыптасуы стратегиялық реттеуге бағытталған. Бұл өзгерістердің көпшілігі 2000-2005 жылдары оныншы бесжылдық даму жоспарын дайындау кезінде қабылданды. Қытайдың ДСҰ-ға кіруіне байланысты.

Стратегиялық мінез – құлықтың бұл желісін Қытай Халық Республикасының басшылығы бүгінгі күнге дейін қолдайды, нарық ресурстарды бөлуде шешуші мәнге ие. 2013 жылдан бастап қытай қоғамының барлық салаларын реформалау бағдарламасы бекітілді, оның негізгі мақсаты Үкімет пен нарықты бөлу, сондай-ақ еркін нарықтық қатынастарды дамыту үшін барлық жағдайларды жасау болып табылады. Жалпы алғанда, ҚХР-дағы Стратегиялық жоспарлау жүйесі ұзақ мерзімді жоспарлауды, орта мерзімді жоспарлауды және қысқа мерзімді жоспарлауды қамтиды [2].

Қытай Халық Республикасының ұзақ мерзімді болжамдарын әзірлеуге Ғылым академиясы, сондай-ақ мемлекеттік Кеңес пен елдің даму және реформалар істері комитетінің зерттеу орталықтары қатысады. Болжамдар нарықтағы сұраныс пен ұсыныстың дамуын бағалауды, сондай-ақ мүдделі ведомстволар мен ел өңірлерінің пікірлерін ескере отырып жасалады.

Ұзақ мерзімді даму бағдарламасы ішкі мамандардан бұрын әзірленген болжамдарды ескере отырып, сондай-ақ шетелдік компаниялар мен Халықаралық экономикалық ұйымдардың болжамдарын бағалауды ескере отырып, Қытай Республикасы Мемлекеттік кеңесінің ұсыныстары негізінде қалыптастырылады. Ұзақ мерзімді даму бағдарламасын әзірлеуге жауапты орган даму және реформа істері жөніндегі мемлекеттік комитет болып табылады, ал Бүкілқытайлық халық өкілдері қауымдастығы бағдарламаны бекітуге жауапты. Ұзақ мерзімді даму бағдарламасы елдің ұзақ мерзімді стратегиясын айқындайтын нормативтік құжат болып табылады, қытай қоғамының алдында тұрған негізгі мақсаттар мен міндеттерді, сондай-ақ олардың орындалуына жауапты ведомстволарды бекітеді, дамудың басым салаларын көрсетеді. Ұзақ мерзімді бағдарлама орта мерзімді бес жылдық даму жоспарларын және қысқа мерзімді жылдық жоспарларды құру үшін негіз болып табылады. Елдің салалық және Өңірлік даму жоспарларын қалыптастыру және іске асыру үшін негізгі рөлдердің бірі 2020 жылдың соңына дейін шамамен 14 жыл бойы іске

асырылып келе жатқан ғылым мен техниканы дамытудың ұзақ мерзімді бағдарламасы болып табылды. Бағдарлама екі негізгі аспектіні қамтыды:

- Дәстүрлі аспект мемлекеттік ірі ғылыми жобаларды қолдауды білдіреді.

- Инновациялық аспект нарыққа бағдарлауды, өнеркәсіптік инновацияларды дамытуды және оларды коммерциялауды көздейді.

Нақты өңірлерді аумақтық дамытудың ұзақ мерзімді бағдарламалары ерекше орын алады [3].

Мысалы, «Қытайдың ұлттық провинцияларын дамыту бағдарламасы» 2050 жылға дейін есептелген. Бағдарламаны қолдауға өндіруші өнеркәсіп, энергетика, көлік инфрақұрылымын дамыту және қоршаған ортаны қорғау сияқты басым бағыттарды дамыту кіреді. Осы бағдарлама шеңберінде батыс өңірлердің Приморье провинцияларынан артта қалуын жоюға арналған «Go west» (2000-2010 жылдар) жобасы табысты іске асырылды. Жобаның негізгі құралдары ірі мемлекеттік инвестициялар, ұлттық жүйені рационализациялау, экологиялық салықты енгізу, қаржылық трансферттерді рационализациялау, жеке инвестицияларды ынталандыру, жергілікті қарыздарды шығару болды. Қытайдың батыс өңірін дамытудың ұзақ мерзімді бағдарламасынан басқа, елде «2012-2020 жылдарға арналған ескі революциялық аудандарда орнықты және үйлесімді әлеуметтік-экономикалық даму бағдарламасы» (ең алдымен энергетиканы және пайдалы қазбаларды өндіруді дамыту), «Қытайдың орталық аудандарын жедел жандандырудың 2009-2015 жылдарға арналған бағдарламасы» (Экономикалық өсуді жеделдету, урбандалу коэффициентін 48%-ға дейін ұлғайту, халықтың жан басына шаққандағы ЖІӨ-нің өсуі, инновациялық дамуды ынталандыру), «Қытайдың ескі – 2003-2007 жылдар» және «Ресей Федерациясының Қиыр Шығыс және шығыс Сібір аймақтары мен ҚХР солтүстік-шығыс тоғы арасындағы ынтымақтастық бағдарламасы 2009-2018 жылдар». Орта мерзімді ұлттық жоспарлау бес жылдық өңірлік жоспарларды құру үшін жауапкершілік провинциялар деңгейінде жатыр, содан кейін елдің әлеуметтік-экономикалық дамуының мемлекеттік жоспарына сәйкестігін бағалау қажет. Бағдарламаның соңғы нұсқасын халық өкілдерінің провинциялық жиналысы бекітеді. Қызмет саласы бойынша жоспарлар әлеуметтік-экономикалық, Ұлттық кеңістіктік жоспарларға, сондай-ақ қалалық және ауылдық жоспарларға бөлінеді.

Бесжылдық жоспарлардың негізгі мақсаты мемлекеттің орта мерзімді басымдықтарын белгілеу болып табылады. Жоба жоспарын дайындау үшін даму және реформалар жөніндегі Ұлттық комиссия жауапты болады. Бес жылдық жоспарларды қалыптастырудың негізі Үкіметтің ұсыныстары болып табылады, ал қорытынды бекіту Бүкілқытайлық Халық Өкілдері Жиналысының жауапкершілік аймағында [4].

Орта мерзімді бес жылдық жоспарлар үш

түрге бөлінеді:

- салалық бесжылдық жоспарлар;
- өңірлік дамудың бесжылдық жоспарлары;
- жергілікті деңгейді дамытудың бес жылдық жоспарлары.

Бес жылдық жоспарға енгізу үшін негізгі объектілердің тізбесін сұраныс пен ұсыныстың даму болжамының нәтижелерін негізге ала отырып, өңірлік органдар мен ведомстволар анықтайды. Бес жылдық жоспар мүдделі тараптардың тексеруінен өтеді, елдің Мемлекеттік Кеңесі мүшелерінің, сондай-ақ орталық атқарушы органдар мен провинциялардың қатысуымен кеңес өткізіледі.

Бүгінгі күні Қытай Халық Республикасында есеп бойынша он үшінші бесжылдық жоспар іске асырылуда (2016-2020 жылдар). Бұл жоспар өзінің негізгі мақсаты – Орта өмір сүретін қоғамды жан-жақты құру және ішкі сұранысқа бағытталған экономикалық модельге көшу.

Жылдық жоспарлар салалардың, провинциялар мен муниципалитеттердің жыл сайынғы даму жоспарларын құрудың негізгі құжаты болып табылады. Жылдық жоспарлар мемлекеттік, салалық, провинциялық және муниципалды деңгейлерде қалыптасады.

Қытай Халық Республикасындағы қысқа мерзімді жоспарлар мыналарды қамтиды:

- Жылдық даму жоспары;
- Кірістер мен шығыстардың жылдық балансы;
- Салаларды, провинциялар мен медициналық құрылымдарды дамытудың жыл сайынғы жоспарлары.

Даму және реформалар істері жөніндегі мемлекеттік комитет мемлекеттік кеңеспен және Бүкілқытайлық халық өкілдері жиналысымен қатар өткен және ағымдағы жылдарға арналған жоспардың орындалуын қадағалайды.

Осы сәтте, Қытай Халық Республикасының Стратегиялық жоспарлау жүйесінің келесідей ерекшелігін атап өткен жөн:

- экономикалық дамуды басқаруға мемлекеттің араласуын қысқартуға жалпы бағыттылық;
- Қытай Халық Республикасы дамуының басым бағыттарын бекіту кезінде Социалистік риторика мен партия басшылығының жетекші рөлін сақтай отырып, бизнесті мемлекеттік реттеу мен ынталандырудың батыстық тұжырымдамалары мен әдістерін белсенді пайдалану;
- ұзақ мерзімді бағдарламаларды үйлестіру және оларды ел дамуының жылдық және жылдық жоспарларында іске асыру болып табылады.

Нәтижесінде, шет ел тәжірибесін ескере отырып нарықтық экономикадағы қаржыны жоспарлаудың жетілдіру жолдарына тоқтала кететін болсақ, бюджет процесін жаңғырту мемлекеттің бәсекеге қабілеттілігі мен халықаралық тұрақтылықты арттыру саясатының маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Бюджет реформасын жүргізу жөніндегі бірінші кезектегі іс-шаралардың бірі бюджет шығыстарының тиімділігін

арттыру, бюджеттік бағдарламалар әкімшілеріне көбірек дербестік беру және олардың түпкі нәтижелерге қол жеткізгені үшін жауапкершілігін күшейту мақсатында бюджеттік жоспарлауды жетілдіру болып табылады.

Бюджет процесін жаңғырту мемлекеттің бәсекеге қабілеттілігі мен халықаралық тұрақтылықты арттыру саясатының маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Бюджет реформасын жүргізу жөніндегі бірінші кезектегі іс-шаралардың бірі бюджет шығыстарының тиімділігін арттыру, бюджеттік бағдарламалар әкімшілеріне көбірек дербестік беру және олардың түпкі нәтижелерге қол жеткізгені үшін жауапкершілігін күшейту мақсатында бюджеттік жоспарлауды жетілдіру болып табылады [5].

Мемлекеттік бюджет шығыстарының тиімділігі мемлекеттік басқарудың сапасы мен тиімділігін сипаттайды және мемлекеттің әлеуметтік әл-ауқатын, экономикалық дамуын қамтамасыз етудің негізгі шарттарының бірі болып табылады. Соңғы жылдардағы қазақстандық тәжірибе шығыстарды басқару саласында белгілі бір қиындықтар бар екенін куәландырады. Шығыстардың тиімділігін арттыру әлі күнге дейін бюджет қаражатын үнемдеу және қаржылық бақылауды күшейту тұрғысынан ғана қаралды.

Шығыстардың тиімділігін арттыру маңызды міндеттердің біріне айналуға, оны шешу үшін үнемдеу резервтерін іздеу жеткіліксіз, ал бюджеттік институттарды жүйелі түрде өзгерту, тиімді бюджеттік шешімдер қабылдаудың практикалық технологияларын құру талап етіледі. Мұның бәрі осы зерттеудің өзектілігін растайды.

Бюджеттік жоспарлау жүйесін жаңғырту және мемлекеттік шығыстардың тиімділігін арттыру процесінің негізгі бағыттарын немесе тұжырымдамалық тәсілдерін айқындаймыз:

1. Кешенді тәсілдің болмауы мемлекеттің, Үкіметтің өкілі ретінде Үкіметтің бағдарламасын іске асыратын мемлекеттік органдардың барлық ниеттерін жоққа шығаруы мүмкін. Бұл процесс Мемлекеттік басқарудың барлық бағыттарын қамтуға және мемлекеттік органдардың жұмысын регламенттейтін барлық нормативтік-құқықтық актілерде көрініс табуға тиіс. Ал бюджеттік жоспарлау жүйесін жаңғырту процесінің өзі әкімшілік реформалардың бір бөлігі болуға тиіс. Бюджет шығыстарының тиімділігін арттыру оны бағалау жүйесі болмаған жағдайда мүмкін болмайды, оны құру үшін барлық кезеңдер мен құрамдас элементтерді нақты регламенттейтін формальды ережелер қажет. Презентацияның анықтығы және қос ұғымдардың болмауы тиімділікті бағалау нәтижесінде объективті мәліметтер алуға мүмкіндік береді. Бағалау нәтижелеріне бюджетті жоспарлауды және орындауды жүзеге асыратын мемлекеттік органдар ғана емес, сондай – ақ мемлекеттің жоғары лауазымды тұлғалары-президент, Премьер-министр, елдің жоғары заң шығарушы органының төрағасы

да мүдделі болуға тиіс, олар оларды жүргізілетін бюджет саясатына және нақты тарихи жағдайларда қоғамды дамытудың бағдарларына сәйкес мемлекеттік басымдықтар жүйесін құру кезінде өз жұмысында пайдаланады.

2. Әлемде тікелей Қазақстан Республикасында қолдануға болатын мемлекеттік шығыстардың тиімділігін арттыруға стандартты тәсіл жоқ. Бизнес-ортадан әртүрлі әдістемелерді қабылдаған елдерде бюджет шығыстарының нәтижелілігі арқылы тиімділікке қол жеткізу бағыттары бәрінен дамыды.

Осылайша, бюджеттік жоспарлау рәсімдері мемлекеттік органдар қызметінің барлық салаларымен тығыз байланысты. Бюджеттік жоспарлау процесінде, автордың пікірінше, әлеуметтік-экономикалық саясаттың жоғарыда аталған барлық құралдарының негізгі параметрлерін анықтап, олардың өзара сәйкестігін, сондай-ақ билік органдарының өзара әрекеттесуін қамтамасыз ету қажет.

3. Мемлекеттік органдарда қаржылық менеджмент жүйесін трансформациялау қажеттілігі. Бейінді бөлімшелер мен олардың қызметкерлері өздері жүзеге асыратын қызмет процесінде бюджет ресурстарын жұмсауға және жоспарланған нәтижелерге қол жеткізуге жауапты болуға тиіс. Қаржы менеджменті саласындағы өкілеттіктер мен міндеттерді беру назарды сыртқы бақылаудан ішкі бақылауға біртіндеп көшірумен қоса жүруге тиіс.

Қорытынды

Қортындылай келе, менің пікірімше, бюджет шығыстарының тиімділік индикаторларын Қазақстан Республикасының министрліктері мен бюджеттік бағдарламалар әкімшілері бірлесіп әзірлеуге тиіс. Бірқатар көрсеткіштер бірыңғай болуға және барлық министрліктер мен ведомстволық бағынысты бюджеттік мекемелерде пай-

даланылуға тиіс.

Ең алдымен, бұл қаржылық көрсеткіштер (бюджеттік қаражат әкімшісі шығыстарының жалпы құрылымындағы бағдарламалық, іс-шараларды орындауға арналған облыстық бюджет шығыстарының үлесі, бюджет шығыстарының жалпы сомасындағы конкурс нәтижелері бойынша орналастырылатын шығыстардың үлесі, жалпы шығыстардағы өзге де шығыстардың үлесі).

Индикаторлардың екінші блогы бюджет саласының кадрлық әлеуетін бағалау үшін қажет (жоғары білімі, ғылыми дәрежесі бар адамдардың үлесі, конкурс бойынша іріктелген адамдардың үлесі, бюджет мекемелеріндегі жалақының өңір бойынша орташа жалақыға қатынасы).

Көрсеткіштердің үшінші тобы бюджеттік мекеме, ведомство, бюджет қаражаты әкімшісі қызметінің әлеуметтік маңыздылығын сипаттайды. Бұл топтағы негізгі көрсеткіш тұтынушылардың пікірі бойынша бюджеттік қызмет көрсету сапасын сипаттайтын индикатор болады. Осы көрсеткішті есептеу үшін қоғамдық пікірге сұрау салу жүйесін енгізу ұсынылады.

Төртінші топ, көрсеткіштер бюджеттік бағдарламалар әкімшісі үшін жеке әзірленуі және жүктелген функцияларды іске асыру ерекшеліктерін сипаттауы тиіс.

Бюджет қаражатының шектеулілігі жағдайында және бюджеттік жоспарлау жүйесін жаңғырту шеңберінде Қазақстан Республикасында мемлекеттің бюджет шығыстарының тиімділігін арттыру мәселелері ерекше өзектілікке ие болады.

Бюджет процесіне қатысушылардың барлығының бюджеттік өкілеттіктері мен жауапкершілігін нақтылау, мемлекеттік меншіктің барлық нысандарының құқықтық мәртебесін заңды түрде анықтау, оны оның көмегімен жүзеге асырылатын мемлекеттік функциялардың сипаты мен ерекшеліктерімен тығыз байланыстыру қажет [6].

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Қазақстан Республикасы Премьер-Министрінің ресми ақпараттық ресурсы. <https://primeminister.kz/kz> [Электрондық ресурс].
2. Өмірбаев С.М. Мемлекеттік бюджет / С.М. Өмірбаев. – Алматы, 2011.
3. Бюджет және Бюджет жүйесі I бөлім / Б.К. Купешова, Р.Д. Досжан. – Алматы, 2016.
4. Республикалық бюджет. – Мәтін: электрондық // budget.kz: [сайт]. – URL: <http://budget.kz/respublikanckiy-byudzhnet/> (өтініш берген күні: 28.09.2020).
5. Қытай үкіметінің баяндамасы [Электрондық ресурс]. – URL: <http://russian.china.org.cn/exclusive/txt/2015-3/17/>. [Өтініш беру күні: 06.10.2020].
6. Пандемияның әсерін ескере отырып, Қазақстан Республикасының бюджетін талдау / А.Ж. Тұрлыбеков, А.К. Бақыт, Б.К. Көпешов. – Мәтін: тікелей // Жас ғалым. – 2020. – № 42 (332).

Планирование бюджетных поступлений государства

ШАЙМЕРДЕНОВА Рымтай Токеновна, м.э.н., старший преподаватель, rima71@mail.ru, Карагандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56.

Аннотация. Цель статьи – рассмотреть особенности планирования бюджетных поступлений государства. Тема очень актуальна для сегодняшнего дня. Предусмотрено, что финансовая система является ядром развития и успешного функционирования рыночной экономики и необходимой предпосылкой роста и стабильности экономики в целом. Объектом исследования статьи являются ключевые факторы, являющиеся одной из важнейших задач государства в построении финансовой системы Республики Казахстан. Она станет основой всей существующей экономики и, несомненно, сыграет очень важную роль. Помимо основных компонентов финансовой системы, каждая развитая страна имеет свои особенности, которые позволяют достичь определенных высот на современном этапе. В работе представлены результаты изучения зарубежного опыта планирования государственного бюджета.

Ключевые слова: бюджет, экономический рост, государственные финансы, правительство, государственный бюджет, бюджетное планирование, государственные доходы, государственная функция.

Planning of State Budget Revenues

SHAIMERDENOVA Rymtai, Mast. Econ. Sci., Senior Lecturer, rima71@mail.ru, Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56.

Abstract. The purpose of the article is to consider the features of planning budget revenues of the state. The topic is very relevant for today. It is stipulated that the financial system is the core of the development and successful functioning of the market economy and a necessary prerequisite for the growth and stability of the economy as a whole. The object of research of the article is the key factors that are one of the most important tasks of the state in building the financial system of the Republic of Kazakhstan. It will become the basis of the entire existing economy and will undoubtedly play a very important role. In addition to the main components of the financial system, each developed country has its own characteristics that allow it to reach certain heights at the present stage. The paper presents the results of studying the foreign experience of state budget planning.

Keywords: budget, economic growth, public finance, government, state budget, budget planning, state revenues, state function.

REFERENCES

1. Qazaqstan Respublikasy Prem'er-Ministriniń resmi aqparattyq resursy. <https://primeminister.kz/kz> [Elektronдық resurs].
2. Ómirbaev S.M. Memlekettik byudzheth / S.M. Ómirbaev. – Almaty, 2011.
3. Byudzheth zháne Byudzheth zhújesi I bólim / B.K. Kupeshova, R.D. Doszhan. – Almaty, 2016.
4. Respublikalyq byudzheth. – Mátin: elektronдық // budget.kz: [sajt]. – URL: <http://budget.kz/respublikanckiy-byudzheth/> (ótinish bergen kúni: 28.09.2020).
5. Qytaj úkimetiniń bayandamasy [Elektronдық resurs]. – URL: <http://russian.china.org.cn/exclusive/txt/2015-3/17/>. [Ótinish beru kúni: 06.10.2020].
6. Pandemiyanıń áserin eskere otyryp, Qazaqstan Respublikasynıń byudzhethin taldau / A.Zh. Turlybekov, A.K. Baqyt, B.K. Kópeshov. – Mátin: tikelej // Zhas ǵalym. – 2020. – No. 42 (332).

Improving Production Cost Management in Industry

¹***RAUANDINA Guldarai**, *Mast. Econ. Sci., Senior Lecturer, r-guldarai@mail.ru,*

²**BUTRIN Andrey**, *Dr. Econ. Sci., Professor, butrin_ag@mail.ru,*

¹**TAZHIBEKOVA Kashamida**, *Cand. Econ. Sci., Associate Professor, Head of Department, kashamida@mail.ru,*

¹**ZHUMANBAYEVA Tuganay**, *Mast. Econ. Sci., Senior Lecturer, tuganaika77@mail.ru,*

¹*Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,*

²*South Ural State University, Russia, 454080, Chelyabinsk, Lenin Avenue, 76,*

**corresponding author.*

Abstract. *The conditions for the formation of a market economy at the present time and the improvement of management, the importance and role of cost, which is a source of profit in the development of new strategies in the development of the enterprise, are increasing. The situation of fierce competition leads to the fact that enterprises show great interest in the process of managing costs, finding ways to improve their accounting and monitoring. The organization of the cost management process in the enterprise helps to reduce the overall level of costs. This gives the company additional competitive advantages. Achieve great results in the enterprise by effectively managing costs, maximizing profits and improving production efficiency. The main financial result of the company's activities is profit, which serves as the basis and source of funds for its further development. You can increase the profit by increasing the volume of production or the price of products, but this is not always possible and appropriate. Therefore, the main condition for increasing the company's profit is to reduce the cost of production and sales of products, reduce the cost of production, and therefore an important issue for the company is the management and organization of costs.*

Keywords: *market, competition, economy, funds, costs, production, management, enterprise, funds, profit.*

Introduction

In the conditions of market relations, there is no doubt that the need and acuteness of solving managerial issues of a large-scale nature are the main problem of all economic subjects of the republic. From this point of view, a special place is given to accounting, audit and analysis of production costs in the production and economic system as the main management tool. This is due to the fact that in a tough competition, the main factor in maintaining profits and the functioning of the organization is the need for timely and reliable information on the costs of production and sales of products in order to reduce the cost of production. And this, in turn, gives full opportunities to search for the quality and efficiency of product production, as well as ways to further improve it, identify reserves for reducing the cost of production

Cost management in an enterprise implies the establishment of functions specific to the management of certain objects, that is, the processing and implementation of decisions, as well as control over their implementation. Cost management functions are carried out through the elements of the management cycle:

- forecasting and planning;
- organization;
- coordination and regulation;
- activation and motivation to perform;
- accounting and analysis.

Execution of control functions in full for all elements constitutes a cycle of influence of the control subsystem on the control subsystem. The interaction of cost management functions is reflected in the next section.

Theoretical part

Forecasting and planning in cost management are divided into future and current. The task of long-term planning at the moment is to prepare information on the expected costs when developing a new sales market, organizing processing and releasing new products, and increasing the company's profitability. These include marketing research and research and development, capital investment costs.

Current plans specify the implementation of the long-term goals of the enterprise. Organization is the main element of effective cost management. The organization shows who does it, when, what sources of information it uses and what methods it manages. It defines the cost center, defines the cost centers and the center responsible for their implementation [1].

The desire to maintain cost savings cannot be replaced by a reprimand for cost increases. In this situation, workers will have to ensure overfulfillment in order to fulfill the plan.

Accounting is an element of cost management necessary to prepare information in order to make the right business decisions. Production accounting is included in the management accounting system

Cost analysis is an integral element of control activities, it helps to assess the effective use of all resources of the enterprise, allows you to identify unused reserves in production, summarizes information for preparing plans and influences effective decision-making.

The control service or, as it is also called, monitoring provides feedback in the cost management system, that is, it compares the planned costs with the actual ones. The effectiveness of control is manifested through corrective management actions.

Among these management services, the greatest need is received by the accounting service, where it is proposed to use «direct costing», that is, a method of accounting for costs at the place of origin, since over the course of a number of years costs are spent, and the reason for their loss is difficult to determine [2].

Practical part

Activation and stimulation means finding a way to influence production participants, stimulating them to adhere to the costs set by the plan and look for opportunities to reduce them. This type of activity can be motivated by material and non-material factors (Figure 1).

It is known that it is important to correctly form the composition of production costs and sales costs and their accounting. The effective use of material,

labor and financial resources, which make up the bulk of the costs in the production of products, the performance of work and the provision of services, depends not only on the amount of income received, but also on income tax, the viability of the organization and other aspects.

As foreign experience shows, the market economy is based on a competitive policy – the most important condition for the optimal provision of society with resources. A competitive organization is an organization that is economically profitable using its production resources and is able to profit from this. Today, there is a gradual adaptation of domestic production accounting to the requirements of a market economy, the requirements of economic methods of managing an organization, but for its successful implementation, careful organizational and methodological preparation is required.

In the conditions of market relations, one of the most important issues in the practice and methodology of accounting is the procedure for the formation of production costs, the cost of work and services and the financial result of the enterprise.

Depending on the possibilities of the free development of competition and pricing policy in a market economy, the role of cost increases as a factor influencing the level of income and as the main management tool.

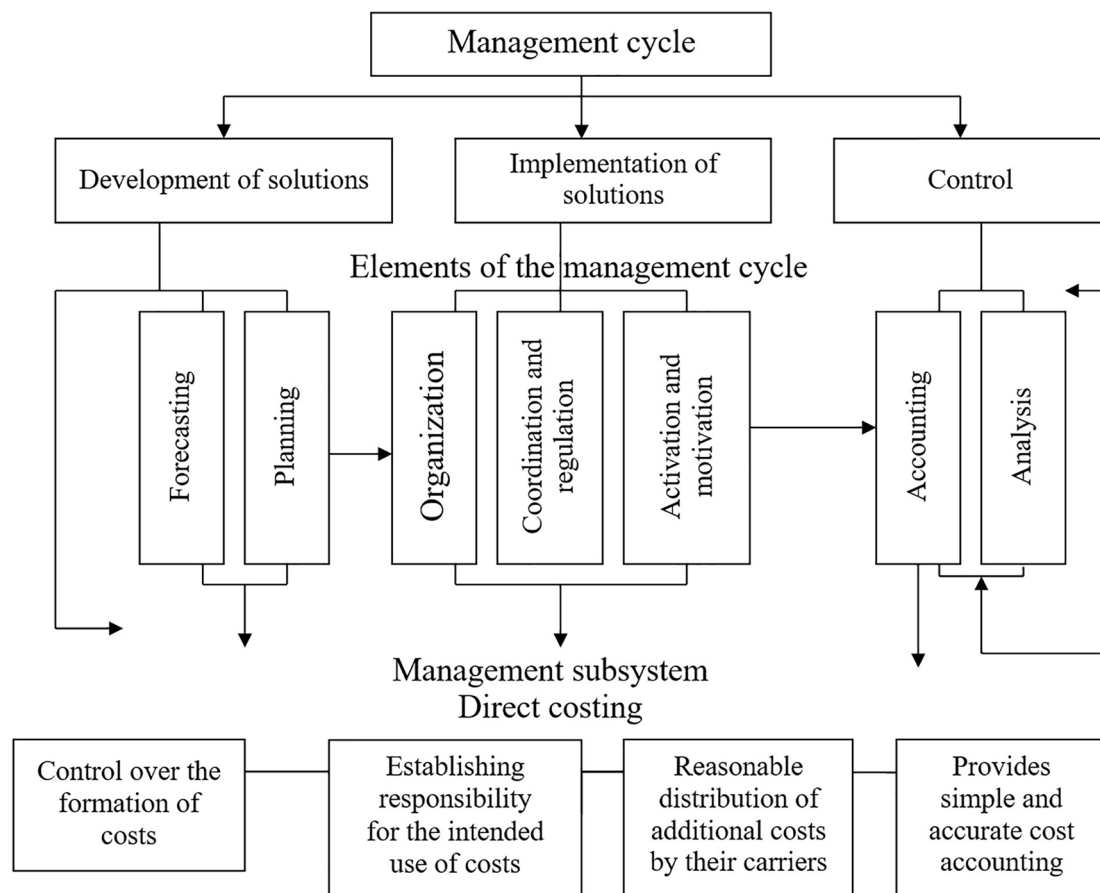


Figure 1 – Place of accounting activity in cost management

The concepts of the cost of production, both before and at the present time, are mentioned in the works of economists and scientists. According to one of them, A.P. Bortnikov, «The cost price is a reflection of the current costs of the enterprise associated with the production and sale of products in monetary form». Nevertheless, such a definition cannot reveal the comprehensive, sufficient content of the studied category, it only comments on the type of cost price [3].

GA Sokolovskaya, characterizes the cost of production as a level of resource conservation. It is also impossible to completely agree with such a concept of the cost price, since this indicator is opposed to the very content of the cost price. The cost price shows how much the production of a particular product goes to an enterprise, that is, it characterizes a certain level of production costs. Meanwhile, the level of resource saving is the amount of production assets and labor spent on the production process.

The cost of production, being one of the main economic indicators characterizing the production and economic activities of the organization, not only affects the formation of the company's income, the level of stockpiling and reserves, but also affects the tax system. Since the data on production costs and costs were previously generalized in the accounting system and met the requirements of a centralized management economy in their content, the state center was limited to obtaining information about all costs admitted to the production process and the total production (actual) cost of products for assessment purposes. ...

And in conditions of market relations, the price of products is determined through the mechanisms of supply and demand that have developed in the market. In this regard, organizations must independently establish a list of costs included in the cost of production, in accordance with the methodological recommendations of domestic accounting standards and international financial accounting standards.

The cost of production is considered an objective indicator and does not depend on the content of any regulatory enactments, and its content is determined based on several economic criteria, i.e. the cost of production should be related to the production activities of the organization. The cost of products, works and services includes the costs associated with the production process. Costs not related to production activities are classified as non-production costs and are not included in cost of sales.

Thus, the cost shows the society the costs of producing a certain type of product, and the cost price shows the costs for the enterprise for the production of this type of product. The cost price, being a specific category, does not coincide either in quality or quantity with the cost. Hence, it becomes necessary to separate the cost of production from its value.

With regard to the economic content of the cost, it represents the means of production and labor costs spent on the output of products, which has become

part of the cost of production and provides the replacement of space to continue the reproduction process.

The costs of work and services included in the cost price are grouped as follows:

1. Basic and auxiliary materials: the cost of basic and auxiliary materials that form the basis of production work, these include: crushed stone, sand, asphalt concrete, cement and the cost of fuel and energy directly spent on the production process.

2. Construction mechanisms and parts: the cost of construction mechanisms and parts purchased and manufactured by the construction organizations themselves, which include: pipes, signal poles, etc.

3. Basic salary and deductions from it: basic salaries and deductions from work directly involved in the production process (including non-payroll)

4. Expenses for the operation of construction machines and mechanisms: wages of mechanics, machinists, minders and so on, the cost of inventories, including fuel and energy, spent on equipment, depreciation amounts, rent, maintenance costs, diagnostics, repairs, etc. costs associated with the operation of construction machines and mechanisms

5. Costs for the development and preparation of production: costs for the development and preparation of new production and technological processes (including costs for the future period)

6. Other overhead costs include: in addition to the above costs: additional salaries of production workers and deductions from them – depreciation of fixed assets used in construction work; costs for the maintenance of security and fire extinguishing services, roads and temporary buildings and other devices, manufacturing defects, remuneration of foremen, wear and tear of buildings and structures and the cost of their maintenance and other costs.

Part of the cost of working materials included in production costs is determined by the formula:

$$\text{Standard consumption value} = \text{actual cost of circulating materials} - \text{returnable cost of materials} \div \text{number of revolutions.}$$

The recoverable cost of circulating materials after their use is determined by the construction organization by the price of their possible use.

The writing off of materials for production costs is carried out strictly in accordance with the norms for the consumption of materials adopted in the organization, and the use of excess materials is formalized in an act, which indicates the circumstances that caused the excess consumption of materials. On the basis of these acts, the management makes a decision on the justification of the overspending and attributing them to production costs or on the recovery from the guilty persons who caused the overspending.

The basic wages of employees include payments for actually performed work, additional payments for overtime work, payments for defects not attributable to the fault of employees, and allowances paid in accordance with the complexity of the work.

Current costs include:

- remuneration of workers involved in the management and maintenance of machines and mechanisms (machinists, mechanics, bulldozer drivers, etc.);
- the cost of electricity, fuel and lubricants and other auxiliary materials;
- the cost of work on the maintenance and repair of machines;
- rent for the use of rented machines and mechanisms;
- other costs for the operation of machines and mechanisms.

The costs of the organization for the operation of construction machines and mechanisms that are in its ownership, and the cost of services of mechanisms attracted from outside, are often included in the cost of objects directly.

The correct formation of the cost of work and services performed in market conditions affects the final result of the financial and economic activities of a construction organization. That is, real results can be achieved through the practical application of the following methods of cost reduction to ensure a continuous production process by business entities. In this regard, for organizations involved in construction and installation, repair work, in order to efficiently and economically use production costs and reduce the cost of services in the industry, we consider it necessary to perform the following measures:

- economical use of building materials, that is, transportation only when used in construction work, without eliminating the quality of the main and auxiliary building materials spent on construction, their timely release according to the norms, reducing the cost of storing and transporting materials, increasing the possibilities of using materials, produced in the construction organization itself; the use of reused materials for major and current repairs of roads, reducing transport costs with effective communication with suppliers located near the construction sites; use of special means of loading and unloading to prevent losses during loading and unloading;
- improving the organization of labor and construction management, that is, increasing the level of specialization of construction organizations; the use of advanced forms of remuneration in construction; reduction of downtime and inflow of workers in production for efficient use of working time; payment of additional wages to employees with strict verification of data in disturbing documents;
- control the costs of sanitary and household services and the organization of work on construction sites, as well as the expenditure of overhead costs in accordance with the estimate by eliminating defects in production;
- mechanization of housing construction works, i.e. reducing the number of machine-hours and machine-shifts using new high-performance machines and mechanisms, the use of small road construction

equipment for laying asphalt concrete mixtures that replace manual labor in order to improve the quality of construction work and economical use of working time; their correct distribution between the types of work performed, taking into account the productivity of machines and mechanisms; economical use of fuel and auxiliary materials used; reduced costs associated with repair and maintenance; reduction of construction equipment delays.

When planning the cost of production, they provide for its reduction and increase. As a result, the optimal level of production costs and savings growth is determined.

Cost planning will be current and forward-looking. A long-term plan is drawn up for several years. With current planning (for a year), long-term plans are drawn up on the basis of cost estimates and production costing plans.

The following factors affect the cost of production:

- volume of production;
- the quality of the feedstock;
- specific material costs (fuel, energy, etc.);
- labor productivity;
- Administrative expenses.

The change in the volume of production is one of the most important factors affecting the change in the formation of the cost of production.

Fixed costs with a change in the volume of production remain unchanged in absolute amount or change insignificantly, and per unit of output, on the contrary, are proportional to the growth of production.

Conventional fixed costs include plant-wide costs and most of the workshop costs. Including: basic labor costs, depreciation costs, etc. When the volume of production changes, the costs, which remain unchanged, change in proportion to the volume of production when the volume of production changes. Remuneration of workers due to variable costs, the cost of materials and tools, the cost of electricity, transportation and much more.

Changes in the cost of production are explained by cost groups, i.e., fixed and variable (Figure 2).

Raising the technical level of production.

In increasing the technical level of production, calculations affecting the cost of ferrous and non-ferrous metallurgy products, there are the following areas:

- 1) automation and mechanization of production processes, the introduction of new progressive technologies (the introduction of progressive and self-propelled mining equipment for the development of minerals, the use of acid in metallurgical production);
- 2) improvement of the applied equipment and production technology and expansion of the scale;
- 3) improving the use of energy and fuel, materials and raw materials in production; introduction of new, efficient types of consumed energy and fuel, materials, raw materials (transition from the use of coal fuel to gas fuel with the use of new flotation reagents, etc.);

improving the quality of products (improving the quality of concentrates, improving the grades of metals, etc.);

4) an increase in the technical level of production and other factors.

According to the characteristics of the factors influencing the cost of production, they can be combined into the following groups [4].

Improvement of production and labor of the organization

When determining the factors affecting the cost of ferrous and non-ferrous metallurgy products, the following is taken into account. Improving the organization and maintenance of production; reducing costs to management and improving production management; improving the organization of work, the use of fixed assets; reduction in transportation costs; elimination of non-productive costs; reduction of losses from rejects, etc. factors that

increase the level of production of the organization (Figure 3, 4).

The authors' conceptualization of cost planning coincides with the concepts of domestic economists. A distinctive feature is that Russian economists, when planning the cost of production, pay great attention to the tasks of reducing the cost of production.

Now, at many enterprises, the cost price is perceived through the prism of taxation and is not considered in operational management as an objective economic indicator. So, cost management is the heart of accounting management, on the basis of which operational management is formed.

So, first of all, the two values should not be confused with each other. The first is the full actual cost, a calculated figure for tax purposes only. The second, the cost for managing the microeconomics of an enterprise, is a tool for increasing its efficiency [5].

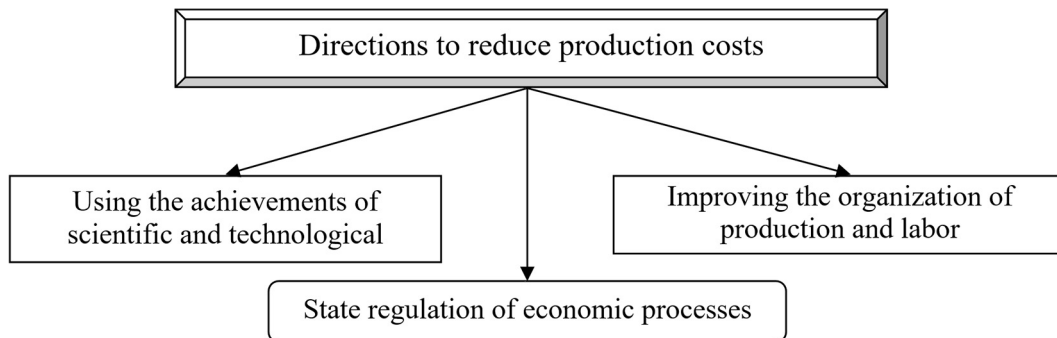


Figure 2 – Directions of reducing production costs

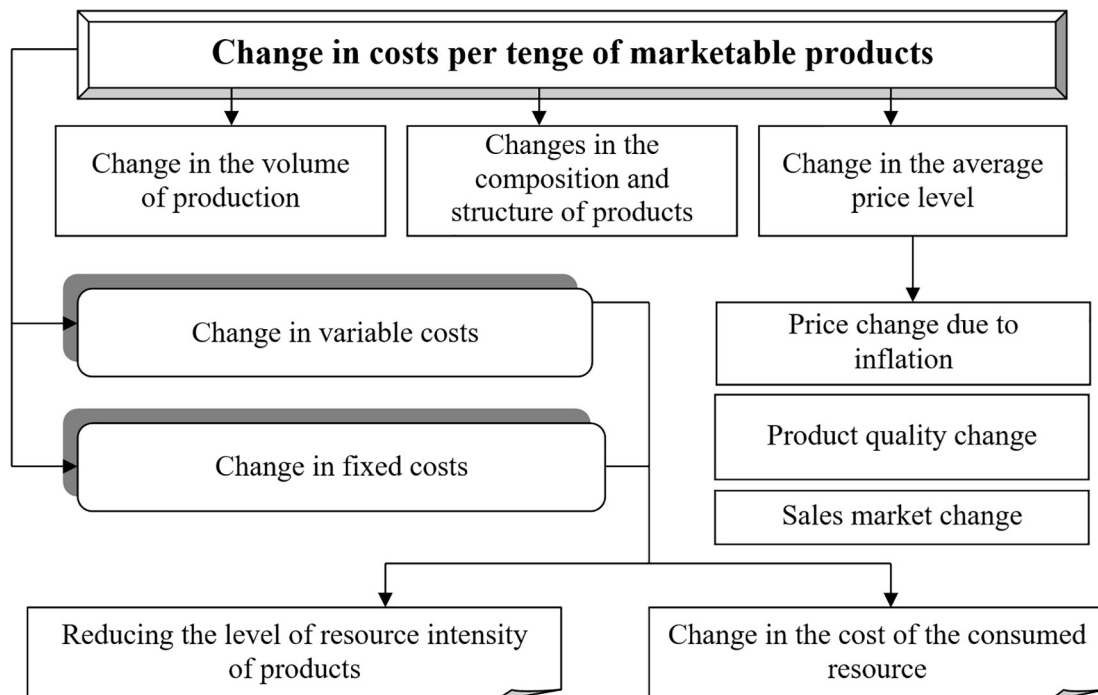
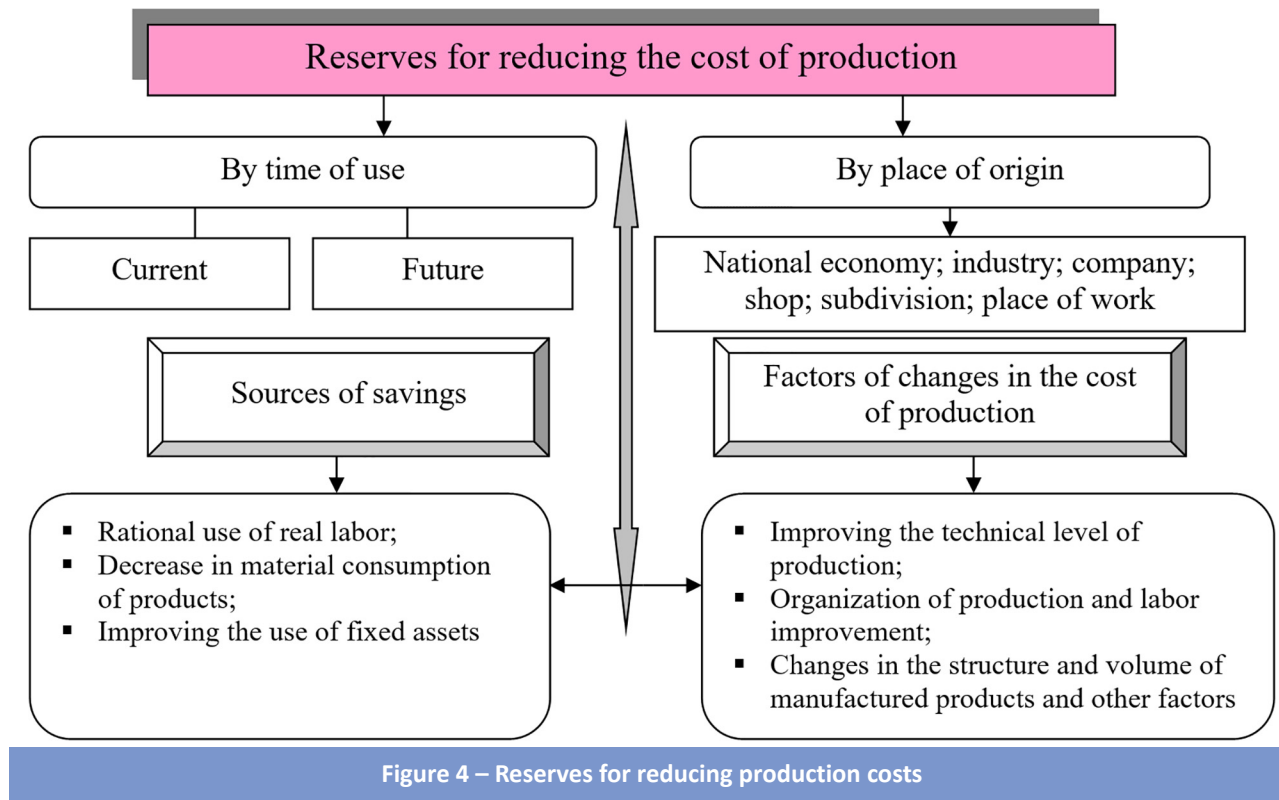


Figure 3 – Factors determining the level of losses of marketable products in tenge



Conclusion

Cost control is the planning and control of the cost.

The cost of processed industrial products is influenced by many factors. The degree and characteristics of various factors that affect the level of cost, must be taken into account when planning the cost of production, aimed at increasing production efficiency.

According to the characteristics of the factors affecting the cost of production, they can be combined into the following groups.

Raising the technical level of production.

In increasing the technical level of production, calculations affecting the cost of ferrous and non-ferrous metallurgy products, there are the following areas:

1) automation and mechanization of produc-

tion processes, the introduction of new progressive technologies (the introduction of progressive and self-developing mining equipment for the development of minerals, the use of acid in metallurgical production);

2) improvement of the applied equipment and production technology and expansion of the scale;

3) improving the use of energy and fuel, materials and raw materials in production; introduction of new, efficient types of consumed energy and fuel, materials, raw materials (the transition from the use of coal fuel to gas and the use of new flotation reagents, etc.);

4) improving the quality of products (improving the quality of concentrates, improving the grades of metals, etc.);

5) an increase in the technical level of production and other factors (improvement of production and labor organization).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ya. Aubakirov. Basics of economic theory. Textbook. Almaty «Sanat» 2015.
2. Zaitsev N.A. Economics of an industrial enterprise: Moscow, 2015.
3. Baimukasheva MK Economy of the enterprise: a tutorial. Atyrau, 2019.
4. Safronov A. Economics of the production sector: textbook m: Infra 2015.
5. Donald Kuratko. Entrepreneurship: theory, process and practice. Almaty, National Translation Bureau, 2018.

Өнеркәсіпте өнімнің өзіндік құнын басқаруды жетілдіру

¹*РАУАНДИНА Гулдарай Калкеновна, э.ф.м., аға оқытушы, r-guldarai@mail.ru,

²БУТРИН Андрей Геннадьевич, э.ф.д., профессор, butrin_ag@mail.ru,

¹ТАЖИБЕКОВА Кашамида Базылбековна, э.ф.к., доцент, кафедра меңгерушісі, kashamida@mail.ru,

¹ЖУМАНБАЕВА Туганай Кабикеновна, э.ф.м., аға оқытушы, tuganaika77@mail.ru,

¹Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

²Оңтүстік Орал мемлекеттік университеті, Ресей, 454080, Челябинск, Ленин даңғылы, 76,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Қазіргі кездегі нарықтық экономиканың құрылу шарттары және басқаруды жетілдіру, кәсіпорынның дамуында жаңа стратегияларды жасауда пайда көзі болып табылатын өзіндік құн мағынасы мен рөлі күшейе түсуде. Қатаң бәсекелестік жағдайы кәсіпорындардың шығындарды басқару процесіне, оларды есептеу мен мониторинг жүргізуді жетілдіру жолдарын іздеуге үлкен қызығушылық тудыруына әкеледі. Кәсіпорында шығындарды басқару процесін ұйымдастыру шығындардың жалпы деңгейін төмендетуге көмектеседі. Бұл кәсіпорынға қосымша бәсекелік артықшылықтарды береді. Шығындарды тиімді басқару арқылы кәсіпорында үлкен нәтижеге қол жеткізу, пайданы максималдау және өндірістің тиімділігін арттыру. Кәсіпорын қызметінің негізгі қаржылық нәтижесі пайда болып табылады, ол оның келешекте дамуының негізі және қаражат көзі қызметін атқарады. Өндіріс көлемін немесе шығарылатын өнімге бағаны өсіру арқылы пайданы арттыруға болады, бірақ бұл әрдайым мүмкін емес және мақсатқа сай келмейді. Сол себепті кәсіпорынның пайдасын арттырудың негізгі шарты өнім өткізілімі мен өндіріс шығындарын төмендету, соның ішінде шығарылатын өнімнің өзіндік құнын төмендету болып табылады, осыған орай шығындарды басқару және ұйымдастыру кәсіпорын үшін маңызды мәселе болып табылады.

Кілт сөздер: нарық, бәсеке, экономика, қорлар, шығындар, өндіріс, басқару, кәсіпорын, қаражат, пайда.

Совершенствование управления себестоимостью продукции в промышленности

¹*РАУАНДИНА Гулдарай Калкеновна, м.э.н., старший преподаватель, r-guldarai@mail.ru,

²БУТРИН Андрей Геннадьевич, д.э.н., профессор, butrin_ag@mail.ru,

¹ТАЖИБЕКОВА Кашамида Базылбековна, к.э.н., доцент, зав. кафедрой, kashamida@mail.ru,

¹ЖУМАНБАЕВА Туганай Кабикеновна, м.э.н., старший преподаватель, tuganaika77@mail.ru,

¹Карагандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

²Южно-Уральский государственный университет, Россия, 454080, Челябинск, пр. Ленина, 76,

*автор-корреспондент.

Аннотация. В настоящее время в условиях формирования рыночной экономики и совершенствования управления значение и роль себестоимости, являющейся источником прибыли при разработке новых стратегий в развитии предприятия, усиливается. Ситуация жесткой конкуренции приводит к тому, что предприятия проявляют большой интерес к процессу управления затратами, поиску путей совершенствования их учета и мониторинга. Организация процесса управления затратами на предприятии способствует снижению общего уровня затрат. Это дает предприятию дополнительные конкурентные преимущества. Большие результаты на предприятии достигаются путем эффективного управления затратами, максимизации прибыли и повышения эффективности производства. Основным финансовым результатом деятельности предприятия является прибыль, которая служит основой и источником средств для его дальнейшего развития. Увеличить прибыль можно, увеличив объем производства или цену на выпускаемую продукцию, но это не всегда возможно и целесообразно. Поэтому основным условием повышения прибыли предприятия является снижение издержек производства и реализации продукции, снижение себестоимости выпускаемой продукции. В связи с чем важным вопросом для предприятия является управление и организация затрат.

Ключевые слова: рынок, конкуренция, экономика, фонды, затраты, производство, управление, предприятие, средства, прибыль.

REFERENCES

1. Ya. Aubakirov. Basics of economic theory. Textbook. Almaty «Sanat» 2015.
2. Zaitsev N.A. Economics of an industrial enterprise: Moscow, 2015.
3. Baimukasheva MK Economy of the enterprise: a tutorial. Atyrau, 2019.
4. Safronov A. Economics of the production sector: textbook m: Infra 2015.
5. Donald Kuratko. Entrepreneurship: theory, process and practice. Almaty, National Translation Bureau, 2018.

Экономическое обоснование глубокой переработки углей месторождения Кайнама

¹*КУЛЬЖАКАЕВ Нурлан Балбатырович, директор, kulzhakaev@mail.ru,

¹КУЛЬЖАКАЕВ Ержан Нурланович, м.т.н., главный инженер, kulzhakaev@mail.ru,

¹ТОО «Кайнама Комир», Казахстан, 140800, Павлодарская область, Майский район, село Коктобе, ул. Казбек Би, 26-2,

*автор-корреспондент.

Аннотация. В работе приведены результаты теоретического, методологического и аналитического исследования экономической эффективности глубокой переработки углей месторождения Кайнама. Показаны результаты исследований и расчетов оценки экономической эффективности применения кайнаминских углей при производстве электроэнергии, жидкого топлива и удобрений. Определено, что внедрение в производство новых технологий по производству электроэнергии, жидкого топлива и удобрений с использованием углей требует разработки рекомендаций и экономического обоснования их внедрения в производство. Проведен анализ макроокружения и SWOT-анализ основных сильных и слабых сторон, возможностей и угроз месторождения Кайнама. В работе представлены результаты финансово-экономического анализа глубокой переработки угля. Проведен анализ макро- и микросреды предприятия. По результатам анализа выявлен высокий уровень конкуренции среди предприятий на рынке угля.

Ключевые слова: уголь, анализ, глубокая переработка, производство электроэнергии, конкуренты.

Введение

Основой развития экономики любой страны является промышленность, но для деятельности любой промышленности требуются значительные энергозатраты, а значит, угледобывающая отрасль определяет основу успешного развития всей экономики страны в целом. Уголь применяется в качестве основного сырья не только в добывающих отраслях, но в ряде других перерабатывающих производств [1].

Наиболее изученной и разведанной является юго-западная часть рассматриваемого месторождения. Разведанными являются 10 мелких шахтных полей, пять из которых были изучены детально, и пять полей подверглись предварительной разведке. Ранее проведенные работы не отвечают современным требованиям, предъявляемым к детальной разведке, в связи с редкой сетью разведочных выработок, неизученностью газоносности, пылеопасности, силикозоопасности пород, а также недостаточной изученностью гидрогеологических и горнотехнических условий эксплуатации, в том числе отсутствием серьезных технологических исследований. К балансовым отнесены угли с зольностью до 40% при мощности пластов не менее 0,6 м. Забалансовые запасы – 18,3 млн т.

Балансовые и забалансовые запасы месторождения Кайнама производительностью 2,4 млн тонн в год при 30% потере дают возможность

добывать уголь в течение 40 лет. Месторождение расположено недалеко от реки Иртыш, что облегчает его освоение. Однако, в связи с тем что энергетическая полезность добываемых углей не представляет ценности, месторождение не рассматривается как объект эксплуатации. Поэтому возникает необходимость исследования проблемы дальнейшей переработки углей месторождения Кайнама [1].

Для этого рассмотрим основные характеристики и особенности угля месторождения Кайнама и возможности его глубокой переработки.

Уголь марки «Д», добываемый на месторождении Кайнама, имеет следующие характеристики [1]:

- уголь длиннопламенный марки Д, ГОСТ 25543-88;

- зольность 13,3%;

- высшая теплота сгорания 7315 ккал, низшая теплота сгорания 5300 ккал;

- химический состав золы угля ГОСТ 10538-87;

- подкатегория углей среднего ранга ГОСТ ИСО 11760-2012 ранг А, суббитуминозный уголь.

Анализ себестоимости угля месторождения Кайнама

На основании имеющихся входных данных из отчетов ТОО «Кайнама Комир» [1] был произведен расчет себестоимости добычи угля на месторождении Кайнама. Средняя себестоимость

добычи 1 тонны угля за период инвестирования 25 лет составит 12,1\$/тонну без НДС и без амортизационных отчислений (рисунок 1). При этом объем необходимых капиталовложений составит 88,7 млн \$.

Потребность в финансовых средствах для глубокой переработки угля месторождения Кайнама составит 88,7 млн \$ с дальнейшим возвратом этих средств в течение 4,5 лет при плановом объеме добычи в 2 млн тонн в год. Расчетная оценочная стоимость создаваемой компании для глубокой переработки угля составит 129,4 млн \$ (оценка методом дисконтирования денежных потоков [2]; WACC (средневзвешенная стоимость капитала) = 9,89%). IRR (Внутренняя норма доходности) проекта составляет 22,6%. Инвестирование в данный проект при заданных параметрах является выгодным, так как необходимые финансовые средства в размере 88,7 млн \$ возвращаются в течение 4,5 лет. Есть риск при реализации угля марки Д, который возможно снизить за счет глубокой переработки получаемых углей.

Финансово-экономический анализ глубокой переработки угля

Создаваемая компания осуществляет глубокую переработку угля по следующим направлениям:

1. Производство электроэнергии.
2. Производство жидкого топлива.
3. Производство удобрений.

Рассмотрим каждый из этих направлений.

Производство электроэнергии

Одним из вариантов производства электро-

энергии был рассмотрен вариант строительства завода по переработке угля по методу Фишера-Тропша, который позволяет получить синтетическое жидкое топливо из углеводородных газов. Стоимость строительства составляет порядка 700 млн \$, с установленной мощностью в 383 МВт, собственное потребление – 25 МВт [3].

Расчетное количество электроэнергии для реализации в год – 3,1 млрд кВт*час [3]. Прогнозная цена реализации электроэнергии 7,8 тенге/кВт*час без НДС. Чистая приведенная стоимость проекта за 10 лет – 51 млн \$, при ставке дисконтирования равной 9,89% [2]. Срок окупаемости – 9 лет. IRR 11,55%.

Данный проект является капиталоемким с длительным сроком окупаемости вследствие регулирования цен на электроэнергию уполномоченным органом. Прогнозная цена реализации заложена исходя из статистических данных [3] по ценам реализации электроэнергии по Казахстану предприятиями-производителями. В случае необходимости возможно увеличить создаваемую мощность завода, так как для производства 3,1 млрд кВт*час необходимо только 730 тыс. тонн угля, из данных расчета выход энергии из 1 тонны угля 4276 кВт*час электроэнергии.

Стоит отметить, что себестоимость 1 кВт*час электроэнергии не очень чувствительна к стоимости закупа угля, и соответственно, если рассматривать данный проект в совокупности с угледобывающими предприятиями, то вариант работы с генерацией прибыли на угледобывающих компаниях с постоянным сбытом угля на собственную ТЭС является привлекательным и снижает

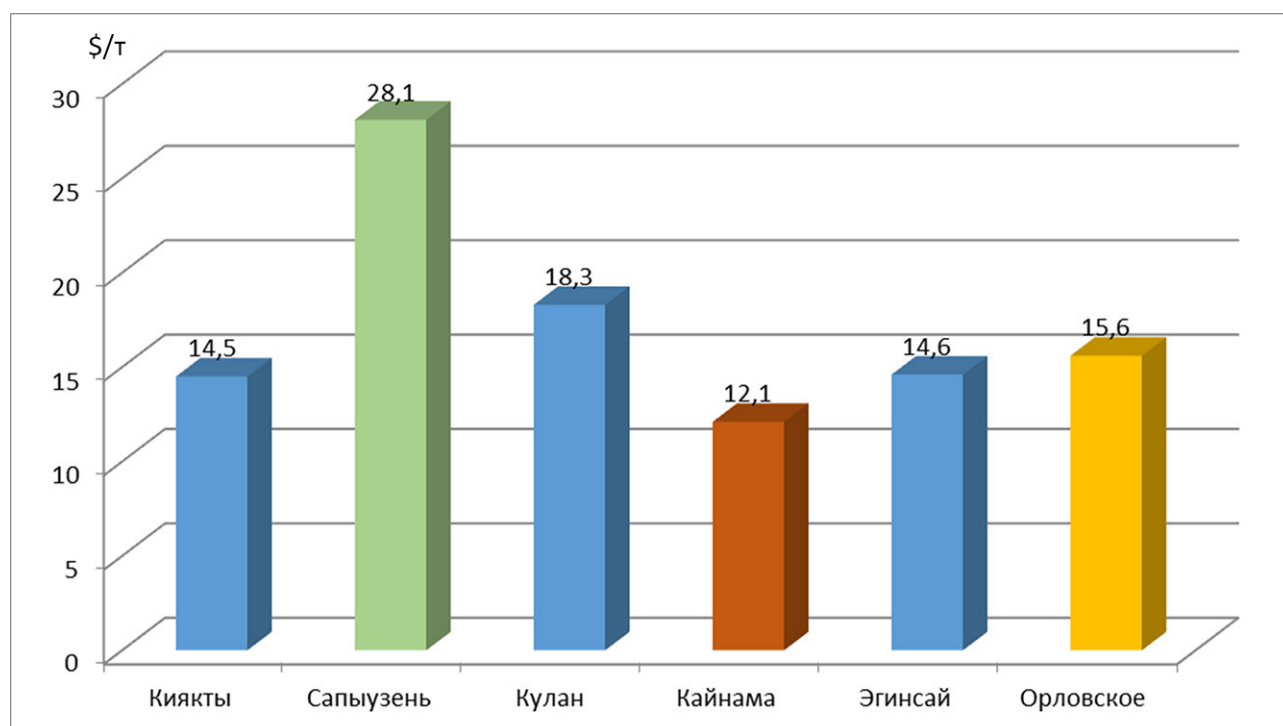


Рисунок 1 – Пересчитанная себестоимость добычи угля без амортизации \$/тн без НДС

совокупные риски.

Альтернативным вариантом производства электроэнергии в расчете был рассмотрен вариант строительства ТЭС, аналогичной Балхашской ТЭС с двумя модулями со следующими параметрами: потребление угля – 8650 тыс. тонн в год; полезная отдача 2640 МВт. Эта модель подразумевает потребление угля в год в объеме 7,2 млн тонн и выработку 15,4 млрд кВт*час. Данный проект является не менее капиталоемким, и ориентировочные капиталовложения составят порядка 4,7 млрд долларов США. Окупаемость данного проекта составит 9-10 лет с момента начала производства электроэнергии [3], что делает эти проекты сопоставимыми с точки зрения инвестирования.

Эти проекты очень чувствительны к цене и объемам реализации электроэнергии, с чем и связан основной риск (1 тенге в цене реализации 1 кВт*часа электроэнергии эквивалентен 3-м и 15-ти млрд тенге в год недополученной выручки соответственно). При заключении долгосрочных контрактов на поставку электроэнергии возможно снижение данного риска [2].

Следующим направлением глубокой переработки угля является производство жидкого топлива.

Для производства жидкого топлива была рассмотрена технология газификации угля. На базе завода ЗАО «ТБК Инновации» возможно перерабатывать уголь с получением жидкого топлива – бензина марки АИ-92. Процентный выход бензина составляет 53,3% [3]. Необходимые капиталовложения составляют 375 млн \$ для переработки 500 тыс. тонн угля в год и 585,5 млн \$ для

переработки 1 млн тонн угля в год соответственно [3]. Срок окупаемости проектов при реализации всего объема получаемого бензина составит 5 и 3,5 года соответственно (на основании данных, предоставленных ЗАО «ТБК Инновации» [3]). Ожидаемая прибыль в год составит 79 млн \$ [3] (500 тыс. тонн угля в год) и 176 млн \$ (1 млн тонн угля в год) соответственно (таблицы 1, 2).

Из таблиц видно, что себестоимость угля зависит от процента выхода бензина, эффективным является выход бензина более 23,28%. Рост процента выхода бензина напрямую влияет на себестоимость угля и мало чувствителен к цене закупки угля, что также снижает риск реализации данного проекта. Самым значительным риском является выход готового продукта из перерабатываемого угля, что может быть подтверждено только эмпирическим путем.

Следующим направлением глубокой переработки угля является производство гумата натрия для буровых растворов.

Гумат натрия применяется для изготовления углещелочных растворов, которые необходимы для регулирования вязкости буровых растворов при бурении скважин.

Для построения комплекса по производству удобрений требуются инвестиции порядка 4 млн \$ для производства гумата натрия объемом 102 тыс. тонн в год.

Управление маркетингом в ТОО «Кайнама Комир»

По своим запасам угля Республика Казахстан входит в число ведущих стран и занимает восьмое

Таблица 1 – Анализ чувствительности чистой прибыли, млн \$ (переработка 500 тыс. тонн угля)

		Себестоимость угля, \$/тн				
Процент выхода бензина	79 млн \$	20	25	30	35	40
	13,28%	-17	-19	-21	-23	-25
	23,28%	8	6	4	2	0
	33,28%	33	31	29	27	25
	43,28%	58	56	54	52	50
	53,28%	83	81	79	77	75

Таблица 2 – Анализ чувствительности чистой прибыли, млн \$ (переработка 1 млн тонн угля)

		Себестоимость угля, \$/тн				
Процент выхода бензина	176 млн \$	20	25	30	35	40
	13,28%	-16	-20	-24	-28	-32
	23,28%	34	30	26	22	18
	33,28%	84	80	76	72	68
	43,28%	134	130	126	122	118
	53,28%	184	180	176	172	168

место в мире. На сегодняшний момент по объемам разведанных запасов на долю Казахстана приходится около четырех процентов от мировых запасов.

Казахстан обеспечен углем, по предварительным расчетам, на более четверть тысячелетия [3]. Балансовые запасы углей категории А + В + С1 + С2 + Д по состоянию на 1 января 2007 года составили 33,6 млрд долл. тонн, что составляет 21,3 млрд долл. тонн, бурый уголь 12,3 млрд тонн [4].

Забалансовые запасы угля по бассейнам и месторождениям Республики Казахстан, по состоянию на 1 января 2007 года составляют 28,6 млрд тонн, в том числе каменных углей 3,2 млрд тонн, бурых углей 25,4 млрд тонн [4].

Большая часть подсчитанных запасов (63%) представлена каменными углями Карагандинского, Экибастузского, Тениз-Коржанкольского бассейнов, Кушокинского, Борлинского, Шубаркольского, Каражыринского и ряда других месторождений.

Остальная часть (37%) представлена бурыми углями, сосредоточенными, в основном, в Тургайском, Нижне-Илийском, Майкубенском бассейнах и других месторождениях [3].

Казахстанские угли характеризуются широким диапазоном стадий метоморфизма от газовых жирных до тощих.

В настоящее время освоены и эксплуатируются Карагандинский, Экибастузский и Майкубенский бассейны, Кушокинское, Борлинское, Шубаркольское, Каражыринское месторождения, а также несколько мелких месторождений в различных областях Республики Казахстан, на которых, в незначительных объемах, ведется добыча угля для местных нужд.

Анализ распределения запасов угля и прогнозных ресурсов углей по областям Республики Казахстан показывает, что большая часть балансовых запасов сосредоточена в Центральном Казахстане, в Карагандинской, Павлодарской и Костанайской областях.

Восточные, западные и южные районы Республики Казахстан, имеющие значительный промышленный потенциал, испытывают острый де-

фицит угольного топлива.

В целях определения возможности добычи угля на месторождении Кайнама необходимо проанализировать макросреду, которая используется для выявления возможностей и угроз предприятия, скрытых во внешней среде, а также важного процесса стратегического планирования и управления. Самым популярным инструментом для анализа макросреды является создание матрицы внешних условий (таблица 3).

Для более детального анализа необходимо изучение также микросреды предприятия, к которому относятся партнеры, поставщики, потребители, конкуренты и другие предприятия, оказывающие влияние на добычу угля из месторождения Кайнама.

Из таблицы видно, что на добычу угля из месторождения Кайнама влияют 4 направления факторов: политический, экономический, социальный и технологический. Все эти факторы положительно влияют и дают возможность использовать угли месторождения для глубокой переработки.

Рассмотрим основных конкурентов ТОО «Кайнама Комир». На рынке угля конкуренция очень высокая, крупные компании по добыче угля находятся как в Казахстане, так и в России.

Объем добываемой угольной продукции в Казахстане на текущий момент способен обеспечить производство до трех четвертей от общего объема производства электроэнергии. Наряду с этим полностью обеспечиваются сырьем коксохимические предприятия и коммунально-бытовой сектор страны.

Последнее десятилетие характеризуется наращиванием темпов добычи угля. Параллельно отмечается рост цены добываемого энергоресурса, особенно во второй половине прошедшего десятилетия, когда показатели цены выросли до наиболее высоких за весь анализируемый период. На следующем рисунке рассмотрим долю каждого производителя угля на угольном рынке Казахстана (рисунок 2) [5].

Из рисунка видно, что в стране основным производителем угля является ТОО «Богатырь Ко-

Таблица 3 – PEST-анализ макросреды месторождения «Кайнама»

Факторы, связанные с политикой	Фактор, связанные с экономическими процессами
Конкуренция на рынке угля Программы развития угольной промышленности страны Нормативно-законодательные акты по недропользованию	Совокупный спрос на уголь и на продукцию глубокой переработки Стабильность цен на уголь Изменение условий налогообложения производителей угля
Факторы, влияющие на социальное положение	Факторы, связанные с технологией добычи
Трудоустройство населения Социальная поддержка населения Обучение специалистов	Использование новых технологий открытой добычи угля Использование передового оборудования и снижение себестоимости угля

мир», который занимает 39% добычи угля страны, следующим основным производителем является Разрез «Восточный», который имеет 18% удельного веса в общем объеме производства угля в стране. Высокая конкуренция не дает возможности реализации угля месторождения Кайнама в Казахстане и в ближнем зарубежье, что приводит к необходимости переработки угля и получения материалов пользующихся большим спросом, как электроэнергия, бензин.

Сокращение спроса на уголь в настоящее время наблюдается не только в стране, но и по всему миру. Но стоит отметить, что, по мнению аналитиков журнала «Эксперт», настоящая проблема заключается вовсе не в этом, а в избытке предложения. Согласно моделям спроса и предложения «Deutsche Bank» [5], избыток предложения на рынке энергетического угля составляет 30 млн тонн и может увеличиться до 68 млн тонн в 2022 г. [5].

Добыча энергетического угля в Республике Казахстан стабильно росла в последние годы со средним темпом 2%, коксующегося – незначительно сокращалась (таблица 4).

В структуре добычи энергетического угля выросла доля бурого и длиннопламенного угля – с 20% в 2015 году до 27% в 2020 году. Благодаря значительному объему добычи энергетического угля, Казахстан занимает десятое место в мире по до-

быче угля [4].

Рынок энергетического угля в Казахстане относительно фрагментирован – крупнейшим игроком, обеспечивающим до 30% совокупной добычи, является компания «ENRC» (разрез «Восточный», «Шубарколь Комир»), вторым и третьим игроками по объему добычи являются «Самрук-Энерго» и «РУСАЛ» – по 20% каждый («Богатырь Комир»), далее идут «Казахмыс» (8%), «Каражыра» (6%), «Ангренсор Энерго» (5%) и прочие.

Основная доля добываемого энергетического угля идет на нужды электроэнергетической отрасли Республики Казахстан и на экспорт (51% и 31% соответственно), остальной объем – на коммунально-бытовые нужды населения и на промышленные предприятия (13% и 5% соответственно).

Рынок коксующегося угля на 95% сформирован добычей компании «АрселорМиттал» [4]. Основная доля добытого коксующегося угля (порядка 95%) проходит процедуру обогащения, после чего 70% концентрата направляется для обеспечения собственных потребностей компании в коксе, остальной концентрат идет на экспорт в Украину и Россию.

Исходя из анализа конкурентной среды месторождения Кайнама составим таблицу сильных и слабых сторон, возможностей и угроз компании (таблица 5).

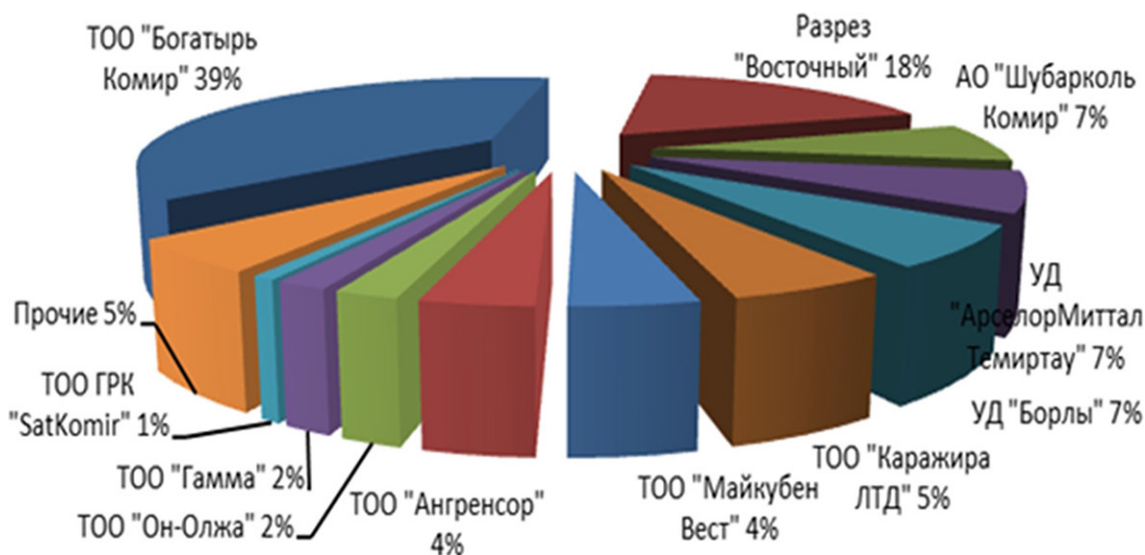


Рисунок 2 – Распределение объемов добычи угля в Республике Казахстан в 2020 году

Добыча угля, млн тонн	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Энергетический	92,9	82,5	93,4	98,6	102,4	101,1
Коксующийся	12,0	11,8	11,9	11,5	11,3	11,7
Всего	104,9	94,3	105,3	110,1	113,7	112,8

Таблица 5 – SWOT анализ ТОО «Кайнама комир»

<p>Сильные стороны (S)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Качество угля; - Высокая цена; - Большая производственная мощность; - Основные конкурентные подходы во внутренней торговле; - Выгодная репутация среди покупателей; - Наличие определенных сотрудников; - Наличие инновационных стратегии; - Наличие индивидуальных уникальных рецептов, сохранение классических технологий. 	<p>Политика расширения (увеличение доли продаж, увеличение списка предлагаемой продукции, повышение производительности)</p> <ul style="list-style-type: none"> - увеличить перечень товаров; - Повысить продуктивность; - увеличить производительность производства. 	<p>Политика снижения себестоимости продукции</p> <ul style="list-style-type: none"> - увеличение оборотных средств.
<p>Слабые стороны (W)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ресурсы предприятия использованы не в полном объеме; - Отсутствие необходимых ссудных денег; - Низкая рентабельность технологических процессов производства, а также его значительный расход энергии; - Износ основного технического оборудования; - Низкая рентабельность компании. 	<p>Политика формирования продукта (увеличение свойств продукции и его глубокая переработка);</p> <ul style="list-style-type: none"> - получение новых видов продукции; - увеличение квалификации персонала. 	<p>Стратегия роста позиции на рынке</p> <ul style="list-style-type: none"> - Большая конкуренция на рынке угля; - Взаимозависимость с поставщиками товаров и услуг.
<p>Возможности (O)</p> <p>Наружные способности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Умение повысить рыночную нишу; - Введение компании в список классических импортеров; - Присутствие новейших технологий добычи угля; - Увеличение спроса на товар и его продукты переработки; - Увеличение спроса за счет повышения конкурентоспособности продуктов переработки; - Поддержка правительства государства <p>Угрозы (T)</p> <p>Наружные опасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Интенсивность рынка; - Большая конкуренция на рынке угля, как отечественных, так и зарубежных предприятий; - Выход на биржу новых конкурентов, также повышение позиций прежних; - Перемена покупательских предпочтений 		

Заключение

На основе сильных и слабых сторон предприятия сформированы стратегии роста, развития товара и стратегия снижения издержек. А также сильные стороны и возможности предприятия очень высоки и дают возможность расширения спектра использования углей месторождения Кайнама как для дальнейшей глубокой переработки в электроэнергию, жидкое топливо и про-

изводство гумата натрия для буровых растворов.

Таким образом, нужно отметить, что угли марки Д месторождения Кайнама очень выгодны для глубокой переработки. Учитывая тот факт, что конкуренция очень высока, можно с уверенностью сказать, что предприятию будет выгоднее дальнейшая переработка угля, нежели его продажа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годовые отчеты ТОО «Кайнама Комир», 2018, 2019, 2020 годы, С. 10-25.
2. Об утверждении Концепции развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года, № 724.
3. Исламов С.Р. Переработка бурого угля по схеме энерготехнологического кластера // Уголь. – 2009. – № 3. – С. 69-71.
4. Ахметжанов Б., Тажибекова К.Б., Шаметова А.А. Analysis of development of the coal industry of Kazakhstan // Известия Национальной Академии Наук Республики Казахстан, Алматы: ҚР Ұлттық ғылым академиясы, 2018, № 5 (321), С. 68-70.
5. Ахметжанов Б., Тажибекова К.Б., Шаметова А.А. Методические основы расчета экономической эффективности использования углей в промышленности // Республиканский журнал «Труды Университета». Караганда: КарГУ, 2018. № 4. С. 116-119.

Қайнама кен орнының көмірін терең өңдеудің экономикалық негіздемесі

¹*КУЛЬЖАКАЕВ Нурлан Балбатырович, директор, kulzhakaev@mail.ru,

¹КУЛЬЖАКАЕВ Ержан Нурланович, т.ғ.м., бас инженер, kulzhakaev@mail.ru,

¹«Қайнама Көмір» ЖШС, Қазақстан, 140800, Павлодар облысы, Май ауданы, Көктөбе ауылы, Казыбек Би көшесі, 26-2,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Жұмыста Қайнама кен орнының көмірін терең өңдеудің экономикалық тиімділігін теориялық, әдіснамалық және аналитикалық зерттеу нәтижелері келтірілген. Электр энергиясын, сұйық отын мен тыңайтқыштарды өндіруде қайнама көмірін қолданудың экономикалық тиімділігін бағалау бойынша зерттеулер мен есептеулердің нәтижелері көрсетілген. Көмір пайдаланылатын электр энергиясын, сұйық отын мен тыңайтқыштарды өндіру жөніндегі жаңа технологияларды өндіріске енгізу ұсынымдар әзірлеуді және оларды өндіріске енгізудің экономикалық негіздемесін талап етеді. Қайнама кен орнының макроортасына талдау және SWOT негізгі күшті және әлсіз жақтарын, мүмкіндіктер мен қауіптерге талдау жүргізілді. Көмірді терең өңдеуге қаржылық-экономикалық талдау жүргізілді. Кәсіпорынның макро және микроортасына талдау жасалды. Талдау нәтижелері бойынша кәсіпорынның көмір нарығында көшбасшы болып табылатын бәсекелестері бар екенін көруге болады.

Кілт сөздер: көмір, талдау, терең өңдеу, электр энергиясын өндіру, бәсекелестер.

Economic Justification of Deep Processing of Coal from the Kainama Deposit

¹*KULZHAKAEV Nurlan, Director, kulzhakaev@mail.ru,

¹KULZHAKAEV Yerzhan, Mast. Tech. Sci., Chief Engineer, kulzhakaev@mail.ru,

¹Kainama Komir LLP, Kazakhstan, 140800, Pavlodar Region, May District, Koktobe Village, Kazbek Bi Street, 26-2,

*corresponding author.

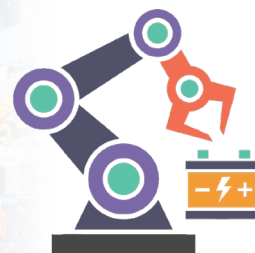
Abstract. The paper presents the results of a theoretical, methodological and analytical study of the economic efficiency of deep processing of coal from the Kainama deposit. The results of research and calculations of the assessment of the economic efficiency of the use of Kainamin coals in the production of electric energy, liquid fuel and fertilizers are shown. The introduction of new technologies for the production of electricity, liquid fuel and fertilizers using coal into production requires the development of recommendations and an economic justification for their introduction into production. The analysis of the macroenvironment of the Kainama field and the SWOT analysis of the main strengths and weaknesses, opportunities and threats are carried out. The financial and economic analysis of deep processing of coal is carried out. The analysis of the macro and microenvironment of the enterprise is carried out. According to the results of the analysis, it is clear that the company has competitors who are leaders in the coal market.

Keywords: coal, analysis, deep processing, electricity production, competitors.

REFERENCES

1. Godovye otchety TOO «Kajnama Komir», 2018, 2019, 2020 gody, pp. 10-25.
2. Ob utverzhenii Konceptii razvitiya toplivno-energeticheskogo kompleksa Respubliki Kazahstan do 2030 goda. Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazahstan ot 28 iyunya 2014 goda, no. 724.
3. Islamov S.R. Pererabotka burogo uglya po skheme energotekhnologicheskogo klastera // Ugol'. – 2009. – No. 3. – pp. 69-71.
4. Ahmetzhanov B., Tazhibekova K.B., Shametova A.A. Analysis of development of the coal industry of Kazakhstan // Izvestiya Nacional'noj Akademii Nauk Respubliki Kazahstan, Almaty: ҚР Ұлттық ғылым академиясы, 2018, no. 5 (321), pp. 68-70.
5. Ahmetzhanov B., Tazhibekova K.B., Shametova A.A. Metodicheskie osnovy rascheta ekonomicheskoy effektivnosti ispol'zovaniya uglej v promyshlennosti // Respublikanskij zhurnal «Trudy Universiteta». Karaganda: KarGTU, 2018. No. 4. pp. 116-119.

Энергетика. Автоматика. Информационно-коммуникационные технологии



DOI 10.52209/1609-1825_2021_3_221

УДК 629.7.05.001

Оптимизация служебной информации и помехоустойчивость в информационно-измерительных системах со сжатием данных

ЕСМАГАМБЕТОВ Булат-Батыр Саухымович, д.т.н., профессор, bulatbatyr@mail.ru,
Южно-Казахстанский университет им. М.О. Ауэзова, Казахстан, 160012, Шымкент, пр. Тауке хана, 5,

Аннотация. Статья посвящена вопросам оптимального формирования служебной информации и повышения помехоустойчивости в радиотелеметрических системах. В телеметрических системах космических летательных аппаратов с использованием необратимого сжатия данных возможно использование нескольких методов формирования сообщений. В канальном пакете выходных данных может быть несколько кодовых слов, определяющих его состав. Они могут быть объединены и расставлены в строго определенной последовательности. Необходимость передачи служебной информации снижает эффективность приемо-передающих систем. Поэтому проблема сокращения объема служебной информации является чрезвычайно актуальной. При обработке в информационных системах огромных потоков данных отдельные их измерения или целые группы измерений могут быть искажены или потеряны вследствие разных причин, например, ввиду выхода за пределы шкалы измерений. Восстановление сжатых данных при передаче по каналам связи сопровождается погрешностями, связанными с искажением информационной и служебной частей сообщений из-за наличия помех в канале передачи. Поэтому возникает необходимость обеспечения достоверности данных измерений на всех этапах преобразования данных, в том числе на этапе сжатия.

Ключевые слова: сжатие данных, служебная информация, существенные отсчеты, коэффициент сжатия, буферное запоминающее устройство, телеметрический кадр, помехоустойчивость, случайный процесс, избыточность.

Введение

В канальном пакете выходных данных может

быть несколько кодовых слов, определяющих его состав. Они могут быть объединены и расставле-

ны в строго определенной последовательности. Такой пакет данных представляет собой кодовую комбинацию постоянной или переменной длины, причем постоянная длина пакета формируется в случае заранее определенного и неизменного объема информации на интервале выдачи данных, а переменная – в противном случае. С канальным пакетом данных далее можно обращаться как с единым целым: снабжать его адресной информацией об источнике сообщения, информацией об интервале времени, на котором был сформирован пакет, для привязки существенных отсчетов ко времени, дополнительными проверочными символами и кодами для повышения помехоустойчивости передачи или с этой же целью определенным образом формировать структуру пакета. Адресная, временная и синхронизирующая информация в литературе называется служебной.

Восстановление сжатых данных при передаче по каналам связи сопровождается погрешностями, связанными с искажением информационной и служебной частей сообщений из-за наличия помех в канале передачи. К этим погрешностям добавляются ошибки, обусловленные квантованием передаваемых реализаций по уровню и дискретизацией по времени. Реальные каналы связи часто оказываются нестационарными с наличием помех, коррелированных с полезным сигналом. Такие каналы вносят существенные искажения при восстановлении сигналов на приемной стороне.

Теория вопроса

Рассмотрим принципы формирования служебной информации в системах со сжатием данных. Существуют следующие системы, отличающиеся способом выравнивания потоков сжатых данных [1]:

- с буферным запоминающим устройством (БЗУ);

- с адаптивным коммутированием.

Для систем с БЗУ характерно наличие переменной задержки в буфере, а системы с адаптивным коммутированием работают в реальном масштабе времени, что и обуславливает особенности формирования служебной информации [2]. Для анализа различных способов ее формирования введем понятие коэффициента сжатия полосы частот канала передачи:

$$K_{\text{сж}}^F = \frac{n_{\text{вх}}}{n_{\text{вых}}},$$

где $n_{\text{вх}}$ – объем измерительной информации в кадре,

$$n_{\text{вых}} = \frac{Nn_{\text{и}}}{K_{\text{сж}}} + n_{\text{адр}} + n_{\text{вр}},$$

где $K_{\text{сж}}$ – коэффициент сжатия по числу отсчетов; N – число каналов в адаптивной системе; $n_{\text{и}}$ – объем информационной части одного измерения; $n_{\text{адр}}$ – объем адресной информации; $n_{\text{вр}}$ – объем временной информации.

Описание методов анализа

Сравнивать различные способы формирования служебной информации следует при одинаковых входных условиях [3]. Допустим, что объем измерительной информации для всех отсчетов одинаков, а вероятность появления существенных отсчетов для всех случаев также одинакова и равна

$$p_{\text{сущ}} = \frac{1}{\bar{K}_{\text{сж}}},$$

где $\bar{K}_{\text{сж}}$ – усредненный коэффициент сжатия.

При групповом способе формирования служебной информации производится анализ каждого отсчета и присвоение символа 1 существенным отсчетам и символа 0 – избыточным [4]. По этим индексам формируется одинаковый адрес кадра $n_{\text{адр}}$, за которым следуют информационные части сообщения $n_{\text{и}}$ только тех каналов, отсчеты которых оказались существенными. Формирование группового адреса для системы, содержащей пять каналов, показано на рисунке 1, при этом существенные отсчеты содержатся в первом и третьем каналах. Временная информация при данном способе не передается, а подсчет числа кадров возлагается на ЭВМ. Коэффициент сжатия в этом случае равен

$$K_{\text{сж}}^F = \frac{n_{\text{вх}}}{n_{\text{вых}}} = \frac{Nn_{\text{и}}}{n_{\text{адр}} + \frac{n_{\text{и}}N}{K_{\text{сж}}}},$$

где N – число измерительных каналов в кадре. При $n_{\text{адр}} = N$ выше приведенное выражение можно записать в виде

$$K_{\text{сж}}^F = \frac{n_{\text{и}}K_{\text{сж}}}{K_{\text{сж}} + n_{\text{и}}}.$$

Недостатком этого способа является низкая помехоустойчивость, так как неправильный прием одного символа в адресной информации может привести к ошибочной расшифровке всей измерительной информации.

В следующем способе вероятность неправильной расшифровки уменьшается за счет передачи временной синхроиформации через несколько кадров (псевдокадр) $m \geq 1$, где m – число кадров в псевдокадре [5]. В этом случае, если происходит сбой разряда служебной информации, то теряется только один псевдокадр. При уменьшении числа кадров в псевдокадре уменьшается вероятность неправильной расшифровки сжатых данных, но при этом возрастают аппаратные затраты

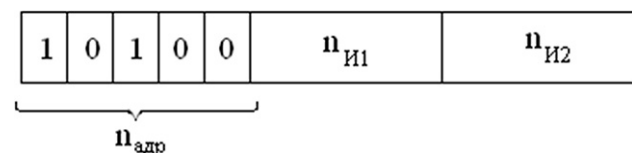


Рисунок 1 – Формирование группового адреса

на реализацию способа, так как увеличивается необходимый объем памяти. Эффективность данного способа можно описать следующим соотношением

$$K_{\text{сж}}^F = \frac{n_n N}{N + \frac{n_{\text{вр}}}{m} + \frac{n_n N}{K_{\text{сж}}}}$$

В третьем способе формирования служебной информации адресная информация передается с каждым существенным отсчетом, а временная информация кодируется одним разрядом в каждом слове [6]. В начальном слове каждого кадра в этом разряде записывается 1, а во всех последующих словах данного кадра – 0. Таким образом один дополнительный разряд в словах позволит расшифровать каждый кадр, а адресная информация существенных отсчетов – точно определить временную привязку этих кадров. На рисунке 2 показано пояснение этого способа. Для правильной расшифровки данных необходимо в каждом кадре, даже если все выборки избыточны, передавать один измерительный отсчет. Поэтому эффективность данного способа можно описать формулой

$$K_{\text{сж}}^F = \frac{n_n N}{(\log N + 1 + n_n) \left(\frac{N}{K_{\text{сж}}} + p \right)},$$

где N – число каналов в кадре;

$p = \left(1 - \frac{1}{K_{\text{сж}}} \right)^N$ – вероятность непооявления существенных отсчетов в кадре.

Недостаток этого способа заключается в низкой помехоустойчивости, так как искажение одного временного разряда приводит к сдвигу всей информации в кадре. Поэтому с учетом передачи времени через $m \geq 1$ кадров в псевдокадре эффективность способа можно описать соотношением

$$K_{\text{сж}}^F = \frac{n_n N}{(\log N + 1 + n_n) \left(\frac{N}{K_{\text{сж}}} + p \right) + \frac{n_{\text{вр}}}{m}}$$

В четвертом способе адресная информация передается с каждым существенным отсчетом. В этом случае объем адресной информации равен

$$N_{\text{адр}} = \frac{N \log N}{K_{\text{сж}}}.$$

Для исследования погрешности восстановления непрерывных реализаций с учетом иска-

жений сжатых данных в канале связи моделировались процессы для разных способов передачи информации в стационарных и нестационарных каналах. При моделировании генерировались сигналы в виде суммы экспоненциального тренда и стационарной составляющей недифференцируемого случайного процесса. Для сжатия использовались апертурные алгоритмы и алгоритмы, ограничивающие дисперсию ошибки восстановления [7]. Учитывались искажения как информационной, так и случайной части сообщения. Адресная информация формировалась с каждым существенным отсчетом.

Обсуждение результатов

На рисунке 3 показана зависимость объема служебной информации $n_{\text{адр}}$ от коэффициента сжатия. Из анализа рисунка следует, что при коэффициентах сжатия $K_{\text{сж}} < K_{\text{пор}}$ выгоднее применять групповой способ формирования служебной информации, а при $K_{\text{сж}} > K_{\text{пор}}$ – формировать адресную информацию с каждым существенным отсчетом. Например, при $N=64$ и $K_{\text{сж}}=30$ объем служебной информации $-\Delta n_{\text{адр}}$ сокращается почти в 6 раз и наоборот при $K_{\text{сж}}=4$ и $N=60$ объем служебной информации $+\Delta n_{\text{адр}}$ увеличивается более чем в 2 раза.

В информационно-измерительных системах, использующих сжатие данных с буферным запоминающим устройством (БЗУ), которое выравнивает поток сжатых данных во времени, можно передавать дополнительную информацию о задержке сообщений в БЗУ, с привязкой измерений по времени [8]. Кодирование времени задержки в БЗУ производится прямо пропорционально заполнению буферного ЗУ. Время задержки информации, поступающей в БЗУ, равно $t_{\text{зад}} = qT$, где q – число заполненных ячеек памяти; T – период считывания информации из одной ячейки.

Использование БЗУ имеет следующие преимущества:

- достаточно простая аппаратная реализация;
- при автоматическом изменении апертюры в зависимости от заполнения буферной памяти не требуется дополнительной служебной информации о величине апертюры;
- при сбое информации в кадре последующая информация не искажается.

К недостаткам можно отнести наличие погрешности $t_{\text{ош}}$ временной привязки измерений.

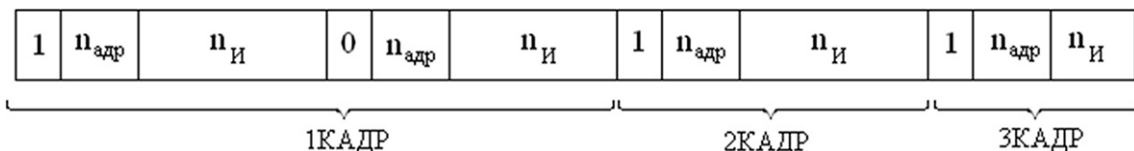


Рисунок 2 – Формирование адресной информации с каждым существенным отсчетом

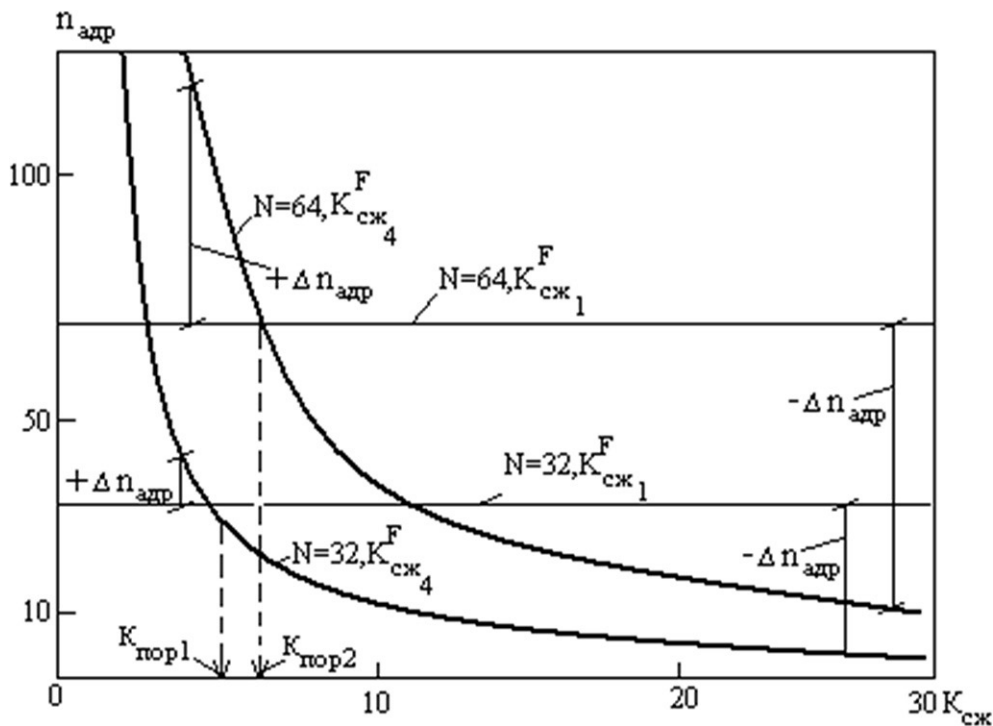


Рисунок 3 – Зависимость объема служебной информации от коэффициента сжатия

Этот недостаток можно исключить, если моменты считывания существенных отсчетов в канале привязать к анализу текущих выборок на избыточность в определенном информационном канале. Кроме того, при поступлении в БЗУ каждого существенного отсчета необходимо передавать число выборок, ожидающих считывания в канал связи, т.е. заполнение в БЗУ [9].

Рассмотрим теперь вопросы помехоустойчивости сжатых данных.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение сложных алгоритмов сжатия целесообразно лишь для гладких, слабо зашумленных нестационарных сигналов и в стационарных каналах очень высокого качества.

При вероятностях ошибки приема символа сообщения $p > 10^{-2}$ и относительной мощности стационарной составляющей $h = 1,0$ разница в погрешности восстановления нестационарных сообщений между простейшим экстраполяционным алгоритмом и достаточно сложным интерполяционным становится пренебрежимо малой. Наличие искажений адресной информации в стационарном канале (рисунок 4) почти на порядок повышает погрешность восстановления при апертуре $\varepsilon > 3\%$, но мало влияет на нее при незначительных апертурах ($\varepsilon < 1\%$).

Применение алгоритмов сжатия с контролем среднеквадратической погрешности восстановления в нестационарном канале целесообразно лишь при очень малых апертурах (менее 1%) и малой относительной мощности стационарной составляющей сигнала ($h = 0,1$). Для сильно за-

шумленных сигналов ($h = 1,0$) погрешность восстановления практически не зависит от апертury, а значит, и от коэффициента сжатия. При сжатии простейшим экстраполяционным алгоритмом эта тенденция проявляется еще резче.

На погрешность восстановления увеличение числа r проверочных символов корректирующего кода слабо влияет после $r = 4$ (рисунок 5) в плохом канале ($p = 10^{-1}$). В хорошем канале ($p < 10^{-4}$) погрешность оказывается приемлемой и без кодирования, поэтому можно рекомендовать применение для защиты адресной, временной и информационной частей сообщения коротких

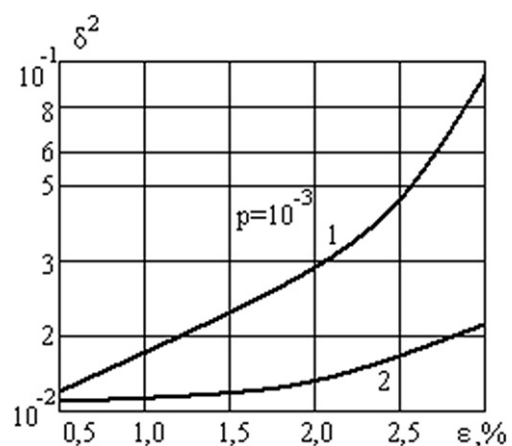


Рисунок 4 – Погрешности восстановления нестационарных сообщений

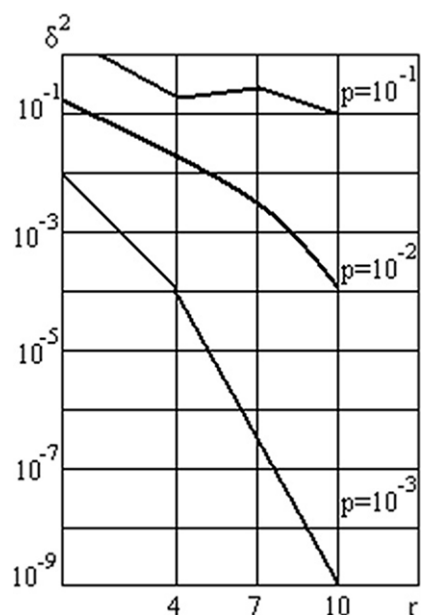


Рисунок 5 – Погрешность восстановления при использовании корректирующего кода

простейших циклических кодов Хэмминга. Этот вывод является следствием того, что группирование ошибок при передаче сжатых данных в каналах с памятью существенно (на 1-2 порядка) снижает погрешность восстановления сообщений по сравнению с передачей их в каналах с независимыми ошибками [10].

Заключение

В статье рассмотрены вопросы формирования служебной информации и помехоустойчивости передаваемых данных в радиотелеметрических системах. Приведены полученные зависимости объема служебной информации от коэффициента сжатия. Представленные результаты позволяют выбрать способ формирования служебной информации в зависимости от коэффициента сжатия. Анализ помехоустойчивости сжатых данных позволяет сделать вывод об использовании более простых алгоритмов сжатия данных по сравнению со сложными, несмотря на лучшую помехозащищенность последних.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свириденко В.А. Анализ систем со сжатием данных. – М.: Связь, 1977. – 184 с.
2. Адаптивные телеизмерительные системы / А.В. Фремке. – Л.: Энергоиздат, 1981. – 248 с.
3. Белоус А.И., Солодуха В.А., Шведов С.В. Космическая электроника. М.: Техносфера, 2015. – 696 с.
4. Назаров А.В. и др. Современная телеметрия в теории и на практике: Учебный курс. – СПб: Наука и техника, 2007. – 667 с.
5. Mamchev G.V. The radio communication and television bases. The manual for high schools. – М.: the Hot line – a Telecom, 2007. – 416 p.
6. Salamon D. Compression of data, images and a sound. – М.: Technosphere, 2004. – 368 p.
7. Некрасов М.В., Пакман Д.Н., Антамошкин А.Н. Методы унификации современных средств обработки телеметрической информации в центрах управления полётами космических аппаратов // Вестник СибГАУ. № 1 (53). – Красноярск, 2014. С. 48-53.
8. Есмагамбетов Б.-Б.С. Основные характеристики системы формирования потоков сжатых сообщений // Вестник Национальной Академии Наук РК. – Алматы, 2006. – № 3. – С. 16-17.
9. Есмагамбетов Б.-Б.С. Формирование служебной информации для систем с буферным запоминающим устройством // Доклады Национальной академии наук РК. – Алматы, 2006. – № 3. – С. 22-23.
10. Эльшафеи М.А., Сидякин И.М., Харитонов С.В., Ворнычев Д.С. Исследование методов обратимого сжатия телеметрической информации // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. № 3. – М., 2014. С. 92-104.

Деректерді қысу ақпараттық-өлшеу жүйелеріндегі қызметтік ақпаратты оңтайландыру және бөгеуі орнықтылық

ЕСМАГАМБЕТОВ Болат-Батыр Саухымұлы, т.ғ.д., профессор, bulatbatyr@mail.ru,
М.О. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан, 160012, Шымкент,
Тәуке хан даңғылы, 5,

Аңдатпа. Мақала қызметтік ақпаратты оңтайлы қалыптастыру және радиотелеметриялық жүйелердегі кедергіге төзімділікті арттыру мәселелеріне арналған. Ғарыштық ұшу аппараттарының телеметриялық жүйелерінде деректердің қайтымсыз сығылуын пайдалана отырып, хабарламаларды қалыптастырудың бірнеше әдістерін пайдалануға болады. Шығу деректерінің арналық пакетінде оның құрамын анықтайтын бірнеше кодтық сөздер болуы мүмкін. Олар біріктірілуі және қатаң белгіленген реттілікке орналастырылуы мүмкін. Қызметтік ақпаратты беру қажеттілігі қабылдау-тарату жүйелерінің тиімділігін төмендетеді. Сондықтан қызметтік ақпарат көлемін қысқарту мәселесі өте өзекті болып табылады. Ақпараттық жүйелерде деректердің орасан зор ағындарын өңдеу кезінде олардың жекелеген өлшемдері немесе тұтас өлшеу топтары әртүрлі себептердің салдарынан, мысалы, өлшеу шкаласының шегінен шығуына байланысты бұрмалануы немесе жоғалуы мүмкін. Байланыс арналары арқылы беру кезінде қысылған деректерді қалпына келтіру хабарлардың ақпараттық және қызметтік бөліктерін бұрмалаумен байланысты қателіктермен қоса

беріледі. Сондықтан деректерді түрлендірудің барлық кезеңдерінде, оның ішінде қысу кезеңінде осы өлшемдердің дұрыстығын қамтамасыз ету қажеттілігі туындайды.

Кілт сөздер: деректерді қысу, қызметтік ақпарат, елеулі есептеулер, қысу коэффициенті, буферлік есте сақтау құрылғысы, телеметриялық кадр, бөгеул орнықтылық, кездейсоқ процесс, артықтық.

Optimization of Service Information and Noise Immunity in Data Compression Information and Measurement Systems

YESMAGAMBETOV Bulat-Batyr, Dr. Tech. Sci., Professor, bulatbatyr@mail.ru,
M.O. Auezov South Kazakhstan University, Kazakhstan, 160012, Shymkent, Tauke Khan Avenue, 5,

Abstract. The article is devoted to issues of optimal generation of service information and improvement of noise immunity in radio telemetry systems. In telemetry systems of spacecraft using irreversible data compression, several methods of generating messages can be used. In the channel output packet, there may be several codewords defining its composition. They can be combined and arranged in a strictly defined sequence. The need to transmit overhead information reduces the efficiency of the transceiver systems. Therefore, the problem of reducing the volume of service information is extremely urgent. When processing huge data streams in information systems, individual measurements or whole groups of measurements can be distorted or lost due to various reasons, for example, due to going beyond the scale of measurements. Recovery of compressed data during transmission on communication channels is accompanied by errors related to distortion of information and service parts of messages due to presence of interference in transmission channel. Therefore, it is necessary to ensure the reliability of the measurement data at all stages of data conversion, including the compression step.

Keywords: data compression, overhead information, significant counts, compression ratio, buffer memory, telemetry frame, noise immunity, random process, redundancy.

REFERENCES

1. Sviridenko V.A. Analiz sistem so szhatiem dannyh [Analysis of systems with data compression]. Moscow: Svjaz', 1977. 184 p.
2. A.V.Fremke. Adaptivnye teleizmeritel'nye sistemy [Adaptive telemetry systems]. Leningrad: Jenergoizdat, 1981. 248p.
3. Belous A.I., Soloduha V.A., Shvedov S.V. Kosmicheskaja jelektronika [Space Electronics]. Moscow: Tehnosfera, 2015. 696 p.
4. Nazarov A.V. i dr. Sovremennaja telemetrija v teorii i na praktike: Uchebnyj kurs. [Modern telemetry in theory and practice. Training course]. Saint Petersburg: Nauka i tehnika, 2007. 667 p.
5. Mamchev G.V. The radio communication and television bases. The manual for high schools. Moscow: the Hot line – a Telecom, 2007. 416 p.
6. Salamon D. Compression of data, images and a sound. – Moscow: Technosphere, 2004. 368 p.
7. Nekrasov M.V., Pakman D.N., Antamoshkin A.N. Metody unifikacii sovremennyh sredstv obrabotki telemetricheskoj informacii v centrakh upravlenija poljotami kosmicheskikh apparatov [Methods of nification of modern telemetry information processing tools in spacecraft flight control centers] // Vestnik SibGAU [Bulletin of SibSAU]. no. 1 (53). Krasnojarsk, 2014, pp. 48-53.
8. Yesmagambetov B.-B.S. Osnovnye harakteristiki sistemy formirovanija potokov szhatyh soobshhenij [Main characteristics of compressed message flow generation system] // Vestnik Nacional'noj Akademii Nauk RK [Bulletin of the National Academy of Sciences of Kazakhstan]. Almaty, 2006. – no. 3, pp. 16-17.
9. Yesmagambetov B.-B.S. Formirovanie sluzhebnoj informacii dlja sistem s bufernym zapominajushhim ustrojstvom [Generation of overhead information for systems with buffer memory] // Doklady Nacional'noj akademii nauk RK [Reports of the National Academy of Sciences of Kazakhstan]. Almaty, 2006. – no. 3, pp. 22-23.
10. Jel'shafei M.A., Sidjakin I.M., Haritonov S.V., Vornychyev D.S. Issledovanie metodov obratimogo szhatija telemetricheskoj informacii [Study of methods of reversible compression of telemetry information] // Vestnik MGTU im. N.Ie. Baumana. Ser. Priborostroenie, no. 3 [Bulletin of MSTU named after N.E. Bauman. Ser. Instrument making, no. 3]. Moscow, 2014, pp. 92-104.

Задачи создания робототехнического комплекса и базы данных для экологического мониторинга

¹МУНТАЕВ Нуржан Амангельдыевич, докторант, turok_888@mail.ru,

^{1*}ЖАРТЫБАЕВА Макпал Галымбековна, PhD, старший преподаватель, makkenskii@mail.ru,

¹ОРАЛБЕКОВА Жанар Орымбаевна, PhD, и.о. доцента, oralbekova@bk.ru,

¹ЛАМАШЕВА Жанар Бейбутовна, PhD, старший преподаватель, zhanarlb@mail.ru,

²СЫДЫБАЕВА Мадина Алданышовна, магистр, старший преподаватель, m.sydybayeva@gmail.com,

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, 010008, Нур-Султан, ул. Сапгаева, 2,

²Алматинский университет энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева, Казахстан, 050013, Алматы, ул. А. Байтурсынова, 126/1,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Цель исследования – определить задачи создания беспилотного плавательного аппарата (БППА) и базы данных для экологического мониторинга. Рассмотрены проблемы в области экологического мониторинга водных ресурсов. Описаны основные подходы к проведению исследований. Представлены способы достижения цели исследования посредством логически взаимосвязанных, последовательных задач. Приведен перечень поставленных задач с измеримыми показателями решения задачи, а также представлено краткое обоснование роли каждой из задач в достижении цели исследования и взаимосвязи с другими задачами.

Ключевые слова: беспилотный плавательный аппарат, аэроглицерные технологии, экологический мониторинг, зеленые технологии, базы данных.

Введение

Состояние водных объектов изменяется во времени и пространстве. Экологическая политика в области водных ресурсов требует, чтобы управление вод обеспечивало регулирование стока для мониторинга в допаводковых и послепаводковых периодах и оптимизации количества доступной физической среды обитания с учетом топографии, и набора режимов потока для предотвращения разрушения дамб и плотин, определения гидрографических показателей состояния акватория, обеспечения безопасности ближнего населения, обеспечения благоприятной среды для местных видов рыб.

Строительство плотины нарушает баланс наносов в реке, создавая протянутую речную зону. По мере повышения уровня воды скорость потока уменьшается, как и пропускная способность наносов. Следовательно, резервуар будет собирать отложения и терять емкость до тех пор, пока баланс не будет достигнут. Оценочное значение 0,5–1% от общего объема хранилища теряется каждый год, тогда как скорость осаждения варьируется от 0,1% до 2,3%. Непрерывное осаждение больше не может гарантировать вместимость водохранилища, борьбу с наводнениями, выработку электроэнергии, ирригацию и другие преимущества, связанные с емкостью хранения. Что касается выработки

электроэнергии, когда седиментация коллектора достигает высокого уровня, выработка энергии будет уменьшаться. Что касается ирригации, водохранилища удерживают и хранят осадок и связанные с осадком питательных веществ, что приводит к снижению количества питательных веществ вниз по течению. Накопление богатых питательными веществами отложений в резервуаре может вызвать низкий уровень питательных веществ вниз по течению, ставя под угрозу баланс экосистемы. Кроме того, седиментация в водохранилище может также повлиять на безопасность водных путей и гидротехнических сооружений. Осадок, переносимый током мутности, может заблокировать или повредить впускные и выпускные отверстия, что это снизит эффективность и увеличит затраты на техническое обслуживание.

Ожидается, что глобальное потепление увеличит частоту и интенсивность сильных ливневых осадков, что является основной причиной быстрых оползней, разрушения плотин и гидротехнических сооружений, изменения рельефа дна, которые могут привести к гибели многих людей. В Китае любой прорыв плотины приводит к миллионам эвакуированных. В 2004 г. разрушение защитной дамбы ГЭС «Далунтань» в Китае привело к гибели 20 человек. В 2015 г. прорыв плотин горнодобывающей компании Samarco (совмест-

ное предприятие ВНР Billiton и Vale) в Бразилии привел к гибели 13 человек [1]. Ущерб был оценен в \$5,3 млрд. В 1994 г. в Башкирии прорвало плотину Тирлянского водохранилища, произошел нештатный сброс 8,6 млн куб. м воды, погибли 29 человек [2]. В результате прорыва плотины в Казахстане в селе Кызыл Агаш погибло 43 человека. В Казахстане построено 270 водохранилищ, из которых 62 республиканского и 208 местного значения. Из 653 имеющихся гидросооружений 268, в том числе 28 крупных, нуждаются в срочном ремонте. Надежность и безопасность стратегически важных ГТС страны снижается быстрыми темпами, их фактический износ составляет 60%. Установлено, что вероятность аварий плотин резко повышается при возрасте сооружений более 30-40 лет. Большинство ГТС Казахстана эксплуатируется более 30 лет, а некоторые из них уже 40-50 лет. Например, Шардаринское водохранилище построено в 1965 г., Бухтарминское – в 1960 г., Капшагайское – в 1970 г. Согласно данным мировой статистики именно в этот период возрастает вероятность аварий и повреждений [3]. Малые и средние водохранилища, которые не имеют собственника представляют серьезную опасность, т.к. велика угроза их переполнения и прорыва напорного фронта при интенсивном снеготаянии и продолжительных летне-осенних осадках. Незапланированный и несогласованный с общими мероприятиями в период половодий и паводков спуск этих водохранилищ может усугубить последствия наводнений [4]. Разрушение среды обитания, изменение рельефа дна акватория, загрязнение, чрезмерная эксплуатация (и многие другие) подтолкнули водные и прибрежные сообщества пресной воды к экологическому коллапсу. Мониторинг гидрографических показателей, регулирование потока может оптимизировать количество доступной физической среды обитания с учетом существующей топографии и набора режимов потока. В то время как регулирование потока может оптимизировать существующую топографию канала, восстановление реки в форме топографической манипуляции также необходимо для устранения или изменения ограничений, которые ограничивают возможность естественных корректировок в топографии канала, которые создают и поддерживают физическую среду обитания. Но ведение мониторинга акватория в труднодоступных местах в послепаводковых периодах, исследование дамб водохранилищ представляют опасность для жизни.

Гидрографические съемки являются наиболее точным методом измерения характера распределения наносов и занимаемого объема. Глубина с горизонтальными координатами (X, Y) и координатами (X, Y, Z) должна быть получена при гидрографических исследованиях. Необходимо разработать радиоуправляемый аппарат, оснащенный различными датчиками и сенсорами для экологического мониторинга, определения рельефа и

гидрографических характеристик водохранилища, исследования среды обитания для местных видов рыб и сбора проб в труднодоступных участках водоемов, исследования дамб на наличие различных повреждений, разработать систему базы данных для учета [5-8].

Перечисленные проблемы необходимо решить инновационными технологиями. Комплексное решение теперь возможно благодаря недавним разработкам в области микроконтроллерных и микрокомпьютерных систем с низким энергопотреблением и малым объемом. Данные механизмы в сочетании с бортовым источником энергии, устраняют необходимость в кабельных или проводных соединениях с удаленными станциями управления и источниками энергии, обеспечивают, таким образом, неограниченную возможность свободной навигации.

В настоящее время использование БППА для задач ликвидации последствий техногенных аварий является установившейся мировой практикой. На постсоветском пространстве, лидером в данной области является Россия. На территории стран СНГ, началом практического использования наземных мобильных робототехнических комплексов можно считать применение их на Чернобыльской АЭС [1,2,3,5]. Использование средств робототехники в экологии не получило большого развития [4,6,7,8,13].

В 2010 же году компания QinetiQ обнародовала свою новую разработку: беспилотный разведывательный катер-невидимку Sentry (рисунок 1). С корпусом, выполненным по технологии Stealth, и мощным водометом, новый катер идеально, по мнению компании, подходит на роль разведчика и патрульной машины [9-15].

Основные подходы к проведению исследований:

В последние годы применялось много способов измерения подводных топографических данных, таких как однолучевой эхолот (SBES), многолучевой эхолот (MBES), а также методы дистанционного зондирования, такие как обнаружение бортового света и ранжирование (LiDAR) и пр. Однако исследования не были комплексного характера. Этот проект направлен на разработку программно-аппаратного средства для топографической съемки акватория и проведение исследований в пределах акватория с использованием батиметрических данных и других дополнительных данных для получения надежного рельефа местности и точной емкости водохранилища. Исторические батиметрические данные и данные экспериментального исследования будут сравниваться для изучения топографических изменений, ситуации седиментации и потери емкости воды. Разработанный робототехнический комплекс также можно будет применять для сбора проб, вылавливания мертвых или зараженных рыб, подкармливания рыб, обитающих в трудно-



Рисунок 1 – Беспилотный разведывательный катер-невидимка Sentry



Рисунок 2 – Дрон эколог АНО «Аиралаб Рус» и команды Togliatti Solar Team

доступных участках водоемов, использовать при спасательных операциях в условиях паводков. Все собранные данные акватория на примере рек Акмолинской области будут внесены в разработанную систему базы данных [4-8].

Перечень задач создания робототехнического комплекса и базы данных для экологического мониторинга

Для создания робототехнического комплекса и базы данных для экологического мониторинга необходимо решить следующие задачи. Ниже приведен перечень поставленных задач с измеримыми показателями решения задачи, а также представлено краткое обоснование роли каждой из задач в достижении цели исследования и взаимосвязи с другими задачами:

1. Исследование и анализ существующих методик экологического мониторинга – для выявления оптимальных методов и методик, подходов, алгоритмов для экологического мониторинга.

2. Научно-технический анализ современных приборов для батиметрических исследований, основанных на обработке эхолокационных сигналов – выявление достоинств и недостатков современных приборов для батиметрических исследований, основанных на обработке эхолокационных сигналов для создания концепции робототехнического комплекса.

3. Разработка технического задания (частное) и ограничений к беспилотному аэроглизсерному аппарату на основе технологии обработки эхолокационных сигналов – создание основного документа для создаваемого робототехнического комплекса, определяющего процессы и этапы разработки, проектирования, изготовления и эксплуатации оборудования.

4. Проектирование механической части робототехнического комплекса на основе технологии аэроглизсера – применение аэроглизсерной технологии при создании робототехнического комплекса для мониторинга батиметрических и гидрографических показателей водохранилища обеспечит безопасное для водной среды ис-

следование, эта технология не повреждает поверхность, обеспечивает возможность движения практически по любой поверхности и простоту трансмисии.

5. Разработка структурных, функциональных и принципиальных схем программного обеспечения для робота.

6. Создание робототехнического комплекса для мониторинга батиметрических и гидрографических показателей акватория и обработки эхолокационных сигналов.

7. Апробация разработанного аппарата и батиметрическое и гидрографическое исследование акватория на примере рек Акмолинской области в допаводковых и послепаводковых периодах, получение 2D и 3D снимков рельефа акватория.

8. Сбор проб воды, сбор и классификация данных – сбор проб воды в водохранилищах, озерах и водоемах представляет опасность и риск для жизни человека. Подобные работы делают специалисты – экологи в шахтах и районах выработок, при выполнении которых они подвергают жизнь опасности: отравление углекислым газом и другими вредными веществами, падения, попадание под оползни, заросли, болота, высокие волны, переохлаждение и смерть от утопления. Чтобы предотвратить чрезвычайные ситуации, снизить риск для сотрудников необходимо создать более инновационный и современный процесс отбора проб воды из затопленных ям, септиков, прудов-испарителей и других водных объектов. К примеру, при выявлении сточных вод или загрязнённой нефтепродуктами водных объектами вследствие повреждения трубопроводов или других аварий в любых погодных условиях сбор проб занимает примерно 12-14 часов работ и требуется группа специалистов.

9. Проведение качественного и количественного анализа воды, обнаружение отдельных компонентов. Все отобранные пробы воды необходимо в лабораторных условиях проанализировать, классифицировать и все результаты внести в СУБД.

10. Создание базы данных по показателям ак-

ватория, классификация априорной информации. Все отобранные пробы воды необходимо в лабораторных условиях проанализировать, классифицировать, и все результаты внести в СУБД.

Для создания веб-приложения выбраны NET и C #, для создания веб-сайтов – на основе HTML5, CSS и JavaScript, которые являются безопасными, быстрыми и могут масштабироваться для большого количества пользователей. Для построения карт акватории будет использована глобальная база данных о достопримечательностях и туристических объектах OpenTripMap API, в качестве подложки будет использована Google Map. Эти инструменты помогут визуализировать объекты.

Заключение

В статье были определены задачи создания робототехнического комплекса и базы данных для экологического мониторинга, а также рассмотрены проблемы в области экологического мониторинга водных ресурсов. Рассмотрены основные подходы к проведению исследований. Описаны способы достижения цели исследования посред-

ством логически взаимосвязанных, последовательных задач. Приведен перечень поставленных задач с измеримыми показателями решения задачи, а также представлено краткое обоснование роли каждой из задач в достижении цели исследования и взаимосвязи с другими задачами. Область применения и целевые потребители каждого из ожидаемых результатов: робототехнический комплекс и создание базы данных для мониторинга батиметрических и гидрографических показателей водохранилищ в допаводковых и послепаводковых периодах неразрушающим способом можно применить в гидрологии, морской геодезии, гидрографии, военном деле, горном деле, робототехнике и т.д. Разработанный робототехнический комплекс также можно будет применять для сбора проб, вылавливания мертвых или зараженных рыб, подкармливания рыб, обитающих в труднодоступных участках водоемов, использовать при спасательных операциях в условиях паводков. Все собранные данные акватория на примере рек Акмолинской области будут внесены в разработанную систему базы данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прорыв на руднике Samarco в Бразилии – крупнейшая катастрофа в истории, ИА REGNUM. <https://regnum.ru/news/2056486.html>, [дата обращения 02.04.2020].
2. Галлямова А.Г. История Татарстана и татарского народа. 1917-2013 гг.: учеб. пособие / А.Г. Галлямова, А.Ш. Кабирова, А.А. Иванов, Р.Б. Гайнетдинов, И.Р. Миннуллин, Л.И. Алмазова. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2014. – 436 с.
3. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и использовании природных ресурсов за 2011-2014 годы http://ecogofond.kz/wp-content/uploads/2018/03/NDSOS_2011-2014.pdf (дата обращения 12.06.2020).
4. Рябцев А.Д. Безопасность гидротехнических сооружений, Балкаш-Алакольский Бассейновый Совет, 23 заседание. Алматы, 2016.
5. Irish, J.L. and White, T.E., 1998. Coastal Engineering Applications of High-Resolution LIDAR Bathymetry. Coastal Engineering, Vol. 35, No., pp. 47-71.
6. Integration of Bathymetric and Topographic LIDAR: A Preliminary Investigation. Available from: https://www.researchgate.net/publication/254415921_Integration_of_Bathymetric_and_Topographic_LIDAR_A_Preliminary_Investigation [accessed Aug 3 2020].
7. Turton, D., 2006. Factors Influencing ALS Accuracy. Scanning the Horizons. Vol. 3, No. 5. Wozencraft, J.M., 2003. SHOALS Airborne Coastal Mapping: Past, Present and Future. Journal of Coastal Research, Vol., No. Special Issue 38, pp. 207-216. Wozencraft, J.M. and Millar, D., 2005. Airborne LIDAR and Integrated Technologies for Coastal Mapping and Nautical Charting. Marine Technology Society Journal, Vol. 39, No. 3, pp. 27-35.
8. Ki In BangKi In Bang, New Approaches for LIDAR System Calibration, Conference: The 2011 Conference of Korea Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography, April 2011.
9. Караушев А.В. Речная гидравлика. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 416 с.
10. Лучшева А.А. Практическая гидрометрия. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 296 с.
11. Автоматизированная гидрометеорологическая система. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 216 с.
12. Васильев А.В. Гидрометрия. Л.: Гидрометеиздат. 1990. 2-я линия, 23. 444 с.
13. Malakoff, D. 2004. Profile: Dave Rosgen- e river doctor. Science 305:937-939. doi:10.1126/science.305.5686.937
14. J. Bergfur B. O.L. Demars M.I. Stutter S.J. Langan N. Friberg. The Tarland Catchment Initiative and Its Effect on Stream Water Quality and Macroinvertebrate Indices, First published: 01 March 2012 <https://doi.org/10.2134/jeq2010.0537>
15. Larsen, S., and S.J. Ormerod. 2010a. Low-level effects of inert sediments on temperate stream invertebrates. Freshwater Biol. 55:476–486. doi:10.1111/j.1365-2427.2009.02282.x

Экологиялық мониторинг үшін роботтандырылған кешен мен мәліметтер базасын құру тапсырмалары

¹МҰНТАЕВ Нұржан Амангелдіұлы, докторант, turok_888@mail.ru,

^{1*}ЖАРТЫБАЕВА Мақпал Ғалымбекқызы, PhD, аға оқытушы, makkenskii@mail.ru,

¹ОРАЛБЕКОВА Жанар Орымбайқызы, PhD, доцент м.а., oralbekova@bk.ru,

¹ЛАМАШЕВА Жанар Бейбітқызы, PhD, аға оқытушы, zhanarlb@mail.ru,

²СЫДЫБАЕВА Мадина Алданышовна, магистр, аға оқытушы, m.sydybayeva@gmail.com,

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, 010008, Нұр-Сұлтан, Сәтпаев көшесі, 2,

²Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Қазақстан, 050013, Алматы, А. Байтұрсынұлы көшесі, 126/1,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Зерттеудің мақсаты – роботтандырылған кешен мен экологиялық мониторингтің мәліметтер базасын құру тапсырмаларын анықтау. Су ресурстарының экологиялық мониторингі саласындағы проблемалары қарастырылады. Зерттеудің негізгі тәсілдері қарастырылды. Логикалық өзара байланысты, дәйекті тапсырмалар арқылы зерттеу мақсатына жету жолдары сипатталған. Мәселені шешудің өлшенетін көрсеткіштері бар берілген тапсырмалардың тізімі, сонымен қатар зерттеу мақсатына жетудегі міндеттердің әрқайсысының рөлін және басқа міндеттермен байланысын қысқаша негіздеу ұсынылған.

Кілт сөздер: пилотсыз жүзу құралы, аэробутты технологиялар, экологиялық мониторинг, жасыл технологиялар, мәліметтер базасы.

The Tasks of Creating a Robotic Complex and a Database for Environmental Monitoring

¹MUNTAYEV Nurzhan, doctoral student, turok_888@mail.ru,

¹*ZHARTYBAYEVA Makpal, PhD, Senior Lecturer, makkenskii@mail.ru,

¹ORALBEKOVA Zhanar, PhD, acting Associate Professor, oralbekova@bk.ru,

¹LAMASHEVA Zhanar, PhD, Senior Lecturer, zhanarlb@mail.ru,

²SYDYBAYEVA Madina, Master, Senior Lecturer, m.sydybayeva@gmail.com,

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, 010008, Nur-Sultan, Satpayev Street, 2,

²Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev, Kazakhstan, 050013, Almaty, A. Baitursynova Street, 126/1,

*corresponding author.

Abstract. The purpose of the study is to determine the tasks of creating a robotic complex and a database for environmental monitoring. Problems in the field of environmental monitoring of water resources are considered. The main approaches to research are described. The ways of achieving the research goal by means of logically interconnected, sequential tasks are presented. A list of assigned tasks with measurable indicators of solving the problem is presented, as well as a brief substantiation of the role of each of the tasks in achieving the research goal and the relationship with other tasks.

Keywords: unmanned swimming vehicle, airboat technologies, environmental monitoring, green technologies, databases.

REFERENCES

1. Proryv na rudnike Samarco v Brazili – krupneyshaya katastrofa v istorii, IA REGNUM. <https://regnum.ru/news/2056486.html>, [data obrashcheniya 02.04.2020].
2. Gallyamova A.G. Istoriya Tatarstana i tatarskogo naroda. 1917-2013 gg.: ucheb. posobiye / A.G. Gallyamova, A.SH. Kabirova, A.A. Ivanov, R.B. Gaynetdinov, I.R. Minnullin, L.I. Almazova. – Kazan': Publ. Kazan. un-ta, 2014. – 436 p.
3. Natsional'nyy doklad o sostoyanii okruzhayushchey sredey i ispol'zovanii prirodnikh resursov za 2011-2014 gody http://ecogofond.kz/wp-content/uploads/2018/03/NDSOS_2011-2014.pdf (data obrashcheniya 12.06.2020).
4. Ryabtsev A.D. Bezopasnost' gidrotekhnicheskikh sooruzheniy, Balkash-Alakol'skiy Basseynovyy Sovet, 23 zasedaniye. Almaty, 2016.
5. Irish, J.L. and White, T.E., 1998. Coastal Engineering Applications of High-Resolution LIDAR Bathymetry. Coastal Engineering, Vol. 35, No., pp. 47-71.
6. Integration of Bathymetric and Topographic LIDAR: A Preliminary Investigation. Available from: https://www.researchgate.net/publication/254415921_Integration_of_Bathymetric_and_Topographic_LIDAR_A_Preliminary_Investigation [accessed Aug 3 2020].
7. Turton, D., 2006. Factors Influencing ALS Accuracy. Scanning the Horizons. Vol. 3, No. 5. Wozencraft, J.M., 2003. SHOALS Airborne Coastal Mapping: Past, Present and Future. Journal of Coastal Research, Vol., No. Special Issue 38, pp. 207-216. Wozencraft, J.M. and Millar, D., 2005. Airborne LIDAR and Integrated Technologies for Coastal Mapping and Nautical Charting. Marine Technology Society Journal, Vol. 39, No. 3, pp. 27-35.
8. Ki In BangKi In Bang, New Approaches for LiDAR System Calibration, Conference: The 2011 Conference of Korea Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography, April 2011.
9. Karaushev A.V. Rechnaya gidravlika. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1969. 416 p.
10. Luchshyeva A.A. Prakticheskaya gidrometriya. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1972. 296 p.
11. Avtomatizirovannaya gidrometeorologicheskaya sistema. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1970. 216 p.
12. Vasil'yev A.V. Gidrometriya. Leningrad: Gidrometeoizdat. 1990. 2-ya liniya, 23. 444 p.
13. Malakoff, D. 2004. Profi le: Dave Rosgen- e river doctor. Science 305:937-939. doi:10.1126/science.305.5686.937
14. J. Bergfur B., O.L. Demars, M.I. Stutter, S.J. Langan, N. Friberg. The Tarland Catchment Initiative and Its Effect on Stream Water Quality and Macroinvertebrate Indices, First published: 01 March 2012 <https://doi.org/10.2134/jeq2010.0537>
15. Larsen, S., and S.J. Ormerod. 2010a. Low-level effects of inert sediments on temperate stream invertebrates. Freshwater Biol. 55:476–486. doi:10.1111/j.1365-2427.2009.02282.x

RSSI Performance of Maturity Sensor Based on LoRaWAN Network

¹UTEPOV Yelbek, PhD, Associate Professor, utepov-elbek@mail.ru,

²ANISKIN Aleksej, Dr. Tech. Sci., Assistant Professor, aaniskin@unin.hr,

¹TULEBEKOVA Assel, PhD, Associate Professor, krasavka5@mail.ru,

^{1*}ZHARASSOV Shyngys, doctoral student, zhshzh95@gmail.com,

³ALDUNGAROVA Aliya, PhD, Associate Professor, liya_1479@mail.ru,

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, 010008, Nur-Sultan, Satpayev Street, 2,

²University North, Croatia, 48000, Koprivnica, Zarka Dolinara Street, 1,

³Toraighyrov University, Kazakhstan, 140008, Pavlodar, Lomov Street, 64,

*corresponding author.

Abstract. This paper aims to evaluate the quality of wireless communication via LoRa protocol in maturity sensors BDM-1 of the author's design. The object of the study is the characteristics of continuity of a given measurement interval and the power of the data transmission signal. Experimental studies with immersion of a maturity sensor in a concrete sample and monitoring of its hardening temperature for 16 days were conducted. From 11 days of curing, the concrete sample was transported and held at different distances from the base station, divisible by a 30 m interval, in order to measure the signal strength of the data transmission. For this experiment, two trajectories for transporting the concrete sample in an urban environment were determined – with and without obstacles. The results of the monitoring confirmed the variability of the measurement intervals, as well as determined the signal strength at different distances and the signal range. Analysis of these results allowed expressing the relationship between the signal strength and distance for the maturity sensor BDM-1, applicable in practice on construction sites.

Keywords: LoRa, IoT, RSSI, maturity sensor, signal strength, obstruction.

Introduction

Construction is one of the few areas where the introduction of new technologies is proceeding at a rapid pace. Many of them are focused on restructuring the organization of economic and technological processes. The ultimate goal of all these implementations is to form a product that will eliminate the need for human involvement in some of the activities and operations. This concept is reflected in the term Internet of Things (IoT). It was first formulated and applied by Kevin Ashton, the founders of the Auto-ID research group at the Massachusetts Institute of Technology (MIT). The new direction began to rapidly gain momentum in the early 2000s; the first extensive articles and publications in academia began to appear [1-3]. As time passed, IoT technologies conventionally split into many groups and subgroups (Table 1) [4].

This article discusses the technological capabilities of the author's development belonging to the subgroup Building and home automation of IoT classification. The development represents a maturity sensor BDM-1, designed for wireless temperature monitoring and concrete strength control by the maturity method [7]. When developing it, one of the important components was the choice of wireless

communication technology. Such technologies as LoRa, SIGFOX, NB-IoT, and Weightless P were considered. WiFi and Bluetooth were ignored due to negative experiences with foreign analogues of maturity sensors [8-10].

The widespread use of radio-frequency identification for the interaction of objects requires a stable and reliable connection between themselves and with the external environment. For this reason, there are a large number of Low Power Wide Area Networks (LPWAN) [11]. One of them is LoRaWAN (or LoRa), a product of the fast-growing LoRa Alliance. The developers of this technology justify the obvious advantages of this system compared to Wi-Fi and Bluetooth [12]. The existing Machine-to-Machine (M2M) interconnection between boards allows a range of up to 20 km at about 50 kbit/s with minimal power consumption [13]. Another private company, SIGFOX, has focused its LPWAN development on the creation of a worldwide network. This network has a similar infrastructure to GSM and GPRS using 3G and 4G connections, but is more energy efficient and less expensive. The third LPWAN technology called NB-IoT is characterized by the ability to implement rapid upgrades to existing networks and a 10-year warranty on battery life. Ubiik's Weightless standard

has made it a leader in LPWAN networks by clearly separating the protocol for its different user segments. Weightless: H, W, P – designed for oil and gas, operational-one-way and two-way communications, respectively [14]. The latter protocol covers a greater number of devices than the previous two. It is worth noting that the range of all networks is distorted in urban areas, so in the example of SIGFOX technology, the coverage area in rural areas is 30-50 km, and in urban areas is reduced to 3-10 km [11]. More detailed

characteristics of the considered wireless technologies are shown in Table 2 below.

Thus, the technical characteristics listed above form the value of each device working on the concept of IoT [4]. However, as can be seen from the table above, only LoRa technology is suitable for the Asian region in terms of frequency, which was the choice for the design of the maturity sensor.

The next step was to validate the adequacy of the signal strength received from the BDM-1.

Table 1 – Classification of IoT [4]

№	Applications	№	Sub-Applications
1	Consumer applications	1	Smart home
		2	Elder care
2	Organizational applications	3	Medical and healthcare
		4	Transportation
		5	V2X communications
		6	Building and home automation
3	Industrial applications	7	Manufacturing
		8	Agriculture
		9	Food
		10	Maritime
4	Infrastructure applications	11	Metropolitan scale deployments
		12	Energy management
		13	Environmental monitoring
5	Military applications	14	Internet of Battlefield Things
		15	Ocean of Things
		16	Product digitisation

Table 2 – Comparison of technical characteristics of LPWAN networks [11]

№	Parameter	Технологии беспроводной связи			
		LoRa	SIGFOX	NB-IoT	Weightless P
1	Modulation method	CSS	–	OFDMA/DSSS	FDMA/TDMA
2	Diapason	ISM	ISM	Licensed	ISM
3	Speed	0,3–50 kbps	100 kbps	UL: 1–144 kbps DL: 1–200 kbps	0,2–100 kbps (adaptive)
4	Band	Wideband up to 500 kHz	Narrowband up to 100 kHz	Narrowband up to 200 kHz	Narrowband up to 12,5 kHz
5	Autonomy time	> 10 лет	–	До 10 лет	3–5 лет
6	Frequency	868,8 MHz (Europe) 915 MHz (USA) 433 MHz (Asia)	868,8 MHz (Europe) 915 MHz (USA)	700 / 800 / 900 MHz	169 / 433 / 470 / 780 / 868 / 915 / 923 MHz
7	Safety	AES-64 & 128 bit	AES, HMACs	–	AES-128 / 256
8	Range	Up to 2.5 km in the city, up to 45 km outside the city	Up to 10 km in the city, up to 50 km outside the city	–	Up to 2 km in the city
9	Support	LoRa Alliance, IBM, Cisco...	SigFox, Samsung	3GPP, Nokia, Huawei, Intel...	Ubiik Weightless SIG

Terminologically, the signal strength is commonly referred to as the «Received Signal Strength Index» (RSSI). Its classical scheme of behavior is shown in Figure 1 [15-19]. RSSI results reflect the strength of the received signal measured in dBm relative to 1 mW, and in the case when the power is below 1 mW, the RSSI in dBm takes a negative value. And for this reason, the closer its value to zero, the better the signal (Figure 2) [20].

To test the signal strength, the authors recreated the field conditions under which the maturity sensors are operated. Since the operating conditions of the maturity sensors involve immersion in concrete, in order to test their signal strength at different distances, it was decided to embed BDM-1 in a small cubic sample for its mobility. In addition to the distance, the signal strength can also be affected

by various obstacles in the urban infrastructure, which presumably can also affect the loss of signal at a certain point in time. In other words, a given measurement interval of 30 minutes for the BDM-1 may be disrupted. In this regard, the purpose of this study is to evaluate the quality of wireless communication via LoRa protocol in the BDM-1 maturity sensors. The object of the study is the data transmission interval and signal strength.

Materials and methods

The experimental part of the study covered several locations: the monitoring station, the laboratory and the urban environment. The following components had to be prepared for the experiment (Table 3).

The computer and the base station were located in a monitoring station that had a stable and constant

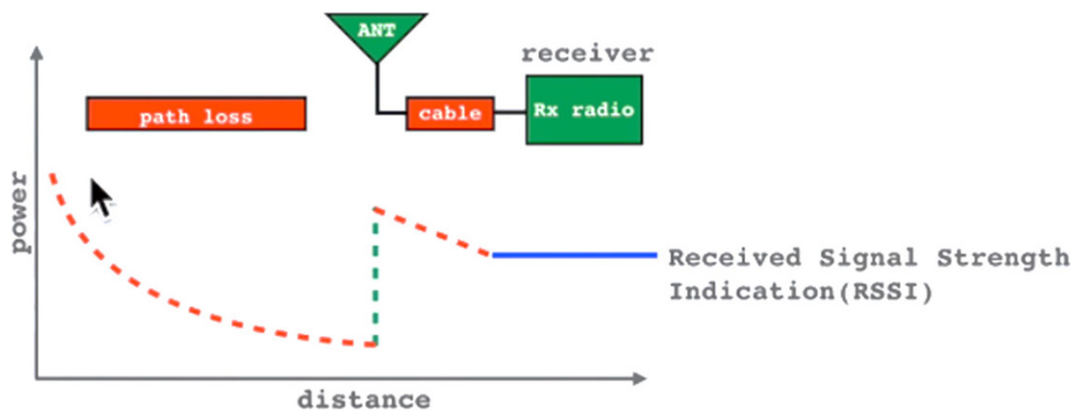


Figure 1 – RSSI behavior [15]

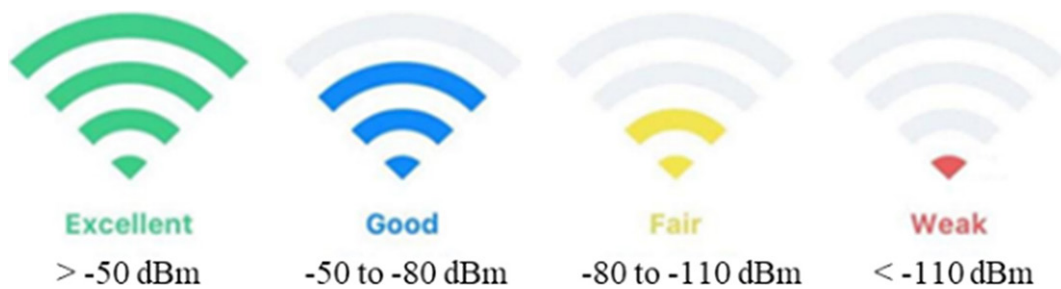


Figure 2 – RSSI range [20]

Table 3 – Equipment for the experiment

No	Materials and equipment	Unit	Quantity
1	Computer	pcs	1
2	BDM-1 maturity sensor	pcs	1
3	Base station	pcs	1
4	Concrete (B25 M350)	m3	0,008
5	Formwork (20x20x20 cm)	pcs	1
6	Vibrating table	pcs	1

electrical and Internet connection (Figure 3). Since the monitoring data coming from the BDM-1 to the base station was visualized on the computer through the server software, which is accessed through an Internet browser. To establish communication between all three components, a virtual project was created in the server software, in which the serial number of the experimental BDM-1 was entered. Next, by activating the maturity sensor, a communication verification was performed. The measurement data successfully passed through the base station and was visualized in the software (Figure 3).

In order to simulate realistic operating conditions of the BDM-1, the dimensions of the 20x20x20 cm formwork for making a concrete sample in the laboratory were selected so that the distance from the LoRa chip inside the BDM-1 body to the walls of the sample exceeded 5 cm. Since foreign manufacturers recommend immersing their maturity sensors no deeper than 5 cm [8-10]. Installation of the sensor in the center of the formwork was carried out by fixing it to the reinforcing bar with a tying wire (Figure 4).

After installing the sensor in the design position, the entire cycle accompanying the concrete work at the construction site was executed (Figure 5), i.e. batching the concrete mixture, followed by laying and

compaction. But a vibrating table was used to compact the mixture in the sample. For the experiment, it was important to achieve the density and strength of the concrete in the sample, which is achieved in commercial concrete B25 M350, used on construction sites on a large scale. Because the density also affects the strength of the transmitted signal, and BDM-1 was designed specifically for heavy commercial concrete with a density of 1800 to 2500 kg/m³. It was also important to test the performance of the BDM-1 under the influence of vibration loads: the reliability of groove joints of various components inside the casing of the BDM-1, tightness and durability of the casing. And in this regard, vibro-compacting was an integral part of this experiment (Figure 5).

The point of reference for monitoring the temperature of concrete curing in the sample with the BDM-1 was taken as the moment of completion of vibration compaction. From this point, the sensor successfully transmitted data for 16 days. The first 11 days, of which the sample was stored in the laboratory at 20°C and natural humidity. The remaining 5 days the sample was kept in ambient conditions (in summer) and transported at different distances from the monitoring station in order to determine signal strengths in the presence and absence of urban

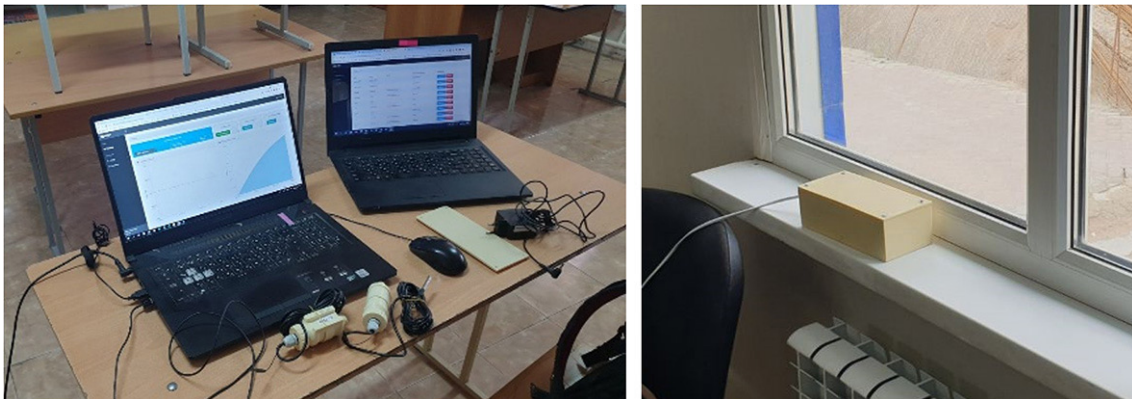


Figure 3 – Monitoring station



Figure 4 – Installation of the maturity sensor in the formwork

obstacles. The interval of distances at which the signal strength was measured was 30 m. And the distance was increased until the final loss of signal for both conditions (with and without obstacles) occurred.

When analyzing the result of monitoring the concrete curing temperature obtained from the experiment, special attention was paid to the time and interval of the received data (equivalent to the signal transmission interval), which was naturally disrupted. Apparently, this was due to the weakening of the signal strength at one or another point in time. Based on the results of the signal strength analysis, distance and signal strength relationships were obtained for conditions with and without obstacles.

Results and Discussion

Figure 6 shows the result of monitoring the curing temperature of concrete in a cubic sample.

As can be seen in the graph, there is a certain dynamics of curing temperature values associated with the transition from daytime to nighttime and vice versa. There are also small jumps and uniform

drops associated with the exothermic process occurring in the body of concrete. During the first 11 days, the temperature fluctuated within $20\pm 1^\circ\text{C}$. With the transition to the urban environment there is a sharp rise in curing temperature up to 29°C and fluctuates depending on the time of day by $2-3^\circ\text{C}$. This is understandable, since the experiments were conducted in the summer, when the temperature during the day could reach 30°C . In the figures on the right one can notice an identical temperature graph obtained from the server temperature monitoring software.

By calculating the difference between each subsequent and previous time value, the signal arrival intervals for each fact of data transmission are estimated (Figure 7).

According to the graph of intervals, it can be seen that the initially set interval of 30 minutes deviated on average by 200 seconds and is in the range of 33 minutes 20 ± 10 seconds. Also, large deviations from 1 hour and above are noticed. If neglecting deviations of 200 seconds, the rest can be classified into 4



Figure 5 – Concrete pouring into the formwork and vibro-compacting

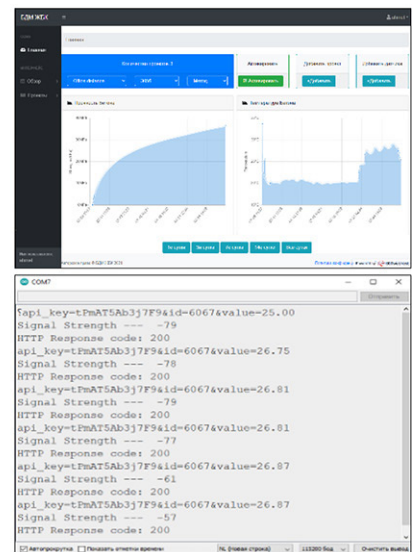
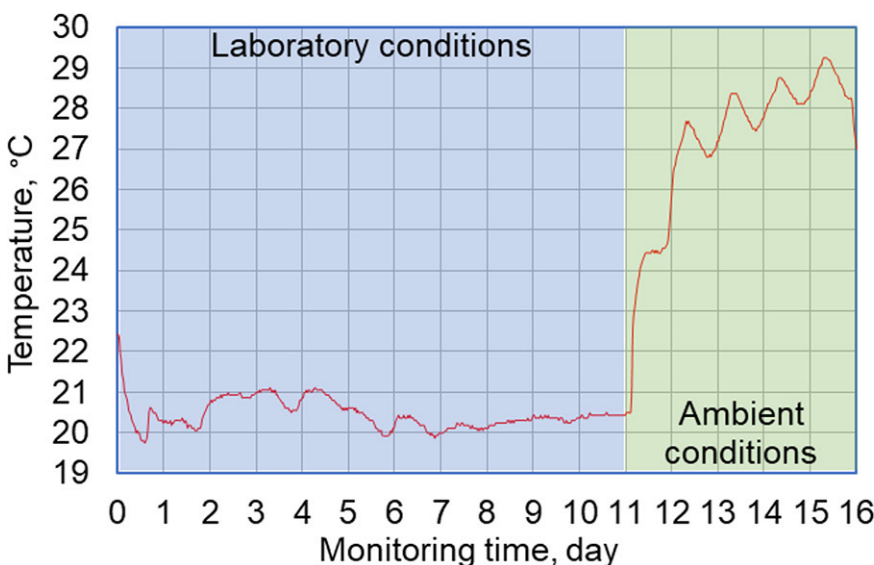


Figure 6 – Curing temperature monitoring

categories with deviations greater than 0.5, 1, 2, and 2.5 hours, respectively (Figure 8).

The pie chart shows that most of the data (93.9%) were transmitted in the normal time interval. 4.7% were transmitted more than 0.5 hours late, 0.6% by 1 hour, 0.2% and 0.3% by 2 and 2.5 hours respectively. Deviations occurring on day 11-12 of concrete curing can be explained with the transportation of the concrete sample from the laboratory to the urban environment. However, the question arises about the deviations that occurred before 11 days. This may be due to the exothermic reaction occurring in the body of the concrete sample. For instance, comparing Figures 6 and 8, a certain pattern of deviations in the measurement intervals can be observed, especially on days 2-5 of curing, in which there is a consolidation of interval deviations by more than 0.5 hours. Also, it can be assumed that the activation energy of the reaction in some way affects the radiocommunication, and thus on the interval of measurements.

The results of the study of the transmitted signal strength from the maturity sensor embedded in the

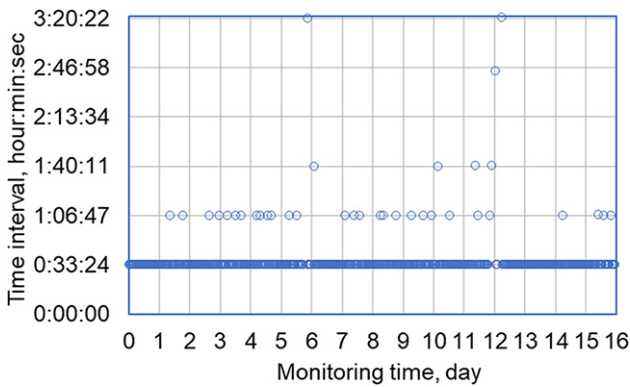


Figure 7 – Data arrival intervals

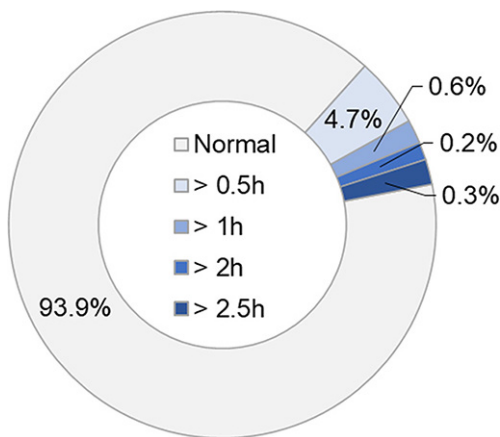


Figure 8 – Percentage of deviated reading interval

concrete sample are shown in Figure 9.

In the figure above, the left part of the map shows the trajectory of transporting a concrete sample through obstacles, and on the right without obstacles. The maximum signal ranges reached 270 m without obstacles and 90 m with obstacles, respectively. In the graph below different colors are used to show which of the intervals on the RSSI scale belong to which particular distances from which signal strengths were measured. As it turned out, being embedded in the concrete and taking into account the obstacles, a reliable connection is held only at a distance of 30-60 meters. In the realities of the construction site, this means that the base station, which collects data from the maturity sensors, will need to be installed, not exceeding this distance interval.

For the purpose of practical determination of the signal strength of BDM-1 its dependencies on the distance in conditions of obstacles and without were expressed (Figure 10).

The expressed dependencies are represented by a polynomial quadratic function and have high coefficients of determination close to one, which indicates their reliability.

The results obtained in the study have prompted the need for further research in this direction and will be aimed at studying the effect of activation energy of the reaction on radio communication and the quality of the transmitted signal of maturity sensors. It is also planned to further upgrade the technical capabilities of the wireless communication module of maturity sensors by strengthening the antenna and electronic circuitry.

Conclusion

This paper presents the results of experimental studies of the quality of the transmitted signal of the maturity sensor of the author's development BDM-1, implementing wireless LoRa communication technology.

Monitoring of the concrete curing temperature using the BDM-1 revealed unevenness in the interval of measurement data receipt, due to the regular signal losses; more than 6% of the data were transmitted with a delay of 0.5 to 2.5 hours.

A study of RSSI at different distances revealed signal ranges of the BDM-1 with obstacles up to 90 m and without obstacles up to 270 m. At the same time, satisfactory range intervals were 30-60 m and 60-240 m, respectively.

Expressed the dependence of RSSI-Distance for the conditions of data transmission with and without obstacles, applicable in practice on construction sites when selecting a place to install a base station.

It was decided to strengthen (improve) the antenna of BDM-1 and the base station in order to increase the strength of the transmitted signal.

Acknowledgments

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant №AP08052033).

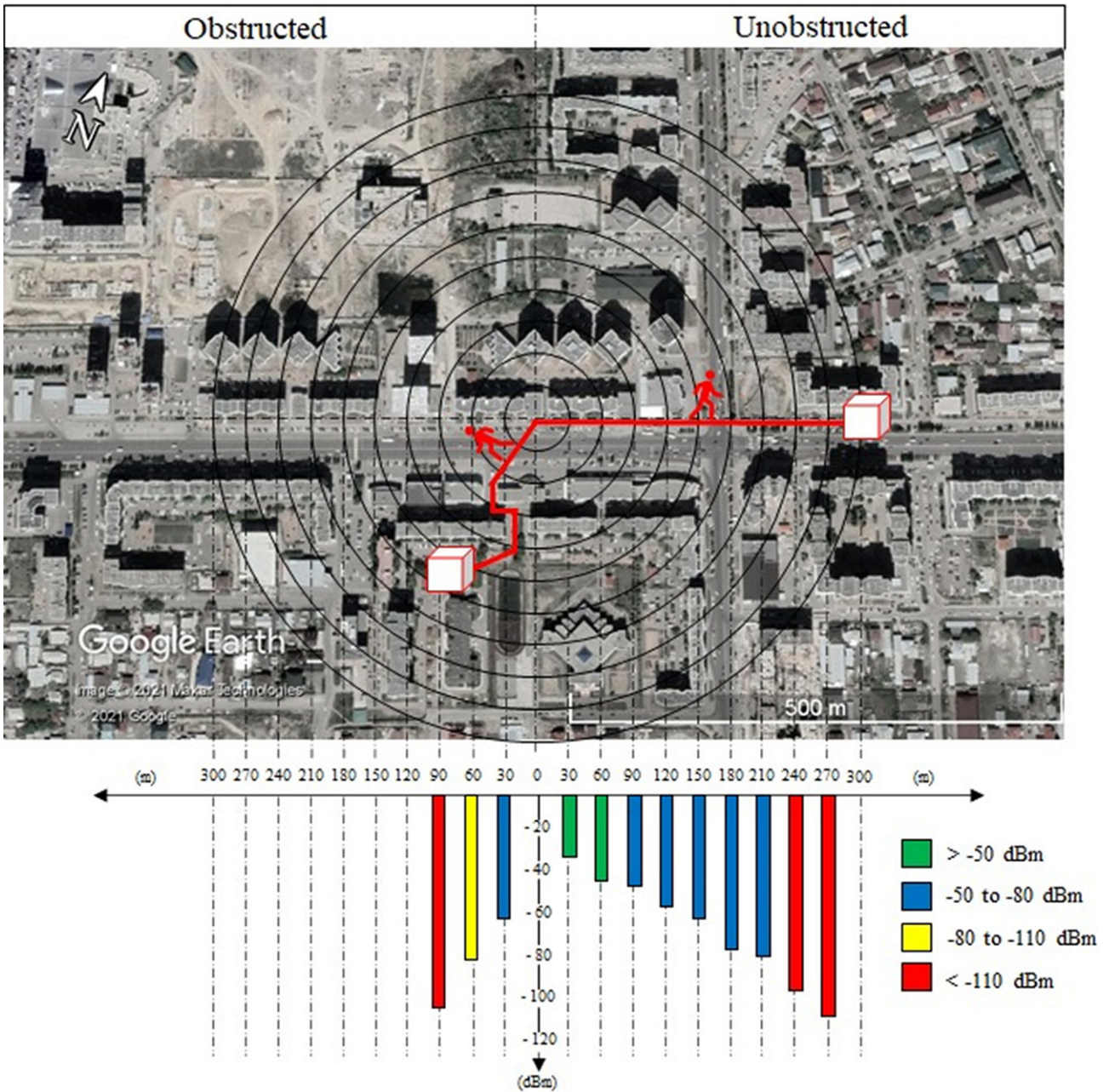


Figure 9 – RSSI vs Distance

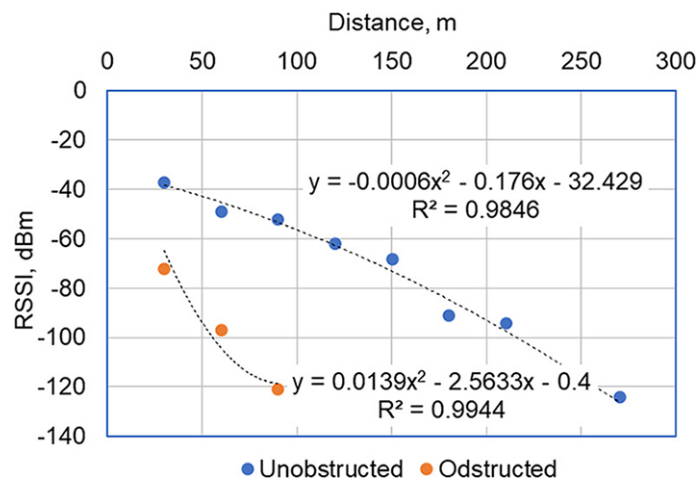


Figure10 – RSSI-Distance relationships

REFERENCES

1. Kranenburg R. The Internet of Things. Amsterdam, The Netherlands, 2008. 1-61 p.
2. Vimala T., Rajaram U. Analysis of RSSI in diverse field // International Conference on Information Communication and Embedded Systems (ICICES2014). Chennai, INDIA: IEEE, 2014. P. 1-3.
3. NIC. Disruptive Civil Technologies. Six Technologies With Potential Impacts on US Interests Out to 2025. 2008. 27-31 p.
4. Gershenfeld N., Krikorian R., Cohen D. The Internet of Things // Sci. Am. 2004. Vol. 10. P. 76-81.
5. Uteпов Y. et al. Prototyping an embedded wireless sensor for monitoring reinforced concrete structures // Comput. Concr. 2019. Vol. 24, No. 2. P. 95-102.
6. Uteпов Y. et al. DURABILITY TESTING OF THE CONCRETE MATURITY SENSOR HOUSING MADE OF TWO-COMPONENT PLASTIC // Eurasian Phys. Tech. J. 2021. Vol. 18, No. 3.
7. ASTM C1074. Standard Practise for Estimating Concrete Strength by the Maturity Method. 2019.
8. Walsh D. IoT Hero from Giatec Develops "SmartRocks" with Bluetooth [Electronic resource] // Giatec Scientific. 2015. URL: https://www.silabs.com/community/blog.entry.html/2016/01/18/iot_hero_from_giatec-Av1P (accessed: 28.07.2021).
9. Giatec. The World's Leading Wireless Sensor for Temperature and Strength Monitoring [Electronic resource] // Smart Construction Testing Technologies. 2021. URL: <https://www.giatecscientific.com/products/concrete-sensors/smartrock-maturity-meter/> (accessed: 28.07.2021).
10. Hilti. Help finish projects faster and under budget with Hilti Concrete Sensors [Electronic resource] // Hilti Concrete Sensors. 2018. URL: <https://www.hilti.com/content/hilti/W1/US/en/services/tool-services/internet-of-things/concrete-sensors.html> (accessed: 27.07.2021).
11. Kumaritova D., Kirichek R. Overview and comparative analysis of LPWAN network // Telecom IT. 2016. Vol. 4, No. 4. P. 33-48.
12. Cabrera-Goyes E., Ordóñez-Camacho D. Indoors positioning with Android, Bluetooth and RSSI // Enfoque UTE. 2018. Vol. 9, No. 1. P. 118-126.
13. Basu S.S. et al. An End-To-End LwM2M-Based Communication Architecture for Multimodal NB-IoT/BLE Devices // Sensors. 2020. Vol. 20, No. 8. P. 2239.
14. Chaudhari B.S., Zennaro M., Borkar S. LPWAN Technologies: Emerging Application Characteristics, Requirements, and Design Considerations // Futur. Internet. 2020. Vol. 12, No. 3. P. 46.
15. Gualda D. et al. RSSI distance estimation based on Genetic Programming // International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation. Montbeliard Belfort, FRANCE: IEEE, 2013. P. 1-8.
16. Zheng J. et al. The Study of RSSI in Wireless Sensor Networks // Advances in Intelligent Systems Research. Beijing, CHINA: AIIIE, 2016. P. 207-209.
17. Yoppy, RH. Arjadi, H. Candra, HD. Prananto T.W. RSSI Comparison of ESP8266 Modules // Electrical Power Electronics Communications Controls and Informatics Seminar. Batu, INDONESIA: IEEE, 2018. P. 150-153.
18. M. Jusoh, T. Sabapathy, KNFK. Azir, MS. Shakhirul, CBM. Rashidi A.R. Adaptive Beam Steering: RSSI Performance // 2nd International Conference Computer Communications Control Technology / ed. HA. BinSulaiman. Kuching, MALAYSIA: I4CT, 2015.
19. Wattananavin T. et al. Reduction of RSSI variation and position estimation error caused by human movements in an RSSI-based indoor localization system // SURANAREE J. Sci. Technol. 2019. Vol. 26, No. 3. P. 266-277.
20. Tan Z.A. et al. Analysis on LoRa RSSI in Urban, Suburban, and Rural Area for Handover Signal Strength-Based Algorithm. // IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 2019. Vol. 705. P. 012012.

LoRaWAN желісіне негізделген RSSI жетілу сенсорының өнімділігі

¹УТЕПОВ Елбек Бахитович, PhD, доцент, utepov-elbek@mail.ru,

²АНИСКИН Алексей, т.ғ.д., ассистент профессоры, aaniskin@unin.hr,

¹ТУЛЕБЕКОВА Асель Сериковна, PhD, доцент, krasavka5@mail.ru,

^{1*}ЖАРАСОВ Шынғыс Жарасович, докторант, zhshzh95@gmail.com,

³АЛДУНГАРОВА Алия Кайратовна, PhD, қауымдастырылған профессор, liya_1479@mail.ru,

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, 010008, Нұр-Сұлтан, Сәтпаев көшесі, 2,

²Солтүстік университеті, Хорватия, 48000, Копривница, Зарка Долина көшесі, 1,

³Торайғыров университеті, Қазақстан, 140008, Павлодар, Ломов көшесі, 64,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Бұл жұмыстың мақсаты BDM-1 авторлық датчиктеріндегі LoRa протоколы бойынша сымсыз байланыс сапасын бағалау болып табылады. Зерттеу объектісі берілген өлшеу аралығының үздіксіздігінің сипаттамаларын және деректерді беру сигналының қуаты болып қабылданды. Тәжірибелік зерттеулер жетілу сенсорын бетон үлгісіне батыру және оның қату температурасын 16 күн бойы бақылау арқылы жүргізілді. Қатаудың 11 күнінен бастап бетон үлгісі деректерді беру сигналының қуатын өлшеу үшін базалық станциядан 30 м аралыққа дейінгі әртүрлі қашықтықта тасымалданды және сақталды. Бұл эксперимент үшін бетон үлгісін қалалық ортада – кедергілері бар және кедергісіз тасымалдаудың екі жолы анықталды. Мониторинг нәтижелері өлшеу аралықтарының сәйкес еместігін растады, сонымен қатар әртүрлі қашықтықтардағы сигналдың қуатын және сигналдың әрекет ету радиусын анықтады. Осы нәтижелерді талдау құрылыс алаңдарында практикада қолданылатын BDM-1 жетілу сенсоры үшін сигнал қуатының қашықтыққа тәуелділігін білдіруге мүмкіндік берді.

Кілт сөздер: LoRa, IoT, RSSI, жетілу сенсоры, сигнал күші, кедергілер.

Производительность RSSI датчика зрелости на основе сети LoRaWAN

¹УТЕПОВ Елбек Бахитович, PhD, доцент, utepov-elbek@mail.ru,

²АНИСКИН Алексей, д.т.н., ассистент профессор, aaniskin@unin.hr,

¹ТУЛЕБЕКОВА Асель Сериковна, PhD, доцент, krasavka5@mail.ru,

^{1*}ЖАРАСОВ Шынғыс Жарасович, докторант, zhshzh95@gmail.com,

³АЛДУНГАРОВА Алия Кайратовна, PhD, ассоциированный профессор, liya_1479@mail.ru,

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, 010008, Нур-Султан, ул. Саптаева, 2,

²Университет Север, Хорватия, 48000, Копривница, ул. Зарка Долина, 1,

³Торайгыров университет, Казахстан, 140008, Павлодар, ул. Ломова, 64,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Целью данной работы является оценка качества беспроводной связи по протоколу LoRa у датчиков зрелости БДМ-1 авторской разработки. Объектом исследования приняты характеристики непрерывности заданного интервала измерений и мощность сигнала передачи данных. Проведены экспериментальные исследования с погружением датчика зрелости в бетонный образец и мониторингом температуры его твердения в течение 16 суток. С 11 суток твердения бетонный образец транспортировался и придерживался на различных дистанциях от базовой станции, кратных интервалу 30 м, с целью замера мощности сигнала передачи данных. Для данного эксперимента были определены две траектории транспортировки бетонного образца в городской среде – с препятствиями и без препятствий. Результаты мониторинга подтвердили непостоянство интервала измерений, а также определили мощности сигнала на различных дистанциях и радиус действия сигнала. Анализ данных результатов позволил выразить зависимость мощности сигнала от дистанции для датчика зрелости БДМ-1, применимый на практике на стройплощадках.

Ключевые слова: LoRa, IoT, RSSI, датчик зрелости, мощность сигнала, препятствия.

REFERENCES

1. Kranenburg R. The Internet of Things. Amsterdam, The Netherlands, 2008. 1-61 p.
2. Vimala T., Rajaram U. Analysis of RSSI in diverse field // International Conference on Information Communication and Embedded Systems (ICICES2014). Chennai, INDIA: IEEE, 2014. P. 1-3.
3. NIC. Disruptive Civil Technologies. Six Technologies With Potential Impacts on US Interests Out to 2025. 2008. 27-31 p.
4. Gershenfeld N., Krikorian R., Cohen D. The Internet of Things // Sci. Am. 2004. Vol. 10. P. 76-81.
5. Uteпов Y. et al. Prototyping an embedded wireless sensor for monitoring reinforced concrete structures // Comput. Concr. 2019. Vol. 24, No. 2. P. 95-102.
6. Uteпов Y. et al. DURABILITY TESTING OF THE CONCRETE MATURITY SENSOR HOUSING MADE OF TWO-COMPONENT PLASTIC // Eurasian Phys. Tech. J. 2021. Vol. 18, No. 3.
7. ASTM C1074. Standard Practise for Estimating Concrete Strength by the Maturity Method. 2019.
8. Walsh D. IoT Hero from Giatec Develops "SmartRocks" with Bluetooth [Electronic resource] // Giatec Scientific. 2015. URL: https://www.silabs.com/community/blog.entry.html/2016/01/18/iot_hero_from_giatec-Av1P (accessed: 28.07.2021).
9. Giatec. The World's Leading Wireless Sensor for Temperature and Strength Monitoring [Electronic resource] // Smart Construction Testing Technologies. 2021. URL: <https://www.giatecscientific.com/products/concrete-sensors/smartrock-maturity-meter/> (accessed: 28.07.2021).
10. Hilti. Help finish projects faster and under budget with Hilti Concrete Sensors [Electronic resource] // Hilti Concrete Sensors. 2018. URL: <https://www.hilti.com/content/hilti/W1/US/en/services/tool-services/internet-of-things/concrete-sensors.html> (accessed: 27.07.2021).
11. Kumaritova D., Kirichek R. Overview and comparative analysis of LPWAN network // Telecom IT. 2016. Vol. 4, No. 4. P. 33-48.
12. Cabrera-Goyes E., Ordóñez-Camacho D. Indoors positioning with Android, Bluetooth and RSSI // Enfoque UTE. 2018. Vol. 9, No. 1. P. 118-126.
13. Basu S.S. et al. An End-To-End LwM2M-Based Communication Architecture for Multimodal NB-IoT/BLE Devices // Sensors. 2020. Vol. 20, No. 8. P. 2239.
14. Chaudhari B.S., Zennaro M., Borkar S. LPWAN Technologies: Emerging Application Characteristics, Requirements, and Design Considerations // Futur. Internet. 2020. Vol. 12, No. 3. P. 46.
15. Gualda D. et al. RSSI distance estimation based on Genetic Programming // International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation. Montbeliard Belfort, FRANCE: IEEE, 2013. P. 1-8.
16. Zheng J. et al. The Study of RSSI in Wireless Sensor Networks // Advances in Intelligent Systems Research. Beijing, CHINA: AII, 2016. P. 207-209.
17. Yoppy, R.H. Arjadi, H. Candra, H.D. Prananto T.W. RSSI Comparison of ESP8266 Modules // Electrical Power Electronics Communications Controls and Informatics Seminar. Batu, INDONESIA: IEEE, 2018. P. 150-153.
18. M. Jusoh, T. Sabapathy, KNFK. Azir, MS. Shakhirul, CBM. Rashidi A.R. Adaptive Beam Steering: RSSI Performance // 2nd International Conference Computer Communications Control Technology / ed. HA. BinSulaiman. Kuching, MALAYSIA: I4CT, 2015.
19. Wattananavin T. et al. Reduction of RSSI variation and position estimation error caused by human movements in an RSSI-based indoor localization system // SURANAREE J. Sci. Technol. 2019. Vol. 26, No. 3. P. 266-277.
20. Tan Z.A. et al. Analysis on LoRa RSSI in Urban, Suburban, and Rural Area for Handover Signal Strength-Based Algorithm. // IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 2019. Vol. 705. P. 012012.

Определение индукции магнитного поля снаружи оболочки трехфазного токопровода

¹*МАШРАПОВ Бауыржан Ерболович, PhD, ассоциированный профессор (доцент), bokamashrapov@mail.ru,

¹МУСАЕВ Жасулан Бакытжанович, докторант, zhaslan.mail.ru@mail.ru,

¹Торайгыров университет, Казахстан, 140008, Павлодар, ул. Ломова, 64,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Цель исследования – определить величины индукций магнитных полей, созданных токами в шинах комплектного трехфазного токопровода, действующих вдоль продольных осей катушек индуктивности, закрепленных снаружи оболочки этого токопровода. Описаны лабораторная установка и методика проведения экспериментов. Представлены результаты измерений индукций магнитного поля вокруг трех выпускаемых промышленностью России комплектных токопроводов на напряжение 10 кВ. Приведены результаты компьютерного моделирования этих магнитных полей и вокруг еще трех токопроводов на напряжение 10 кВ. Определены коэффициент экранирования оболочкой магнитного поля, созданного токами в шинах токопровода, а также поправочный коэффициент, учитывающий форму шин и, что ток в них переменный. Предложено рассчитывать индукцию магнитного поля, используя простейшую форму записи закона Био-Савара-Лапласа с введением указанных коэффициентов. Показано, что при построении защиты от коротких замыканий электроустановки с одиночным токопроводом целесообразно располагать катушки индуктивности напротив шин.

Ключевые слова: комплектный токопровод, магнитное поле, эксперимент, моделирование, катушка индуктивности, коэффициент экранирования, закон Био-Савара-Лапласа.

Введение

В подавляющем большинстве случаев для получения информации о токах в шинах электроустановок для нужд релейной защиты используют металлоемкие трансформаторы тока [1, 2]. Однако из-за присущих им общеизвестных недостатков неоднократно поднимался вопрос о необходимости их замены [3, 4]. В качестве такой замены, как показал анализ публикаций и патентная проработка, могут быть использованы магниточувствительные элементы: катушка Роговского [5], катушка индуктивности (КИ) [6], герконы [7] и т.д. Однако какой из них окажется предпочтительнее, можно будет судить только после длительного опыта эксплуатации. На основе магниточувствительных элементов уже разработаны защиты для некоторых электроустановок [8, 9, 10]. При этом вопросы построения защиты для электроустановок с комплектными токопроводами с тремя фазами в одной оболочке не рассматривались. Мы предполагаем их строить на катушках индуктивности, закрепленных снаружи оболочки токопровода. Поэтому в данной работе исследованы магнитные поля, действующие на них.

Исследование магнитного поля вокруг токопровода при протекании тока по его шинам Известно [7], что индукцию магнитного поля,

созданного токами в фазах A, B, C электроустановки можно рассчитать, используя закон Био-Савара-Лапласа, по формуле:

$$B_{np} = B_A + B_B + B_C = \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{\cos \alpha_A}{h_A} I_A + \frac{\cos \alpha_B}{h_B} I_B + \frac{\cos \alpha_C}{h_C} I_C \right), \quad (1)$$

где B_A, B_B, B_C – индукции магнитных полей, созданных токами в фазах A, B, C ; $\alpha_A, \alpha_B, \alpha_C$ – углы между продольной осью КИ 14 и векторами индукций B_A, B_B, B_C ; h_A, h_B, h_C – расстояния от осей фаз A, B, C до центра тяжести КИ 14.

Однако в (1) не учитывается влияние на величину индукции оболочки токопровода и перегородки внутри нее, формы шины (она не бесконечно длинный и тонкий проводник) и что ток переменный, а не постоянный.

Для исследования этого влияния и определения величины индукции магнитного поля, действующей вдоль продольной оси КИ 14, была собрана лабораторная установка (рисунок 1). Она содержит регулятор напряжения 1 (РН) TSGC2-30KVA, подключенный первичной обмоткой к источнику переменного тока 2 (ИП), а вторичной – с помощью кабелей 3 к первичной обмотке нагрузочного трансформатора 4 (НТ). Вторичная обмотка трансформатора 4 с помощью кабелей 5, пропущенных через окна трансформаторов тока 6

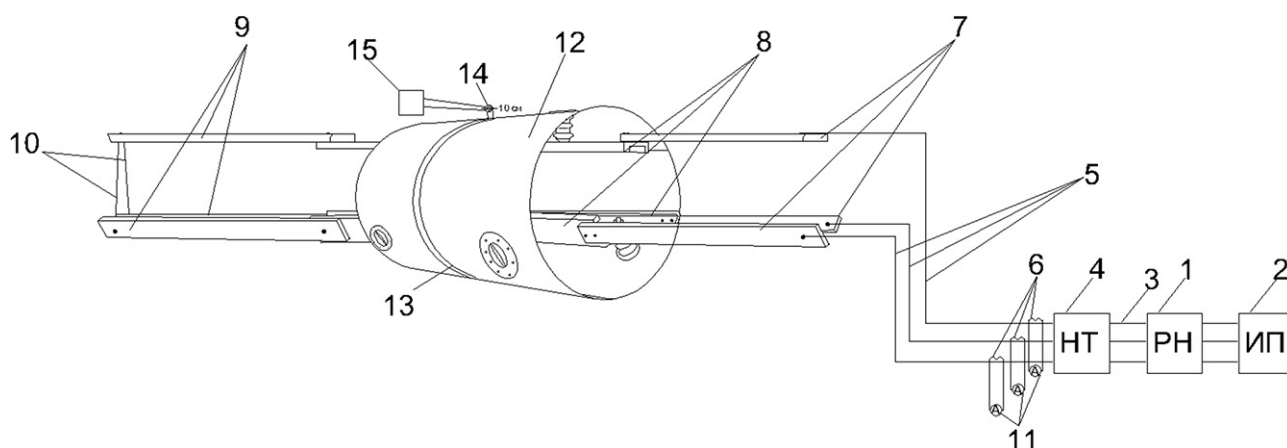


Рисунок 1 – Экспериментальная установка для исследования электромагнитного поля снаружи КТ

(типа ТТЭ 125 с коэффициентом трансформации 4000/5), и дополнительных шин 7 подключена к токоведущим шинам 8 комплектного токопровода (в экспериментах использовались токопроводы типа ТЗК-СЭЩ-10-1600-81, ТЗКР-СЭЩ-10-1600-81 УХЛ). С противоположной стороны к шинам 8 подключены шины 9, концы которых закорочены кабелем 10. К вторичным обмоткам трансформаторов тока 6 подключены мультиметры 11 типа Fluke 87V. На оболочке 12 токопровода закреплен с возможностью перемещения хомут 13, на котором установлена КИ 14 (с проводом ПЭВ-2-0,14 и количеством витков 6700). К выводам КИ 14 подключен мультиметр 15 типа Fluke 87V.

При проведении экспериментов катушку индуктивности 14 устанавливают в заданной точке снаружи оболочки 12 токопровода на расстоянии 10 см от нее. При этом также обеспечивается возможность изменения угла β в плоскости поперечного сечения токопровода между продольной осью КИ 14 и прямой, проходящей через ее центр тяжести и пересекающей ось оболочки 12 под прямым углом. Затем в шины 8 подают ток от 200 до 600 А с шагом 200 А. При этом в зависимости от имитируемого вида короткого замыкания (двухфазного или трехфазного) ток подают в две или три шины 8. Фиксируют электродвижущую силу (ЭДС) E , наведенную на выводах КИ 14 при $\beta = 0 \div 180^\circ$ (рисунок 2). Далее пересчитывают ЭДС в индукцию B по формуле [11]:

$$B = \frac{E}{2\pi f \omega S},$$

где f – частота переменного тока;
 ω – число витков катушки индуктивности;
 S – сечение магнитопровода;
 π – постоянная, $\pi = 3,14$.

Перемещают КИ 14 по окружности, описанной вокруг токопровода, на 10 см и снова выполняют измерения. Повторяют указанные операции при каждом виде имитируемого короткого замыкания. Убирают перегородку, и снова выполняют

измерения в этих же точках. Затем измеряют индукцию при отсутствии оболочки 12 токопровода. Также были проведены эксперименты с шинами различной площади поперечного сечения и формы (швеллер, труба). На рисунках 3,а и 3,б (по окружности указаны точки закрепления КИ 14 на оболочке) представлены зависимости величины индукции B от точки расположения КИ 14 при двухфазном и трехфазном коротких замыканиях при наличии оболочки (продольная ось КИ располагалась по касательной к окружности, описанной вокруг оболочки токопровода).

Ввиду отсутствия в лаборатории всех выпускаемых промышленностью комплектных токопроводов с тремя фазами в общей оболочке распределение магнитного поля для них было смоделировано в программе Ansys Maxwell. На рисунках 4,а и 4,б (точка «m» – место установки КИ 14) в качестве примера показано распреде-

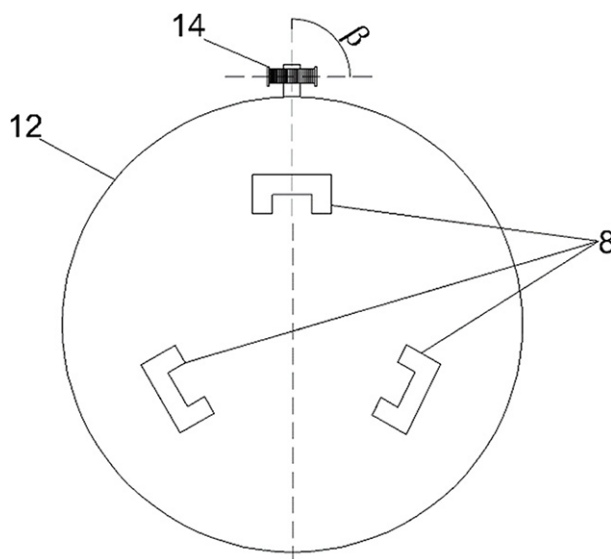


Рисунок 2 – Расположение КИ снаружи оболочки токопровода

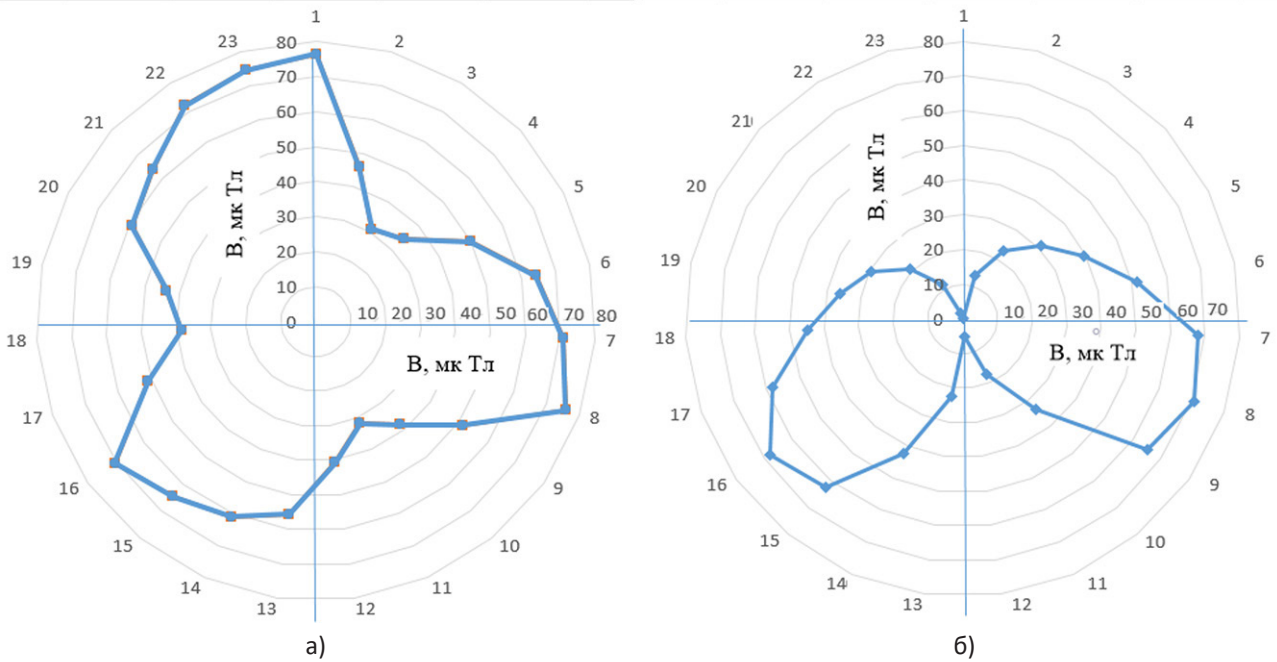


Рисунок 3 – График изменения индукции B вокруг оболочки токопровода на расстоянии 10 см от нее: а – при трехфазном КЗ; б – при двухфазном КЗ (ток в одной шине отсутствует)

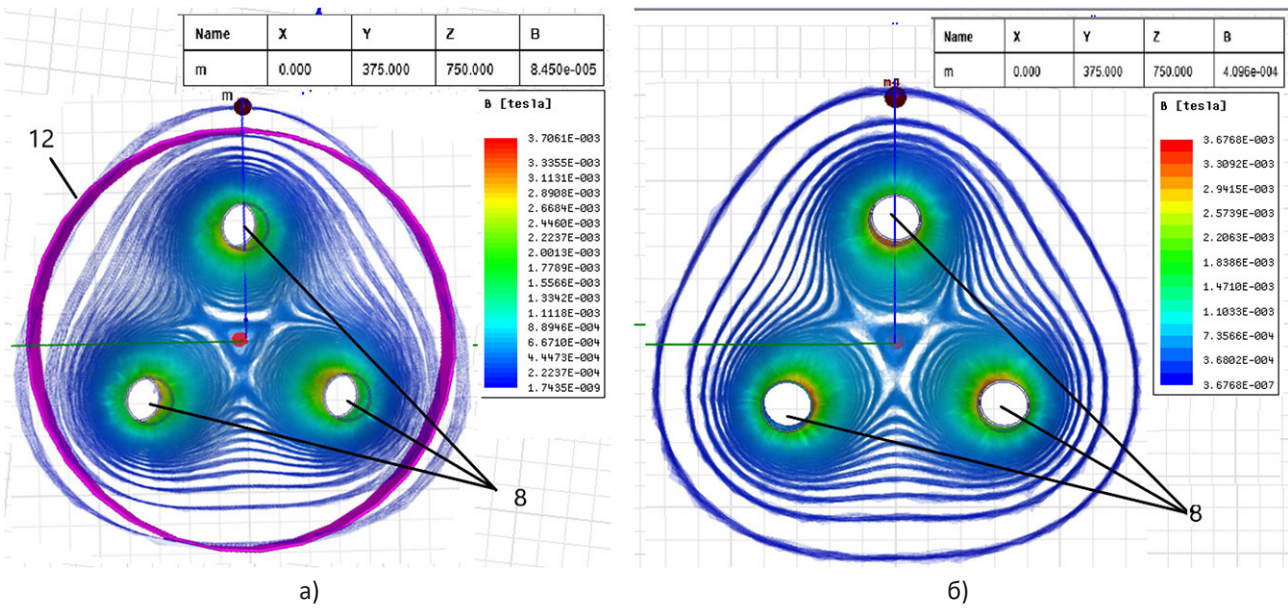


Рисунок 4 – Распределение магнитного поля вокруг шин токопровода при трехфазном КЗ при наличии оболочки (а) и без нее (б)

ление магнитного поля от токов в шинах 8 при моделировании имеющегося токопровода ТЗК-СЭЦ-10-1600-81 с оболочкой 12 и без нее.

Результаты экспериментов и моделирования показали:

1. Влиянием перегородки на величину индукции магнитного поля, действующего на КИ, можно пренебречь, так как оно составляет не более 3%,

что соизмеримо с погрешностями измерений.

2. Коэффициент экранирования (таблица) оболочкой магнитного поля, созданного токами в шинах токопровода, $k_s = 0,14 \div 0,21$ в зависимости от ее диаметра и толщины стенки. Поэтому при расчете индукции вне оболочки правую часть в (1) необходимо умножить на k_s .

3. Наибольшие значения индукция магнитно-

Коэффициенты экранирования оболочкой токопровода магнитного поля, созданного токами в его шинах			
Внешний диаметр оболочки, мм	Толщина стенки 3 мм	Толщина стенки 4 мм	Толщина стенки 5 мм
623	$K_3 = 0,19$	$K_3 = 0,18$	$K_3 = 0,17$
700	$K_3 = 0,21$	$K_3 = 0,19$	$K_3 = 0,18$
706	$K_3 = 0,2$	$K_3 = 0,19$	$K_3 = 0,15$
890	$K_3 = 0,19$	$K_3 = 0,18$	$K_3 = 0,14$

го поля имеет в точках 1, 8, 16 (рисунок 3,а) напротив шин токопровода, причем из (1) видно, что ее величина пропорциональна токам в фазах, A, B и C , соответственно. Например, при закреплении КИ в точке 8 $h_B = h_C$, $\alpha_B = \alpha_C$, и индукция, действующая вдоль ее продольной оси, пропорциональна току только в фазе A . Аналогично при установке КИ 14 в точках 1 и 16 вдоль ее продольной оси действуют индукции, пропорциональные только токам в фазах B и C .

4. Для учета формы шины и что ток переменный, правую часть в (1) необходимо разделить на поправочный коэффициент $k_{np} = 1,4$.

Выводы

1. При построении устройств защиты одиночного токопровода катушки индуктивности удобно располагать напротив фаз A, B, C , так как в этих точках индукция магнитного поля имеет наибольшее значение и пропорциональна току в соответствующей фазе.

2. Для расчета величины индукции магнитного поля, созданного токами в шинах токопроводов марки ТЗК и ТЗКР, можно пользоваться законом Био-Савара-Лапласа, но с введением экспериментально полученных поправочного коэффициента $k_{np} = 1,4$ и коэффициента экранирования $k_3 = 0,14 \div 0,22$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федосеев А.М. Релейная защита электрических систем / А.М. Федосеев. – М.: Энергия, 1976. – 559 с.
2. Беркович М.А. Основы техники релейных защит / М.А. Беркович, В.В. Молчанов, В.А. Семенов. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 232 с.
3. Дьяков А.Ф. Электроэнергетика мира в начале XXI столетия (по материалам 39-й сессии СИГРЭ, Париж) / Дьяков А.Ф. и др. // Энергетика за рубежом. – 2004. – № 4-5.
4. Кожович Л.А., Бишоп М.Т. Современная релейная защита на базе катушки Роговского. Современные направления развития релейной защиты и автоматики энергосистем: Сборник докладов конференции, CIGRE. Москва, 2009.
5. Данилов А. Современные промышленные датчики тока / А. Данилов // Современная электроника. – 2004. – № 10. – С. 26-35.
6. Сирота И.М. Схемы индукционного измерения токов в трехфазных цепях высокого напряжения // Электричество. – 1967. – № 4. – С. 22-24.
7. Клецель М.Я., Мусин В.В. О построении на герконах защит высоковольтных установок без трансформаторов тока // Электротехника. 1987. № 4. С. 11-13.
8. Силаев Ю.М. Способы и средства поиска повреждений в электросетях 6-35 кВ / Ю.М. Силаев. – М.: Информэнерго. – 1973. – 32 с.
9. Сирота И.М., Шурин И.М. Фильтры симметричных составляющих в цепях с дистанционными датчиками // Электричество. – 1971. – № 11. – С. 26-31.
10. Клецель М.Я., Мусин В.В. Выбор тока срабатывания максимальной токовой защиты без трансформаторов тока на герконах // Промышленная энергетика. – 1990. – № 4. – С. 32-36.
11. Kletsel M., Borodenco V., Barukin A., Kaltayev A., Mashrapova R. Constructive features of resource-saving reed relay protection and measurement devices // REV ROUM SCI TECH-EL, 2019. № 4, P. 309-315.

Үш фазалы ток өткізгіштің сыртқы қабығындағы магнит өрісінің индукциясын анықтау

¹*МАШРАПОВ Бауыржан Ерболұлы, PhD, қауымдастырылған профессор (доцент), bokamashrapov@mail.ru,

¹МҰСАЕВ Жасұлан Бақытжанұлы, докторант, zhaslan.mail.ru@mail.ru,

¹Торайғыров университеті, Қазақстан, 140008, Павлодар, Ломов көшесі, 64,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Зерттеудің мақсаты-осы ток өткізгіштің сыртынан бекітілген индуктор катушкаларының бойлық осьтері бойымен жұмыс істейтін үш фазалы ток тізбегінің шиналарындағы токтармен құрылған магнит өрістерінің индукция шамаларын анықтау. Зертханалық қондырғы және эксперименттер жүргізу әдістемесі сипатталған. Ресей өнеркәсібі шығарған 10 кВ кернеуге арналған үш толық ток өткізгіштің айна-

ласындағы магнит өрісінің индукциясын өлшеу нәтижелері ұсынылған. Осы магнит өрістерін компьютерлік модельдеудің нәтижелері және 10 кВ кернеуге арналған тағы үш ток өткізгіштің айналасында келтірілген. Ток өткізгіштің шиналарындағы токтармен құрылған магнит өрісінің қабығымен экрандау коэффициенті, сондай-ақ шиналардың пішінін және олардағы токтың өзгермелі екенін ескеретін түзету коэффициенті анықталған. Көрсетілген коэффициенттерді енгізе отырып, био-Савар-Лаплас Заңын жазудың қарапайым формасын қолдана отырып, магнит өрісінің индукциясын есептеу ұсынылады. Бір ток өткізгіші бар электр қондырғысының қысқа тұйықталуынан қорғаныс құру кезінде шиналарға қарама-қарсы индукторларды орналастырған жөн.

Кілт сөздер: толық ток сымы, магнит өрісі, эксперимент, модельдеу, индуктор, экрандау коэффициенті, био-Савар-Лаплас заңы.

Determination of the Magnetic Field Induction Outside the Shell of a Three-Phase Current Line

^{1*}MASHRAPOV Bauyrzhan, PhD, Associate Professor, bokamashrapov@mail.ru,

¹MUSAEV Zhasulan, doctoral student, zhaslan.mail.ru@mail.ru,

¹Toraighyrov University, Kazakhstan, 140008, Pavlodar, Lomov Street, 64,

*corresponding author.

Abstract. The aim of the study is to determine the values of magnetic field inductions made by currents in the tires of a complete three-phase current line acting along the longitudinal axes of inductor coils fixed outside the shell of this current wire. The laboratory setup and the method of conducting experiments are described. There are presented the results of the magnetic measuring field inductions around three current wires by 10 kV produced by the Russian industry. The results are given the computer modeling of these magnetic fields and three more current conductors around at a voltage of 10 kV. There is determined the coefficient of shielding by the shell of the magnetic field created by currents in busbars of the current wire and the correction factor which take into account the shape of the tires and that the current in them is variable. It is proposed to calculate the magnetic field induction using the simplest form of the Biot-Savard-Laplace law with the introduction of these coefficients. It is shown that when the protection constructing against short circuits from electrical installation with a single current wire, it is advisable to place the inductor coils opposite the tires.

Keywords: complete current line, magnetic field, experiment, simulation, inductor, shielding coefficient, Bio-Savard-Laplace law.

REFERENCES

1. Fedoseev A.M. Relejnaya zashchita elektricheskikh sistem / A.M. Fedoseev. – Moscow: Energiya, 1976. – 559 p.
2. Berkovich M.A. Osnovy tekhniki relejnyh zashchit / M.A. Berkovich, V.V. Molchanov, V.A. Semenov. – Moscow: Energoatomizdat, 1984. – 232 p.
3. D'yakov A.F. Elektroenergetika mira v nachale HHI stoletiya (po materialam 39-j sessii SIGRE, Parizh) / D'yakov A.F i dr. // Energetika za rubezhom. – 2004. – № 4-5.
4. Kozhovich L.A., Bishop M.T. Sovremennaya relejnaya zashchita na baze katushki Rogovskogo. Sovremennyye napravleniya razvitiya relejnoj zashchity i avtomatiki energosistem: Sbornik dokladov konferencii, CIGRE. Moscow, 2009.
5. Danilov A. Sovremennyye promyshlennyye datchiki toka / A. Danilov // Sovremennaya elektronika. – 2004. – no. 10. – pp. 26-35.
6. Sirota I.M. Skhemy indukcionnogo izmereniya tokov v trekhfaznyh cepyah vysokogo napryazheniya // Elektrichestvo. – 1967. – no. 4. – pp. 22-24.
7. Klecel' M.Ya., Musin V.V. O postroenii na gerkonah zashchit vysokovol'tnyh ustanovok bez transformatorov toka // Elektrotehnika. 1987. no. 4. pp. 11-13.
8. Silaev Yu.M. Sposoby i sredstva poiska povrezhdenij v elektrosetyah 6-35 kV / Yu.M. Silaev. – Moscow: Informenergo. – 1973. – 32 p.
9. Sirota I.M., Shurin I.M. Fil'try simmetrichnyh sostavlyayushchih v cepyah s distancionnymi datchikami // Elektrichestvo. – 1971. – no. 11. – pp. 26-31.
10. Klecel' M.Ya., Musin V.V. Vybora toka s rabatyvaniya maksimal'noj tokovoj zashchity bez transformatorov toka na gerkonah // Promyshlennaya energetika. – 1990. – no. 4. – pp. 32-36.
11. Kletsel M., Borodenko V., Barukin A., Kaltayev A., Mashrapova R. Constructive features of resource-saving reed relay protection and measurement devices // REV ROUM SCI TECH-EL, 2019. no. 4, pp. 309-315.

Использование буферного источника электроэнергии на базе суперконденсатора для пуска асинхронного электропривода под нагрузкой

¹*САЙФУЛИН Руслан Фаритович, докторант, преподаватель, azoorjke@gmail.com,

¹КАЛИНИН Алексей Анатольевич, PhD, доцент, зав. кафедрой, a.kalinin@kstu.kz,

¹БРЕЙДО Иосиф Вульфович, д.т.н., профессор, jbreido@mail.ru,

¹КОТОВ Евгений Сергеевич, старший преподаватель, kotov1988@mail.ru,

¹Карагандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Назарбаева 56,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Работа посвящена созданию модели асинхронного привода во вращающейся системе координат с буферным источником электропитания на базе суперконденсатора. Данная система координат осуществляет переход из трехфазной системы в двухфазную. Предложены новые математические замены для упрощения решения уравнений. Предложены новые методы создания модели в Matlab Simulink. Доказана адекватность и правильность созданной модели. Проведен анализ динамических процессов, протекающих в электроприводе при подключении суперконденсаторов.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, математическая модель, Matlab Simulink, дифференциальные уравнения, суперконденсатор.

Введение

Энергетические установки с электрическим приводом, системы мониторинга и диагностики в странах Центральной, Средней Азии, а также Австралии часто находятся в районах, удаленных от промышленных электрических сетей. Для таких условий характерны случаи, когда мощность источника электрической энергии становится соизмерима с мощностью электропривода из-за потерь в протяженной сети линий электропередачи [1]. Протяженность длинной линии превышает допустимую, в результате чего происходит снижение количества напряжения, приходящего на промышленное предприятие, находящееся удаленно. Отсюда появляется необходимость в использовании либо дополнительных автономных источников электроэнергии, которые будут создавать комбинированную систему питания электропривода, либо в реализации различных методов и способов пуска электропривода. К таким методам и способам можно отнести электроснабжение от дизельной, газотурбинной электростанции, от автономного трансформатора, реакторный пуск электропривода, использование синхронного генератора, бесперебойные источники питания. Однако, несмотря на такой широкий выбор перечисленных методов и способов пуска электропривода в удаленных районах, каждый из них несет за собой ряд недостатков. Большинство из данных недостатков были рассмотрены в пре-

дыдущей работе, сейчас же предлагается рассмотреть недостатки использования аккумуляторных батарей в качестве автономных источников.

Во многих отраслях промышленности, в частности в горной, металлургической, топливной, для пуска электродвигателей под нагрузкой требуются источники питания высокой надежности. Источники бесперебойного питания (ИБП) используются для улучшения качества электроэнергии и гарантии надежности резервного питания. Во время провалов напряжения или полного прерывания электроснабжения энергия должна подаваться локальными системами хранения энергии. Система хранения электроэнергии на основе ИБП в основном полагается на выбор хорошей свинцово-кислотной батареи-аккумуляторов. Однако у аккумуляторов есть много недостатков, таких как низкая удельная мощность и ограниченные циклы заряда/разряда. Более того, получение импульсной мощности вместо средней мощности от батареи может сократить срок ее службы. Также колебания тока вызывают переходные процессы напряжения, импульсные токи имеют более высокое среднеквадратичное значение, которое может привести к увеличению потерь батареи, пульсирующие токи также уменьшают значительно время работы от батареи. В связи с чем предлагается заменить выбор аккумуляторов на базе свинцово-кислотной батареи на блоки суперконденсаторов.

Использование суперконденсаторов в качестве буферных источников энергии рассмотрено во многих работах, однако, в них есть ряд вопросов, который не был учтен [2,3]. В частности, во всех случаях оцениваются лишь статические характеристики электропривода, не рассматривается работа двигателя в динамике. Также основной упор в данных работах делается на режим работы – рекуперация, не затрагивая пуск двигателя при просадке сети и не оценивая двигатель в динамике. Модели двигателей берутся из стандартной библиотеки Matlab Simulink, где используются упрощенные модели, построенные лишь по основным техническим параметрам, не позволяющим точно проследить динамику переходных процессов, происходящих внутри данных моделей. Помимо этого встречаются случаи, когда блок суперконденсаторов подключается по системе Г-Д, без использования частотного преобразователя, что уменьшает его эффективность [4,5].

В других работах большой упор сделан на рассмотрение переходных процессов, протекающих в суперконденсаторах, на режимах их заряда и разряда, но при этом нет анализов влияния блоков суперконденсатора на динамику асинхронного двигателя [6]. В связи с чем было решено рассмотреть динамику работы электропривода при пусковых режимах и питании от комбинированной буферной системы на базе блоков суперконденсаторов.

Математический расчет модели асинхронного привода

Объектами исследования данной статьи являются система питания частотно-регулируемого асинхронного двигателя и система буферного источника электроснабжения на базе суперконденсаторов. Анализ их соединения проводится на основе механических характеристик при запуске двигателя под нагрузкой. Полученные графики скорости и момента представляют собой опорный сигнал системы управления приводом для регулирования скорости двигателя и, следовательно, его питания. После того как скорость, относительное положение в пространстве и нагрузка были определены, система буферного источника электроэнергии была выбрана и рассчитана. Эта система состоит из нескольких банков суперконденсаторов, которые подключаются к звену постоянного тока преобразователя частоты. В данной статье имитационная модель буферного источника электроснабжения на базе суперконденсаторов была усовершенствована, по

сравнению с предыдущими версиями модели, с добавлением возможности подзарядки блоков суперконденсатора посредством их соединения через двунаправленный DC-DC преобразователь [7].

Блок суперконденсаторов обеспечивает пиковую мощность электродвигателя во время его пуска при просадке питающей сети. Суперконденсатор восстанавливает (перезаряжается) энергию во время пуска без просадки напряжения сети.

Двунаправленный DC-DC преобразователь постоянного тока в постоянный – это метод подключения между запоминающим устройством, являющимся частью системы управления буферного источника энергии, и каналом постоянного тока, он должен быть двунаправленным, чтобы ток мог течь в обоих направлениях, в соответствии с циклом разряда или перезарядки блока суперконденсаторов.

В данной работе рассматривается схема асинхронного электродвигателя АИР160S4 со следующими параметрами, представленными в таблице.

Система уравнений для описания асинхронной машины переменного тока, основывается на четырех законах – второй закон Кирхгофа, закон Ампера, второй закон Ньютона и правило левой руки Ленца и указана в формуле (1).

$$\begin{cases} \vec{U}_s = r_s \vec{i}_s + \frac{d\vec{\Psi}_s}{dt} + j\alpha_k \vec{\Psi}_s, \\ \vec{U}_R = r_R \vec{i}_R + \frac{d\vec{\Psi}_R}{dt} + j(\alpha_k - p\vartheta_m) \vec{\Psi}_R, \\ \vec{\Psi}_s = x_s \vec{i}_s + x_m \vec{i}_R, \\ \vec{\Psi}_R = x_R \vec{i}_R + x_m \vec{i}_s, \\ m = kMod(\vec{\Psi}_i x_i), \\ \vec{T}_m \frac{d\vartheta}{dt} = m - m_c. \end{cases} \quad (1)$$

На основе системы уравнений (1) была посчитана и разработана модель асинхронного двигателя, данная модель показана на рисунке 1.

Алгоритм работы системы управления буферным источником электроэнергии

Для того чтобы блок суперконденсаторов был не всегда подключен к звену постоянного тока преобразователя частоты, т.е. его запас электроэнергии не тратился впустую, а также имелась возможность автоматической подзарядки данного блока, был разработан алгоритм системы управления буферным источником электроэнергии на базе суперконденсаторов, описанный ниже.

Если напряжение с выпрямителя меньше номинального, заданного заранее системе управле-

Параметры АИР160S4									
Электро-двигатель	Мощность	Скорость	Напряжение	КПД	Коэф. мощн.	Ip/In	Mп/Мн	Mmax/Мн	Момент инерции
АИР160S4	15 кВт	1450 об/мин	400 В	89,5%	0,86	7,7	2,2	2,6	0,075 кг*м ²

ния, то замыкается ключ, подключающий систему буферного источника электроснабжения на базе суперконденсаторов (рисунок 2, красный сигнал). В результате чего выпрямленное напряжение питания последовательно соединяется с блоком суперконденсаторов. Выпрямленное напряжение через двунаправленный DC-DC преобразователь последовательно суммируется с напряжением, выдаваемым блоком суперконденсаторов. Суммарное выпрямленное напряжение в дальнейшем идет на систему инверторов для дальнейшего преобразования.

В ином случае, если при сравнении напряжения выпрямителя с номинальным, просадок сети не имеется (напряжение с выпрямителя больше или равно номинальному), система ключей под-

соединяет блок суперконденсаторов на зарядку (рисунок 3, красный сигнал), то есть блок суперконденсаторов включается в цепь питающего напряжения параллельно. При достижении заряда блока суперконденсатора SOC в 100% зарядка останавливается.

Имитационное моделирование

При просадке напряжения до 20% система управления буферным источником электроэнергии включает блок суперконденсаторов последовательно в звено постоянного тока преобразователя частоты, тем самым получая дополнительную – буферную энергию, равную заряду данного блока. Переходные процессы, происходящие в блоке суперконденсаторов в этом случае, показаны на

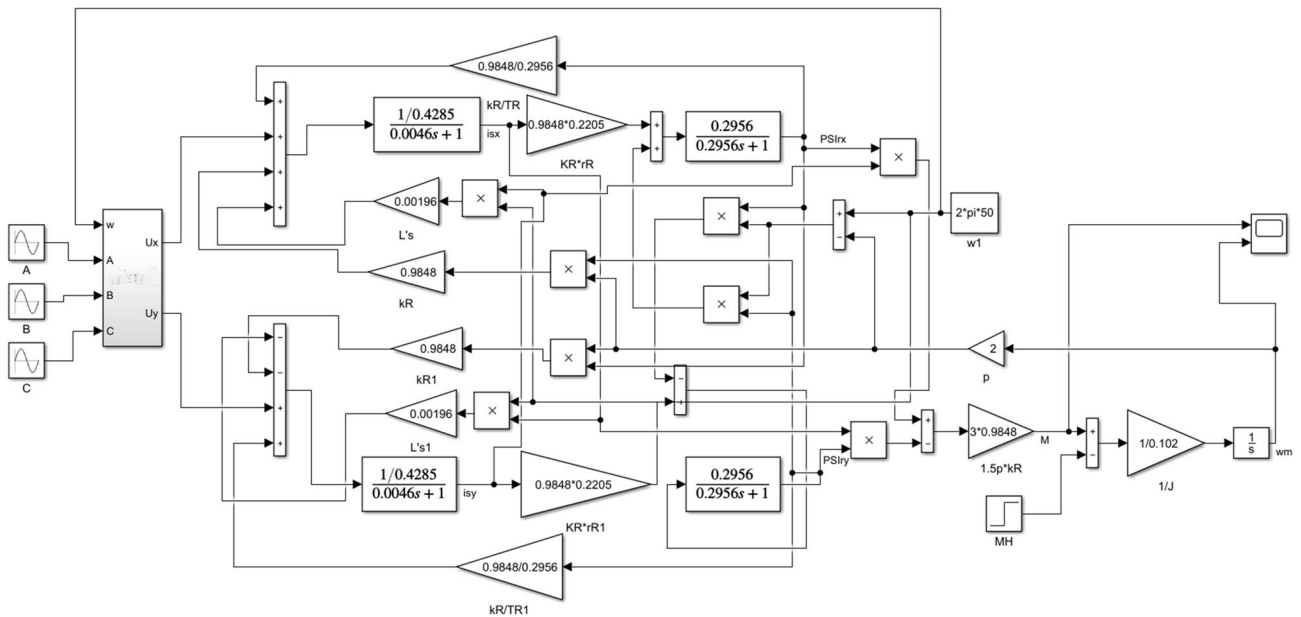


Рисунок 1 – Модель, собранная в Simulink

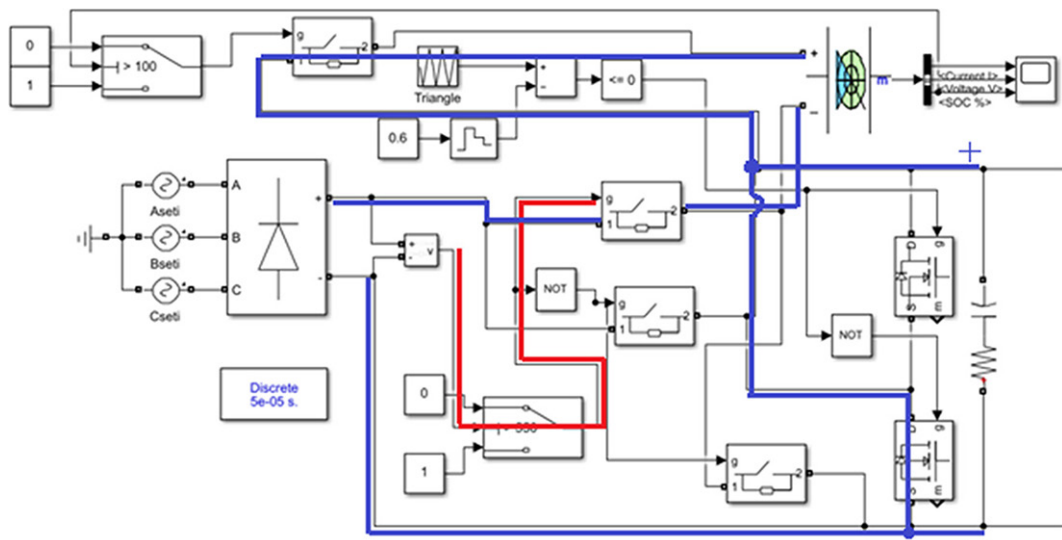


Рисунок 2 – Разряд суперконденсатора

рисунках 4, 5.

Выбранный блок суперконденсаторов начинает выдавать напряжение, составляющее 110 В, которое позволяет компенсировать потери в сети. Заряженного на 100% блока суперконденсаторов хватит примерно на 50 секунд буферного энергоснабжения сети до полной разрядки судя по моделированию.

Анализируя рабочие характеристики асинхронного двигателя во время зарядки блока суперконденсаторов, можно сделать выводы о том, что время до установившейся работы двигателя увеличилось на 0,05 секунд, что составляет 16,6% и является удовлетворительным для пуска двигателя под нагрузкой. Перерегулирование во время зарядки блока суперконденсаторов увеличилось с

14,2% до 25%, что также незначительно сказывается на качестве переходного процесса. При этом электрические характеристики двигателя – потокосцепление ротора, ток статора при зарядке почти никак не изменились. В результате чего можно сделать выводы о том, что блок суперконденсаторов можно использовать в качестве буферного источника электроэнергии при просадках сети до 20%.

Выводы

При электроснабжении электроприводов конвейерных линий металлургического, горного производств, находящихся в районах, удаленных от промышленных сетей, возникают проблемы с пуском данного электропривода из-за потерь на

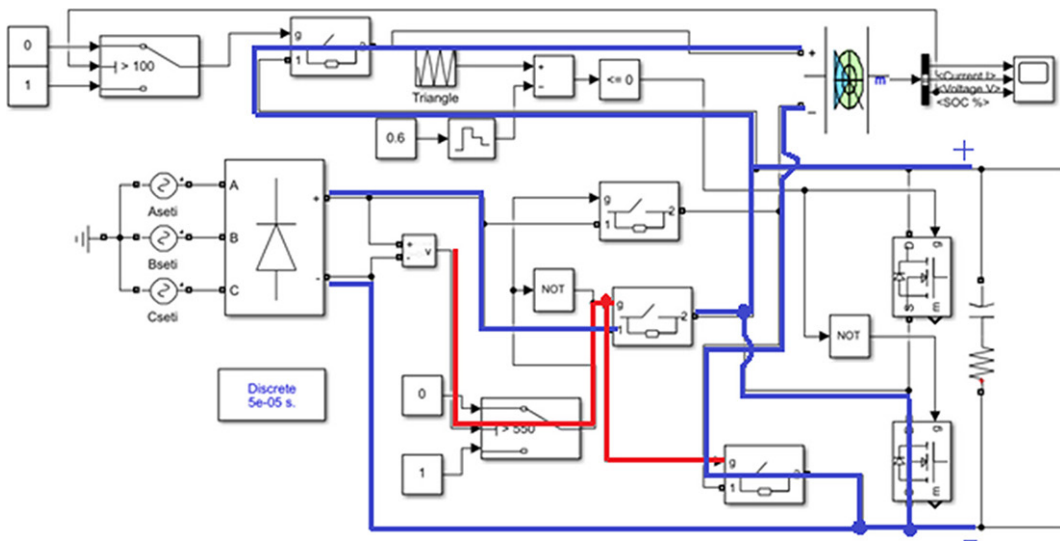


Рисунок 3 – Заряд суперконденсатора

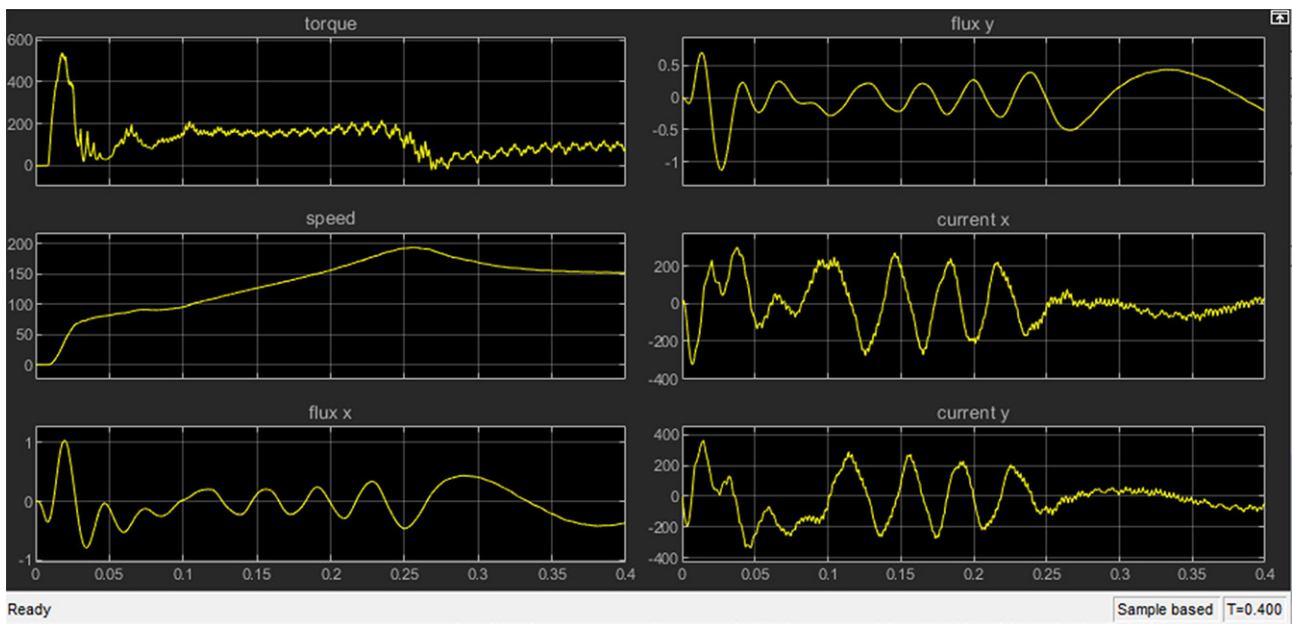


Рисунок 4 – Выходные характеристики при использовании суперконденсатора в качестве буферного источника электроэнергии

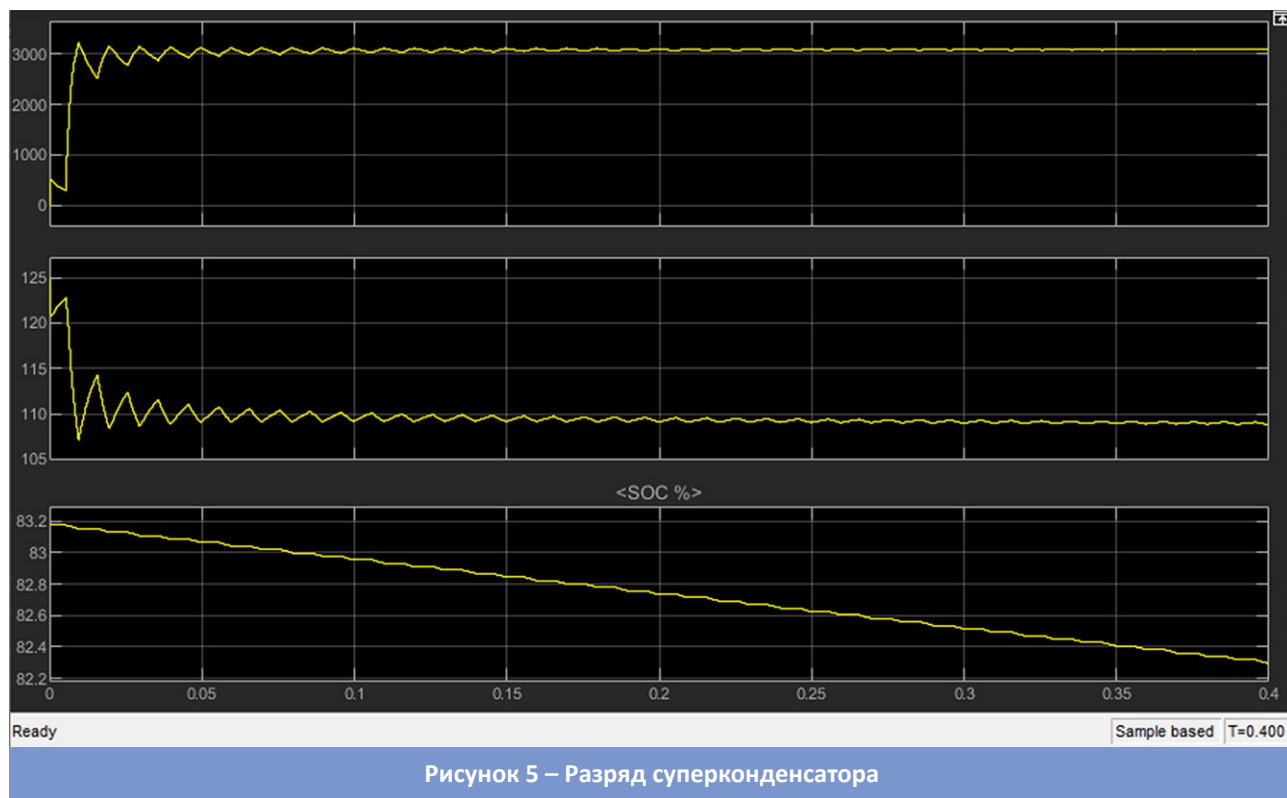


Рисунок 5 – Разряд суперконденсатора

длинной линии. Питающее напряжение может быть на 20% меньше номинального значения, в результате чего пусковой момент значительно падает и электродвигатель не способен запуститься под нагрузкой. В результате чего рекомендуется использовать дополнительный буферный источник электроэнергии, разработанный на базе блока суперконденсаторов.

В статье описана математическая модель электродвигателя, источника электроэнергии, разработаны имитационные модели преобразователя частоты, буферного источника электроэнергии. Доказано что использование блока суперконденсаторов позволяет компенсировать потери в сети и осуществлять пуск электродвигателя под нагрузкой.

Предложен алгоритм работы системы управления буферным источником электроэнергии. Результаты могут быть применены для электро-

питания оборудования, содержащего ЭДС и активно-индуктивную нагрузку, в том числе для электроприводов, аккумуляторов, автономных источников в устройствах автоматики.

Анализ моделирования показал правильность выдвинутого предположения об использовании буферного источника электроэнергии и подтвердил возможность использования блока суперконденсаторов. В итоге на конвейерных линиях горного производства и металлургии, где используется данный двигатель, можно использовать разработанную систему буферного источника электроэнергии как резервную систему электроснабжения при пуске электропривода.

Направление дальнейших исследований будет заключаться в попытке использовать энергию, вырабатываемую во время рекуперации для зарядки буферного источника энергии на базе суперконденсаторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Breido I.; Kaverin V. & Em G. (2018) The research of the adjustable electric drive of the direct current DAAAM International Scientific Book 2018 Vol. 17, pp. 211-226, ISSN 1726-9687.
2. Belodedov, A. Model design of a controlled DC drive with a supercapacitor unit [Electronic resource] / A. Belodedov, O. Lysenko // Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines: conference proceeding, 15-17 November 2016 / Omsk State Technical University. – Omsk, 2016. – DOI: 10.1109/Dynamics.2016.7818978.
3. Stana, Girts & Brazis, Viesturs & Apse-Apsitis, Peteris. (2015). Simulation of Induction Traction Drive with Supercapacitor Energy Storage System Test Bench. Electrical, Control and Communication Engineering. 9. 10.1515/ecce-2015-0007.
4. Ndokaj, Artan & Napoli, A. & Pedde, Giovanni & Pasquali, Manlio. (2013). Regulation strategy of an Ultracapacitor storage model for a gantry crane. IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference). 1209-1216. 10.1109/IECON.2013.6699305.
5. Kumar, M.K. & Datta, D.V. & Muni, Vijay. (2019). Performance enhancement of asynchronous machine with super capacitor. International Journal of Engineering and Advanced Technology. 8. 1208-1210.

6. A. Lahyani, P. Venet, A. Guermazi and A. Troudi. "Battery/Supercapacitors Combination in Uninterruptible Power Supply (UPS)", in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 28, no. 4, pp. 1509-1522, April 2013, doi: 10.1109/TPEL.2012.2210736.
7. Breido Iosiff, Saifulin Ruslan. "Analysis of starting modes in frequency controlled asynchronous electric drive for mining production using buffer power supplies". Annals of DAAAM & Proceedings, 2020, p. 0118, DOI: 10.2507/31st.daaam.proceedings.016 EID: 2-s2.0-85098124600 Part of ISBN: 17269679.

Жүктеме кезінде асинхронды электр жетегін іске қосу үшін суперконденсаторға негізделген буферлік қуат көзін пайдалану

¹*САЙФУЛИН Руслан Фаритович, докторант, оқытушы, azoorjke@gmail.com,

¹КАЛИНИН Алексей Анатольевич, PhD, доцент, кафедра меңгерушісі, a.kalinin@kstu.kz,

¹БРЕЙДО Иосиф Вульфович, т.ғ.д., профессор, jbreido@mail.ru,

¹КОТОВ Евгений Сергеевич, аға оқытушы, kotov1988@mail.ru,

¹Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Жұмыс суперконденсаторға негізделген буферлік қуат көзі бар айналмалы координаттар жүйесінде асинхронды жетектің моделін құруға арналған. Бұл координат жүйесі үшфазалы жүйеден екіфазалыға ауысады. Теңдеулерді шешуді жеңілдету үшін жаңа математикалық алмастырулар ұсынылады. Matlab Simulink-те модель құрудың жаңа әдістері ұсынылған. Жасалған модельдің сәйкестігі мен дұрыстығы дәлелденді. Суперконденсаторларды қосу кезінде электр жетегінде болатын динамикалық процестерге талдау жүргізілді.

Кілт сөздер: асинхронды қозғалтқыш, математикалық модель, Matlab Simulink, дифференциалдық теңдеулер, суперконденсатор.

Use of a Buffer Power Source Based on a Supercapacitor for Starting an Asynchronous Electric Drive under Load

¹*SAIFULIN Ruslan, doctoral student, Lecturer, azoorjke@gmail.com,

¹KALININ Alexey, PhD, Associate Professor, Head of Department, a.kalinin@kstu.kz,

¹BREIDO Iosif, Dr. Tech. Sci., Professor, jbreido@mail.ru,

¹KOTOV Evgeniy, Senior Lecturer, kotov1988@mail.ru,

¹Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

*corresponding author.

Abstract. The work is devoted to the creation of a model of an asynchronous drive in a rotating coordinate system with a buffer power supply based on a supercapacitor. This coordinate system makes the transition from a three-phase system to a two-phase one. New mathematical replacements are proposed to simplify the solution of equations. New methods of creating a model in Matlab Simulink are proposed. The adequacy and correctness of the created model has been proven. The analysis of the dynamic processes occurring in the electric drive when connecting supercapacitors is carried out.

Keywords: asynchronous motor, mathematical model, Matlab Simulink, differential equations, supercapacitor.

REFERENCES

1. Breido I.; Kaverin V. & Em G. (2018) The research of the adjustable electric drive of the direct current DAAAM International Scientific Book 2018 Vol. 17, pp. 211-226, ISSN 1726-9687.
2. Belodedov, A. Model design of a controlled DC drive with a supercapacitor unit [Electronic resource] / A. Belodedov, O. Lysenko // Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines: conference proceeding, 15-17 November 2016 / Omsk State Technical University. – Omsk, 2016. – DOI: 10.1109/Dynamics.2016.7818978.
3. Stana, Girts & Brazis, Viesturs & Apse-Apsitis, Peteris. (2015). Simulation of Induction Traction Drive with Supercapacitor Energy Storage System Test Bench. Electrical, Control and Communication Engineering. 9. 10.1515/ecce-2015-0007.
4. Ndokaj, Artan & Napoli, A. & Pede, Giovanni & Pasquali, Manlio. (2013). Regulation strategy of an Ultracapacitor storage model for a gantry crane. IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference). 1209-1216. 10.1109/IECON.2013.6699305.
5. Kumar, M.K. & Datta, D.V. & Muni, Vijay. (2019). Performance enhancement of asynchronous machine with super capacitor. International Journal of Engineering and Advanced Technology. 8. 1208-1210.
6. A. Lahyani, P. Venet, A. Guermazi and A. Troudi. "Battery/Supercapacitors Combination in Uninterruptible Power Supply (UPS)", in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 28, no. 4, pp. 1509-1522, April 2013, doi: 10.1109/TPEL.2012.2210736.
7. Breido Iosiff, Saifulin Ruslan. "Analysis of starting modes in frequency controlled asynchronous electric drive for mining production using buffer power supplies". Annals of DAAAM & Proceedings, 2020, p. 0118, DOI: 10.2507/31st.daaam.proceedings.016 EID: 2-s2.0-85098124600 Part of ISBN: 17269679.

Application of Evolutionary-Oriented Methods for Designing Interdisciplinary Educational Programs

¹*KOZHANOV Murat, doctoral student, m.kozhanov@kstu.kz,

¹LA Lira, Cand. Phys. and Math. Sci., Acting Associate Professor, lira_la@mail.ru,

²AMIROV Azamat, PhD, Director of DDDU, azamat-amirov@mail.ru,

²KALININ Alexey, PhD, Associate Professor, Head of Department, a.kalinin@kstu.kz,

³GERHARDT Eduard, Professor, eduard.gerhardt@hs-coburg.de,

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, 010008, Nur-Sultan, Satpayev Street, 2,

²Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

³Coburg University of Applied Sciences, Germany, 96450, Coburg, Friedrich Streib Street, 2,

*corresponding author.

Abstract. The construction of a multidisciplinary educational program is a multi-step process, since it reflects the dynamics of a student's learning and should allow timely adjustments to the learning process. In this regard, the purpose of the article is to determine the required method and its adaptation for the design of multidisciplinary educational programs (EP). This article discusses the application of the method to merge two or more educational programs in the design of multidisciplinary educational programs. In general, the work of the genetic algorithm is presented in the form of a block diagram. The characteristics of the evolutionary genetic algorithm and the projection of the genetic algorithm on the design of interdisciplinary educational programs are described. A multicriteria approach to assessing the quality of the working curriculum is presented: an assessment of the proximity of dependent disciplines, an assessment of the uniformity of knowledge development. The article deals with the normalization of private estimates and the construction of a generalizing criterion.

Keywords: EP design, educational program, evolutionary genetic algorithm, multidisciplinary educational program.

Introduction

Modern requirements for the quality of education are directly related to the need to achieve results in priority areas of development of science, technology and technology. It is known that scientific and technological breakthroughs occur, as a rule, at the intersections of sciences, as a result of comprehensive research of objects and related problems [1]. At the same time, interdisciplinary research is understood as a comprehensive study of a single research subject by representatives of various scientific disciplines. Interdisciplinarity can be viewed as a form of organizing scientific knowledge based on certain links between scientific disciplines (areas of knowledge), methods and technologies that provide a solution to complex scientific and technical problems [2]. Multidisciplinarity is characterized by the properties of integrative disciplines based on the transfer of research methods from one discipline to another, and requires a synthesis of the results obtained within various scientific disciplines.

In the system of higher and postgraduate education, the formation of graduates' competencies in various fields of knowledge related to the implementation of interdisciplinary research is provided by interdisciplinary educational programs [3-4].

The main feature of the multidisciplinary nature of educational programs is the breadth of training. The multidisciplinary nature of the implemented HVE educational programs is based on established integrated scientific areas that have arisen at the intersection of sciences (for example, specialties 020208 «Biophysics», 020208 «Biochemistry», direction 020900 «Chemistry, Physics and Mechanics of Materials», etc.). However, at present, Kazakhstani universities produce mainly narrow specialists in specific areas of professional knowledge who do not have a sufficient range of competencies for effective scientific and innovative activities in the framework of strategically important directions for the development of science and technology.

In the conditions of academic freedom of universities, the quality of training specialists directly depends on the relevance of educational programs [5]. At the same time, the professional competencies of future specialists should be formed in accordance with the needs of the labor market in specific regions of the republic. When developing multidisciplinary educational programs, identifying a set of disciplines that correspond to the competencies presented is one of the main tasks of educational organizations. However, there are no software applications of

this kind on the market that allow you to design and form multidisciplinary educational programs in an automated form [6]. The construction of a multidisciplinary educational program is a multi-step process, since it reflects the dynamics of a student's learning and should allow timely adjustments to the learning process.

In this regard, the design of multidisciplinary educational programs (EP) becomes an urgent task, namely, the application of methods for merging two or more educational programs [7].

It should be noted that the content and development of educational programs determines the quality of the educational services provided, in particular, the level of competencies that a graduate will have upon completion of the program.

Evolutionary Oriented Methods

Methods based on the evolutionary process of selection of living organisms are very popular. At the same time, the most popular are the methods of the genetic algorithm (hereinafter GA), which are related to the type of probabilistic approximate optimization methods when using the iterative search solution. The main advantage of GA is to obtain the desired solution in a short period of time of large dimension, for which the use of exact and approximate deterministic methods is not possible.

In such an algorithm, including other optimization methods, the «solution» is of prime importance, where «solution» is understood as the admissible structure of the object being optimized (individual / chromosome).

In GA, the process is identical to the ideas of natural selection and genetics, that is, the process of evolutionary selection with elements of mutation is repeated, where individuals of a new species are more adapted (adapted) to survive in the current habitat. In classical optimization theory, habitat refers to the term feasible solution area, and the term adaptability to fitness function.

Optimization in this case is iterative, where each cycle is called a generation. GA operates with a finite set of solutions, called a population. In GA theory, a population is formed from feasible solutions of objects.

By analogy with wildlife, GA starts from the initial population, the individuals of which, under the influence of external factors in limited conditions and in a competitive environment, change their properties at the genetic level. Further, the process of crossing occurs, where the offspring inherits the combined properties of their parents, and they are called offspring, they are also part of the population. In addition, at a certain point in time, a mutation of individuals occurs, whose genes undergo random changes, acquiring new properties. In such a chain, as a result, there is a competition for the right to enter the next generation – natural selection. At the same time, individuals with a higher adaptability to the external environment have the greatest chances.

The practice and results of applying this algorithm have been proven by other scientists, which made it possible to apply GA to address the issue of interdisciplinary relationships.

Characteristics of the evolutionary genetic algorithm. GA projection for the design of interdisciplinary educational programs

In general, the work of the genetic algorithm can be presented in the form of a block diagram shown in Figure 1. It is proposed to consider the stages of the GA work with further projection on the design procedure of interdisciplinary educational programs. First, you need to define terms from evolutionary selection:

A gene is the minimum real value that has the hereditary properties of an individual / object. In our

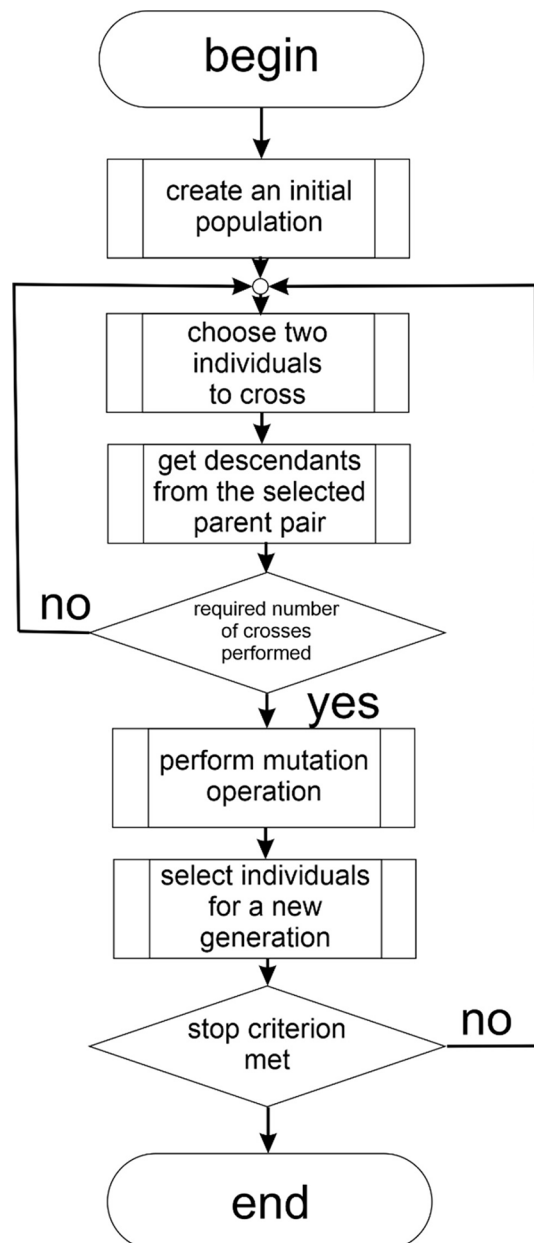


Figure 1 – Block diagram of the genetic algorithm

case, the genome will be the discipline defined in the *i*-th semester. The object / individual is the formed working curriculum.

An allele is one of the variants of the same gene, and only one of the variants can be present on the chromosome. In the case of projection, we are talking about the same discipline, but with a different description.

Heredity is the property of objects / individuals to pass on from generation to generation the properties of parents through genes. Educational programs obtained after GA operations retain the properties of their ancestors, that is, the original educational programs.

The procedure in evolutionary GA takes place in a space consisting of a set *R* of admissible values. The search process occurs by selecting individuals from the presented set *R*, the generated representation is denoted by *R**, which is chosen so that the search algorithm can more easily interact with objects from the *R** representation. The mapping of *R* objects to *R** elements defines the relationship between optimized objects and relationships. This rule of converting objects representing their *R* to *R** is called encoding.

GA works with individuals grouped into one species. Moreover, each individual / object is a concatenation of genes (the operation of combining two or more objects into one). In comparison with the process of evolution, a gene takes on the values of a certain allowed set and represents a unit of heredity of an object, which is passed on to descendants, thus preserving the characteristics of the parent.

Genetic Algorithm Methods

The main function in the genetic algorithm is the process of crossing (crossing over). The main feature

of this process is the accumulation in the offspring of the best traits that the parent had. Crossing over consists in the formation of a new educational program, which turned out in the process of merging two or more educational programs through the exchange of disciplines, that is, fragments of a chromosome. Thus, a new descendant is formed in the process of merging, which retains the properties of its parents, receiving only the best qualities from them. At the moment, there are several types of crossing over:

- single point: a region between genes is selected, which is called a break point, and both parental pair are broken into two segments at the break point. After that, in places of rupture, they are combined with discontinuous segments (Figure 2a).

- two-point crossing over: a site between the genes is selected and two break points are selected, and in this case the resulting segments are swapped and glued together (Figure 2b).

- uniform crossing over: in this variation, each gene is inherited by descendants with a given probability, that is, according to a pre-formed gene mask.

After the formation of a new generation obtained in the process of mutation or crossing over, the question of choosing objects that will continue to form a new generation is being decided.

There are several ways to select objects:

- proportional selection: selection is based on the ratio of the value of its fitness function to the arithmetic mean of this function throughout the population;

- tournament selection: *N* objects are randomly selected, in which the probability of passing to the next round is directly proportional to the degree of

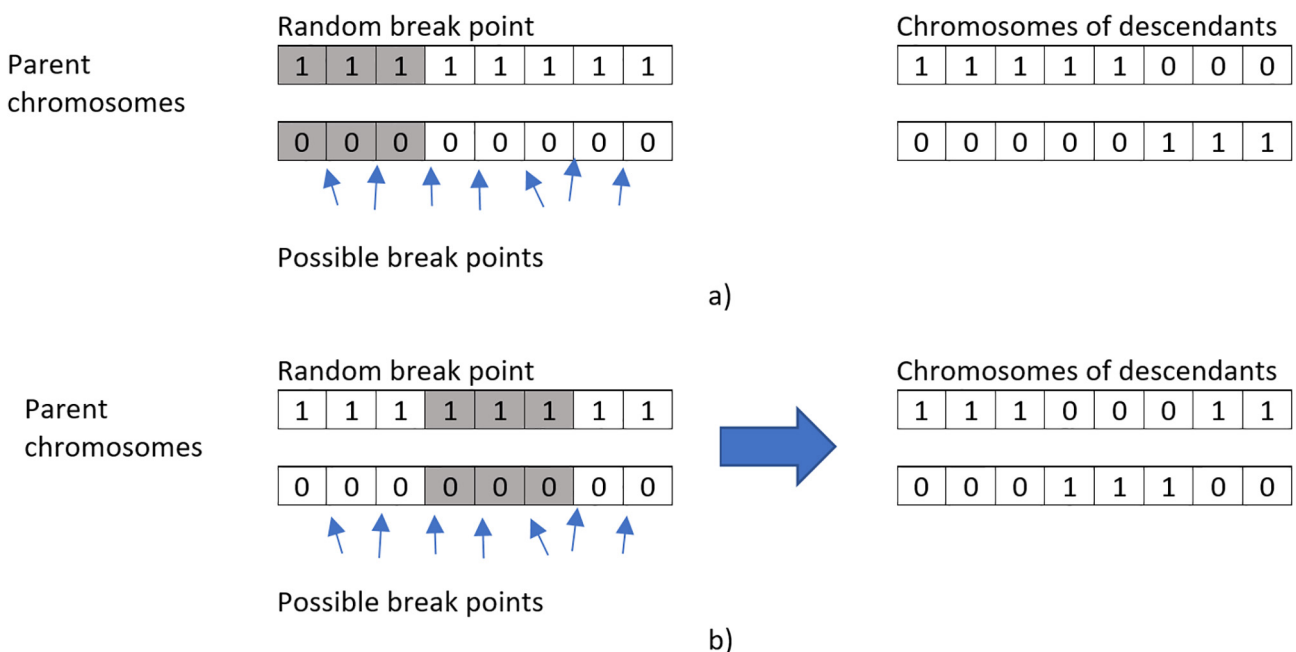


Figure 2 – Crossing over

Individual G ^x	g_1^x	g_2^x	g_3^x	g_4^x	g_5^x	g_6^x	g_7^x
Individual G ^y	g_1^y	g_2^y	g_3^y	g_4^y	g_5^y	g_6^y	g_7^y
Mask	1	1	2	1	2	1	2
Descendant	g_1^x	g_2^x	g_3^y	g_4^x	g_5^y	g_6^x	g_7^y

Figure 3 – Uniform crossing over

its fitness;

- selection by truncation: sorting is performed in descending order of the values of fitness functions, in the list of which objects that have not reached the fitness threshold are cut off.

Thus, an evolutionary process takes place, in which the offspring changes their structure to enhance their fitness function.

Multi-criteria approach to assessing the quality of the working curriculum

General characteristics of the approach

The working curriculum is a complex structure and, accordingly, for a correct assessment of the quality of EP, it is necessary to use a multi-criteria approach, which will take into account the requirements prescribed in the state compulsory education standards, as well as meet the expectations of employers in the preparation of students. We will use the vector format to build a multicriteria strategy, that is, we will characterize certain requirements by private estimates and subsequently derive a vector criterion. One of the features of this approach is the need for the correct form of constructing the vector norm, that is, the criterion for optimizing the working curriculum.

Separate criteria will be considered in the form of a penalty function for non-compliance with the norms prescribed in the state compulsory education standards and other indicators, and we consider optimization from the standpoint of minimizing the norm of the components of the general vector criterion.

Today, there are different ways of constructing the norm of a vector criterion, however, it is proposed to use the minimax method, which is most suitable for the specified algorithm. Optimization with this approach is carried out according to the principle of minimizing the maximum of the values of the vector criterion [8-10]. The minimax approach can be formalized as follows:

$$|K| = \max_{i=1..n} \{K_i\} \rightarrow \min,$$

Where K_i – value of a particular criterion i ; n – number of private criteria.

Assessment of the uniformity of knowledge development

The most meaningful assessment of the uniformity of the distribution of the teaching load by semester is the standard deviation of the number of classroom lessons from their average value for all semesters of the curriculum. Let h_s – be the number of academic credits assigned in semester s , and $\bar{h} = \frac{1}{n} \sum_{s=1}^n h_s$ – is the average value of h_s for the term of study. Then the standard deviation of the number of classroom lessons σ_h will be obtained from the expression

$$\sigma_h = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{h} - h_s)^2}{n - 1}}.$$

Assessing the proximity of dependent disciplines

To assimilate the material of certain disciplines requires knowledge, skills, skills acquired in the study of other disciplines (prerequisites). Moreover, the period between these disciplines should be minimal, since when studying such disciplines, students must resort to knowledge, skills, skills that were obtained in another discipline, that is, it is necessary to restore from memory. Due to the fact that most disciplines from the working curriculum have causal relationships between disciplines, we will define one more criterion. In this case, we will use the methodology for the medium-term forecast of the level of residual knowledge of students:

$$I = I_0 \varepsilon(T), \tag{1}$$

where I is an estimate of the amount of residual knowledge, I_0 – assessment of the amount of residual knowledge acquired T years ago by students $\varepsilon(T)$ – function of the form:

$$\varepsilon(T) = \frac{2A}{2A + T}, \tag{2}$$

where A is the constant of forgetting knowledge.

From equation (2) we obtain the share of knowledge remaining after T years from the moment of their study.

We noted above that it is necessary to minimize particular criteria, then to assess the proximity of dependent disciplines, it is necessary to operate with the addition to one, since the value obtained from equation (2) lies in the range from 0 to 1. Proceeding from this, and also taking into account the semesters, and not «years» we get the following equation:

$$\varepsilon(T) = \frac{s}{A+s}, \quad (3)$$

where s is the number of semesters between disciplines.

We have the following expressions for the overall estimate of the amount of residual knowledge:

$$\sigma_z = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{v_{d_j} \in B_i^d} \varepsilon(\sqrt{(s_i^n - s_i^k - 1)^2}) \right), \quad (4)$$

where s_i^n – semester number start of discipline; s_i^k – semester number of the end of the discipline.

Normalization of partial estimates and construction of a generalizing criterion

The values of the criterion for the effectiveness of the working curriculum is determined by the vector of its particular criteria $\vec{K}(T_U)$ и the equation can be formalized as follows:

$$\vec{K}(T_U) = \max \{ \sigma_h \lambda_h \sigma_z \lambda_z \}, \quad (5)$$

where λ – criterion weighting factor.

The above criteria have a certain dimension, which is necessary for the implementation of the minimax approach that these criteria are comparable. To do this, we will normalize the criteria localized in

one numerical range. The procedure is expressed in the following form:

$$\bar{K}_i = \frac{K_i - K_i^{\min}}{K_i^{\max} - K_i^{\min}},$$

where \bar{K}_i – normalized value of the i -th criterion; K_i – value of the i -th criterion in calculated units; K_i^{\min} and K_i^{\max} – the minimum and maximum value of a particular criterion of efficiency.

After building a working curriculum and choosing a criterion strategy, it is necessary to optimize the working curriculum. In this regard, the task is to develop a genetic model of such a plan.

Conclusion

As a result, the evolutionary genetic algorithm and its projection on the design of interdisciplinary educational programs were considered. The working curriculum is a complex structure and, accordingly, to correctly assess the quality of EP when using this method to solve the problem of developing curricula requires their adaptation and the development of an appropriate multi-criteria approach to assessing the quality of the working curriculum.

REFERENCES

1. Message of President N. Nazarbayev «The third modernization of Kazakhstan: global competitiveness» dated January 31, 2017.
2. Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan. State Program «Digital Kazakhstan» approved by December 12, 2017, No. 827.
3. State compulsory standard of higher education of the Republic of Kazakhstan dated October 31, 2018, No. 604.
4. National qualifications framework. Approved by the protocol of March 16, 2016, by the Republican Tripartite Commission on Social Partnership and Regulation of Social and Labor Relations.
5. Sectoral qualifications framework. Industry: information and communication technologies. Approved by the minutes of the meeting of the Industry Commission in the field of information, informatization, communications and telecommunications dated December 20, 2016, No. 1.
6. Professional standards. Order of the Deputy Chairman of the Board of the National Chamber of Entrepreneurs of the Republic of Kazakhstan «Atameken» No. 171 dated 17.07.2017. Minutes of the meeting of the committee No. 2 dated 06.04.2017.
7. Professional standards. Order of the Deputy Chairman of the Board of the National Chamber of Entrepreneurs of the Republic of Kazakhstan «Atameken» dated 05.12.2018 No. 330. Minutes of the meeting of the committee No. 4/2018 dated December 4, 2018.
8. Geraskin M.I. Formation of control of a multicomponent system with several performance criteria based on the control graph. Samara State Aerospace University. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – 2016. – X21. – Т. 5. – pp. 134-142.
9. Nogin V.D. Making decisions in a multi-criteria environment. – Moscow: Fizmatlit, 2015. – 176 p.
10. Podinovskiy V.V. Pareto-optimal solutions of multicriteria problems. – Moscow: Nauka, 1982. – 256 p.

Пәнаралық білім беру бағдарламасын жобалау үшін эволюциялық-бағытталған әдістерді қолдану

¹*КОЖАНОВ Мурат Галиаскарович, докторант, m.kozhanov@kstu.kz,

¹ЛА Лира Львовна, ф.-м.ф.к., доцент м.а., lira_la@mail.ru,

²АМИРОВ Азамат Жанбулатович, PhD, ЦУДД директоры, azamat-amirov@mail.ru,

²КАЛИНИН Алексей Анатольевич, PhD, доцент, кафедра меңгерушісі, a.kalinin@kstu.kz,

³ГЕРХАРДТ Эдуард, профессор, eduard.gerhardt@hs-coburg.de,

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, 010008, Нұр-Сұлтан, Сәтпаев көшесі, 2,

²Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

³Кобург қолданбалы ғылымдар университеті, Германия, 96450, Кобург, Фридрих Штрейб көшесі, 2,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Көп бейінді білім беру бағдарламасын құру көп сатылы процесс болып табылады, өйткені ол студенттің оқу динамикасын көрсетеді және оқу үдерісіне уақытылы түзетулер енгізуге мүмкіндік беруі тиіс.

Осыған байланысты мақаланың мақсаты мультидисциплинарлық білім беру бағдарламаларын (ББ) жобалау үшін қажетті әдісті және оны бейімдеуді айқындау болып табылады. Бұл мақалада көпбейінді білім беру бағдарламаларын жобалау кезінде екі немесе одан да көп білім беру бағдарламаларын біріктіру әдісін қолдану қарастырылған. Жалпы алғанда, генетикалық алгоритмнің жұмысы блок-схема түрінде ұсынылған. Эволюциялық-генетикалық алгоритмнің сипаттамасы және пәнаралық білім беру бағдарламаларын жобалауға арналған генетикалық алгоритмнің проекциясы сипатталған. Оқу жұмыс жоспарының сапасын бағалаудың көп өлшемді тәсілі ұсынылған: тәуелді пәндердің жақындығын бағалау, білімді дамытудың біркелкілігін бағалау. Мақалада жеке бағалауды қалыпқа келтіру және жалпылама критерийін құру қарастырылады.

Кілт сөздер: ББ жобалау, білім беру бағдарламасы, эволюциялық-генетикалық алгоритм, көпбейінді білім беру бағдарламасы.

Применение эволюционно-ориентированных методов для проектирования междисциплинарных образовательных программ

¹*КОЖАНОВ Мурат Галиаскарович, докторант, m.kozhanov@kstu.kz,

¹ЛА Лира Львовна, к.ф.-м.н., и.о. доцента, lira_la@mail.ru,

²АМИРОВ Азамат Жанбулатович, PhD, директор ДРЦУ, azamat-amirov@mail.ru,

²КАЛИНИН Алексей Анатольевич, PhD, доцент, зав. кафедрой, a.kalinin@kstu.kz,

³ГЕРХАРДТ Эдуард, профессор, eduard.gerhardt@hs-coburg.de,

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, 010008, Нур-Султан, ул. Сатпаева, 2,

²Карагандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

³Университет прикладных наук Кобурга, Германия, 96450, Кобург, ул. Фридриха Штрейба, 2,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Построение мультидисциплинарной образовательной программы является многошаговым процессом, поскольку она отражает динамику обучения студента и должна позволять своевременно корректировать процесс обучения. В этой связи целью статьи является определение необходимого метода и его адаптации для проектирования мультидисциплинарных образовательных программ (ОП). В данной статье рассмотрено применение метода для слияния двух и более образовательных программ при проектировании мультидисциплинарных образовательных программ. В общем виде работа генетического алгоритма представлена в виде блок-схемы. Описана характеристика эволюционно-генетического алгоритма и проекция генетического алгоритма на проектирование междисциплинарных образовательных программ. Представлен многокритериальный подход оценки качества рабочего учебного плана: оценка близости зависимых дисциплин, оценка равномерности освоения знаний. В статье проведены нормализация частных оценок и построение обобщающего критерия.

Ключевые слова: проектирование ОП, образовательная программа, эволюционно-генетический алгоритм, мультидисциплинарная образовательная программа.

REFERENCES

1. Message of President N. Nazarbayev «The third modernization of Kazakhstan: global competitiveness» dated January 31, 2017.
2. Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan. State Program «Digital Kazakhstan» approved by December 12, 2017, No. 827.
3. State compulsory standard of higher education of the Republic of Kazakhstan dated October 31, 2018, No. 604.
4. National qualifications framework. Approved by the protocol of March 16, 2016, by the Republican Tripartite Commission on Social Partnership and Regulation of Social and Labor Relations.
5. Sectoral qualifications framework. Industry: information and communication technologies. Approved by the minutes of the meeting of the Industry Commission in the field of information, informatization, communications and telecommunications dated December 20, 2016, No. 1.
6. Professional standards. Order of the Deputy Chairman of the Board of the National Chamber of Entrepreneurs of the Republic of Kazakhstan «Atameken» No. 171 dated 17.07.2017. Minutes of the meeting of the committee No. 2 dated 06.04.2017.
7. Professional standards. Order of the Deputy Chairman of the Board of the National Chamber of Entrepreneurs of the Republic of Kazakhstan «Atameken» dated 05.12.2018 No. 330. Minutes of the meeting of the committee No. 4/2018 dated December 4, 2018.
8. Geraskin M.I. Formation of control of a multicomponent system with several performance criteria based on the control graph. Samara State Aerospace University. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – 2016. – X21. – Т. 5. – pp. 134-142.
9. Nogin V.D. Making decisions in a multi-criteria environment. – Moscow: Fizmatlit, 2015. – 176 p.
10. Podinovskiy V.V. Pareto-optimal solutions of multicriteria problems. – Moscow: Nauka, 1982. – 256 p.

Android қосымшаларын әзірлеуге Java мен Kotlin бағдарламалау

¹*ӘДІЛХАН Ахмет Беркутұлы, магистрант, adilhan512133@gmail.com,

¹СМАГУЛОВА Асемгуль Сериковна, т.ғ.к., доцент, asemgul_sss@mail.ru,

¹Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Технологияның дамып келе жатқан әлемінде мобильді қосымшалар жаһандық мобильді нарықтың тез дамып келе жатқан сегменті болып табылады. Мақаланың мақсаты – Android қосымшасындағы Java мен Kotlin-ді салыстыру және қорытынды жасау. Мақалада Java-ның Android қосымшаларын бағдарламалау платформасы ретінде қалай қолданылатындығы сипатталған. Java-ның да, Kotlin-нің де әртүрлі ерекшеліктерін зерттеуге тырысады, соңында Android әзірлеуде қандай бағдарламалау тілі ыңғайлы екендігі туралы қорытынды жасалады.

Кілт сөздер: Android, Kotlin, Java, кеңейту функция, конструктор, нөлдік қауіпсіздік.

Кіріспе

Технологияның дамып келе жатқан әлемінде мобильді қосымшалар жаһандық мобильді нарықтың тез дамып келе жатқан сегменті болып табылады. Мобильді қосымшалар пайдаланушыларға бай және жылдам пайдаланушы тәжірибесін беру үшін жылдам қарқынмен дамуда. Бұл мақаланың мақсаты – Android қосымшасындағы Java мен Kotlin арасындағы салыстыру және қорытынды жасау. Мақалада Java-ның Android қосымшаларын бағдарламалау платформасы ретінде қалай қолданылатындығы сипатталған. Java-ның, Kotlin-нің әр түрлі мүмкіндіктері салыстырылған, соңында әзірлеушілерге қай бағдарламалау тілі ыңғайлы келетіні туралы қорытынды жасалынған.

2 Android операциялық жүйесі

Google Android-ті Linux платформасында жұмыс істейтін ұялы телефондарға арналған ашық операциялық жүйе ретінде іске қосқан. Бастапқыда Android Inc компаниясы жасаған, кейін Google компаниясы сатып алған.

Android түрлі нұсқаларында шығарылады. Android-тің әр нұсқасы десертке арнап аталынған. Android-тің бірінші аталған нұсқасы Cupcake деп аталады. Marshmallow, Nougat, Oreo, Lollipop, Kitkat, Jellybeans – бұл Android-тің басқа нұсқалары. Мәліметтерге сәйкес, 2021 жылдың ақпан айында Android-тің ең соңғы нұсқасы – Android 12 Snow Cone болып саналынады [7].

Android – 2011 жылдан бастап смартфондарда және 2013 жылдан бастап планшеттерде әлемдегі ең көп сатылатын ОЖ. 2017 жылдың мамыр айындағы жағдай бойынша оның айына екі мил-

лиардтан астам белсенді қолданушылары бар, ал 2021 жылдың қаңтар айындағы жағдай бойынша Google Play Store-да 3 миллионнан астам қосымшалар бар. Қазіргі Android-тың тұрақты нұсқасы – 2020 жылдың 8 қыркүйегінде шығарылған Android 11.

3 Java объектіге-бағытталған бағдарламалау тілі

Java – бұл Sun Microsystems алғаш рет 1995 жылы шығарған бағдарламалау тілі. Оны смартфоннан бастап мейнфреймге дейінгі әртүрлі құрылғыларда табуға болады. Біз оны жұмыс үстелінде, тіпті Raspberry Pi-де де қолдана аламыз.

Java тілі Android операциялық жүйесі үшін мобильді қосымшаларды құру үшін белсенді қолданылады. Бұл жағдайда бағдарламалар Dalvik виртуалды машинасында қолдану үшін стандартты емес байт-кодқа жинақталады. Android 5.0 бастап виртуалды машина ART-қа ауыстырылды. Мұндай компиляция үшін қосымша құрал қолданылады, атап айтқанда Google жасаған Android SDK. Қосымшаны әзірлеуді Android Studio, NetBeans, Eclipse бағдарламаларында Android Development Tools плагинінің көмегімен жасауға болады. 2014 жылдың 8 желтоқсанында Android Studio Google-мен Android ОЖ-ның ресми даму ортасы ретінде танылды [2].

4 Kotlin объектіге-бағытталған бағдарламалау тілі

Kotlin – Java Virtual Machine-де жұмыс істейтін және JetBrains жасаған объектіге бағытталған бағдарламалау тілі. Бағдарламалау тілі Кронштадт қаласы орналасқан Финляндия шыға-

нағындағы Котлин аралының атымен аталған. Оның негізгі әзірлеуін Ресейдің Санкт-Петербург қаласында орналасқан JetBrains бағдарламашылар тобы басқарады. Тіл 2010 жылдан бері дамып келеді және 2011 жылдың шілдесінде көпшілікке ұсынылды. Google I/O 2019-да Kotlin бағдарламалау тілі Android әзірлеуде басымдыққа ие болды деп жарияланды [5].

Авторлар Java-ға қарағанда анағұрлым қысқа және типті қауіпсіз және Scala-ға қарағанда қарапайым тіл құруды мақсат етті. Scala-мен салыстырғанда жеңілдетудің салдары IDE-де тезірек компиляция және тілді жақсырақ қолдау болды. Тіл Java-мен толығымен үйлесімді, бұл java әзірлеушілеріне оны біртіндеп қолдануға көшуге мүмкіндік береді [6].

5 Java мен Kotlin арасындағы салыстырмалы зерттеу

А. Кеңейту функциялар

Кеңейту функциялары функционалдылықты белгілі бір типтерге қосуға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда типтерді басқа жерде, мысалы, стандартты кітапханада анықтауға болады.

Келтірілген мысалға сәйкес, бізге бірінші және соңғы таңбалар жойылған жаңа жолды қайтаратын String класының функциясы қажет; бұл әдіс String класында қолжетімді емес. Кластан тыс жарияланған кеңейту функциясы алдын ала анықталған функцияларды кеңейтетін көрсетілген кластың функционалдығын жасайды. Бұл функцияны келесідей кеңейтуге болады:

```
fun String.removeFirstLastChar(): String =
    this.substring(1, this.length - 1)
```

```
fun main(args: Array<String>) {
    val myString= "Hello Student"
    val res = myString.removeFirstLastChar()
    println("First string is: $res")
}
```

Kotlin бағдарламалау тілі кеңейту функциялары мен қасиеттерін қолдайды.

Ал Java бағдарламалау тілі кеңейту функцияларды қолдамайды. Әдетте кеңейту функцияларды қолдану үшін Android фреймворктері қолданылады. Бірақ Android фреймворктері кейде жағдайды қиындатады.

Ә. Тексерілген ерекшелік

Java жұмыс кезінде ерекше жағдайларды өңдеу үшін try ... catch блогын қолданады. Мұнда негізінен тексерілген ерекшеліктер қолданылады. Тексерілетін ерекшелік – бұл шақырылатын әдісте жарияланатын немесе ұсталыну керек ерекшелік түрі.[3]

Төменде Java try ... catch блогының синтаксисі келтірілген:

```
try
{ // код }
```

```
catch (e: SomeException)
{ // өңдеуші }
finally
{ // қосымша finally блогы }
```

Нөл немесе одан да көп catch блоктар болуы мүмкін, ал finally блок бір немесе мүлдем болмайды. catch блогы немесе finally блогы қажет.

Java-да, егер әдіс ішіндегі кез-келген код тексерілген ерекшелікті шақырса, онда әдіс не ерекше жағдайды өңдеуге, не пернетақтаның көмегімен throws ерекшелікті көрсетуге тиіс.

Kotlin-нің тексерілген ерекшеліктері жоқ. Kotlin-дегі барлық ерекше класстар – бұл Throwable класының ұрпақтары. Kotlin-де ерекшеліктерді өңдеу үшін throw өрнегін қолдануға болады.

```
fun fail(message: String): Nothing
{ throw IllegalArgumentException(message) }
```

```
val s = person.name ?: throw IllegalArgumentException("Name required")
```

Тексерілген ерекшеліктер логиканы немесе код ағынын бұзуы мүмкін. Әсіресе, қоңырау шалудың көптеген әдістері бар кодтарда тексерілген ерекшеліктерді қолдану, код ағынын жоғалтуға әкелуі мүмкін.

Екіншіден, үлкен бағдарламалар болған жағдайда, тексерілген ерекшеліктер өнімділіктің төмендеуіне және кодтың жақсаруының шамалы немесе мүлдем болмауына әкеледі.

Б. Конструкторлар

Kotlin-де бастапқы конструктор да, екінші конструктор да болуы мүмкін. «constructor» кілт сөзі екінші конструкторды жариялау үшін қолданылады. Ол әрқашан бастапқы конструкторға сілтеме жасауы керек.

Екінші конструктордың мысалы:

```
class Student {
    val name: String
    val faculty: String
    val department: String
    private var elective = false
```

```
    constructor(name: String, faculty: String, department:
String) {
        this.name = name
        this.faculty = faculty
        this.department = marks
    }
```

```
    constructor(name: String, faculty: String, department:
String, elective:
Boolean) : this(name, faculty, department) {
        this.elective = elective
    }
```

Жоғарыда келтірілген мысалда бастапқы кон-

структурда 3 параметр, ал екінші конструкторда 4 параметр бар.

Java-да конструктор шамадан тыс жүктелген жағдайда код келесідей болады:

```
class Student {
    String name;
    String faculty;
    String department;
    Int elective;

    Student (String name, String faculty, String
department)
    {
        this.name = name;
        this.faculty = faculty;
        this.department = department;
        this.elective = 0;
    }

    Student (String name, String faculty, String
department, Int elective)
    {
        this.name = name;
        this.faculty = faculty;
        this.department = department;
        this.elective = elective;
    }
}
```

Екінші конструктор функциясы Java-да жоқ. Екінші конструктордың пайдалылығы – ол код жолдарын қысқартады.

Д. Нөлдік қауіпсіздік

Көптеген бағдарламалау тілдерінде, соның ішінде Java-да жиі кездесетін қателіктердің бірі – нөлдік сілтеме мүшесіне кіру нөлдік сілтемені ерекшелікке әкеледі. Java-да бұл NullPointerException немесе қысқартылған NPE-ге балама болар еді.[4] Kotlin нөлдік күйін өңдеу үшін нөлдік қауіпсіздік деп аталатын функцияны қолданады. Егер ол анық шақырылмаса, Kotlin NullPointerException ерекшелігін жасамайды.

Төменде Java коды көрсетілген:

```
Public static void main(String args[])
{
    String name= null;
    System.out.println(name.length());
}
```

Output: Null Pointer Exception

Төменде Kotlin-дегі код көрсетілген:

```
Fun main(args: Array<String>)
{
    var name: String? = null
    println(name?.length)
}
```

Output: Null

Kotlin-де кодтау кезінде Null Pointer ерекшелік Java-ға қарағанда код ағындарын бұзбайды. Ол NULL нәтижесін береді.

Е. Жалқау жүктеу

Жалқау жүктеу қажет емес кезде қосымша деректерді жүктеуден бас тартуды білдіреді. Оның орнына, деректер жүктелмегені және қажет болған жағдайда жүктеу керек екендігі туралы белгі қойылады. Осылай, жалқау жүктеу функциясы, жүктеу уақытын азайтады. Kotlin жалқау жүктеу функциясын қолдану мүмкіндік ұсынады.

Java-да жалқау жүктеу сияқты функция жоқ. Сондықтан қосымшаны іске қосу кезінде көптеген керек емес ақпараттар жүктеледі, бұл қосымшаның жұмысын баяулатады.

Қорытынды

Талдау кезінде біз Kotlin және Java-ның артықшылықтары мен кемшіліктері бар екенін білдік. Жаңадан бастаушылар тұрғысынан Java-әзірлеушілер арасында кеңінен қолданылатын өте танымал тіл, сондықтан Java – әзірлеуде тиімді тіл болып саналады.

Android-те әзірлеу – бұл бүкіл әлемде болып жатқан даму мұхитындағы тамшы ғана. Осылайша, бастауыш бағдарламашыларға, Java туралы білім Kotlin мүмкіндіктерін кеңейтуге қарағанда пайдалы.

Екіншіден, Java бағдарламашыларының үлкен қауымдастығы бар, яғни тығырыққа тірелгенде бағдарламалаудың маңызды сұрақтарына жауап табамыз. Бұл өте маңызды, өйткені жаңадан бастаушы ретінде біз әдеттегі сценарийде техникалық қиындықтарға кезігеміз және біз тіреліп қалған кезде қайда бару керектігін білмеуіміз мүмкін. Java проблемалары туралы іздегенде, біз міндетті түрде жауап аламыз.

Kotlin туралы олай айтуға қиын, ол әлі де дамып келе жатқан тіл.

Дегенімен, Kotlin келесі себептерге байланысты әзірлеушілерге тиімдірек болар еді:

1. Тіл мен қоршаған орта жетілген

Басқа бағдарламалау тілдерінен айырмашылығы, Kotlin шығарылымы 1.0 соңғы нұсқасын шығарғанға дейін көптеген кезеңдерден өтті. Kotlin басқа бағдарламалау тілдерінде туындайтын барлық ықтимал проблемалар эволюцияның соңғы кезеңіне дейін шешілгендігін білдіреді.

2. Kotlin Android әзірлеуін едәуір жеңілдетеді

Kotlin бағдарламалауды жеңілдетеді және Android қосымшаларын жақсартады. Kotlin – қазіргі заманғы бағдарламалау тілі. Бұл Android қосымшаларын жасаушыларға мүмкіндіктер терезесін ашады, бұл әзірлеушілерді өнімді етеді.

3. Kotlin сіздің кодыңыздағы қателерді азайтуға көмектеседі

Kotlin компиляторы қателерді табуды едәуір жеңілдетіп, мүмкіндігінше бірқалыпты жұмыс істеуге тырысады. Жұмыс уақытында қателіктерге жол бермеу және қателерді түзету үшін шығындар мен күштерді азайту үшін Kotlin компилято-

ры көптеген тексерулерді орындайды.

4. Kotlin коды қауіпсіздік

Kotlin көмегімен бағдарламалаудың жалпы қателіктерін оңай болдырмауға болады, нәтижесінде жүйенің ақауларын азайтады. Бұл Kotlin коды кез-келген басқа бағдарламалық кодқа қарағанда қауіпсіз екенін дәлелдейді.

5. Kotlin неғұрлым қысқа

Kotlin көптеген жағдайларда кез-келген басқа

бағдарламалау тілдеріне қарағанда қысқа; бұл бізге бірдей мәселелерді аз кодпен шешуге мүмкіндік береді. Бұл техникалық қызмет көрсету ыңғайлылығы мен кодты оқуды жақсартады, яғни инженерлер кодты тиімді жаза, оқи және өзгерте алады.

Android жобаны Kotlin-ге түрлендіруге қолдау көрсететіндіктен, әзірлеуші әрқашан еркін ауыса алады.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альфред, В. Ахо Компиляторы. Принципы, технологии и инструментарий / Альфред В. Ахо и др. – М.: Вильямс, 2015. – 689 с.
2. Савитч, Уолтер Язык Java. Курс программирования / Уолтер Савитч. – М.: Вильямс, 2015. – 928 с.
3. Хабибуллин Ильдар. Самоучитель Java / Ильдар Хабибуллин. – М.: БХВ-Петербург, 2014. – 768 с.
4. Шилдт, Герберт Java 8. Руководство для начинающих / Герберт Шилдт. – М.: Вильямс, 2015. – 720 с.
5. Осипов, Дмитрий Delphi. Программирование для Windows, OS X, iOS и Android / Дмитрий Осипов. – М.: «БХВ-Петербург», 2014. – 464 с.
6. Майер Рето: Android 4. Программирование приложений для планшетных компьютеров и смартфонов. М.: Эксмо, 2013. – 816 с.
7. Смагулова А.С., Қасқатаева Г.Қ. Білім беру жүйесінде оқу үдерісін мониторингілеу үшін мобильді қосымшалар орны // Научно-технический журнал «Автоматика и информатика» №2 [43]. 2018. С. 80-84.

Программирование на Java и Kotlin в разработке приложений для Android

¹*ӘДІЛХАН Ахмет Беркутұлы, магистрант, adilhan512133@gmail.com,

¹СМАГУЛОВА Асемгуль Сериковна, к.т.н., доцент, asemgul_sss@mail.ru,

¹Қарагандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

*автор-корреспондент.

Аннотация. В растущем мире технологий мобильные приложения являются быстрорастущим сегментом глобального мобильного рынка. Цель статьи – сравнить Java и Kotlin в приложении для Android и сделать выводы. В статье описано, как Java используется в качестве платформы для программирования приложений Android. Анализируются различные особенности как Java, так и Kotlin, и, наконец, делается вывод о том, какой язык программирования удобен в Android разработке.

Ключевые слова: Android, Kotlin, Java, функция расширения, конструктор, нулевая безопасность.

Java and Kotlin Programming in Android Application Development

¹*ADILKHAN Akhmet, master student, adilhan512133@gmail.com,

¹SMAGULOVA Asemgul, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, asemgul_sss@mail.ru,

¹Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

*corresponding author.

Abstract. In the growing world of technology, mobile apps are a fast-growing segment of the global mobile market. The purpose of the article is to compare Java and Kotlin in an Android app and draw conclusions. This article describes how Java is used as a platform for programming Android applications. Various features of both Java and Kotlin are analyzed, and finally, a conclusion is made about which programming language is convenient in Android development.

Keywords: Android, Kotlin, Java, extension function, constructor, zero security.

REFERENCES

1. Al'fred, V. Aho Kompilyatory. Principy, tekhnologii i instrumentarij / Al'fred V. Aho i dr. – Moscow: Vil'yams, 2015. – 689 p.
2. Savitch, Uolter YAzyk Java. Kurs programmirovaniya / Uolter Savitch. – Moscow: Vil'yams, 2015. – 928 p.
3. Habibullin Il'dar. Samouchitel' Java / Il'dar Habibullin. – Moscow: BHV-Peterburg, 2014. – 768 p.
4. SHildt, Gerbert Java 8. Rukovodstvo dlya nachinayushchih / Gerbert SHildt. – Moscow: Vil'yams, 2015. – 720 p.
5. Osipov, Dmitriy Delphi. Programmirovaniye dlya Windows, OS X, iOS i Android / Dmitriy Osipov. – Moscow: "BHV-Peterburg", 2014. – 464 p.
6. Majer Reto: Android 4. Programmirovaniye prilozhenij dlya planshetnyh komp'yutеров i smartfonov. Moscow: Eksmo, 2013. – 816 p.
7. Smagulova A.S., Qasqataeva G.Q. Bilim beru juiesinde oqu uderisin monitoringileu ushin mobildi qosymshalar orny // Nauchno-tehnicheskii jurnal "Avtomatika i informatika" no. 2 [43]. 2018. pp. 80-84.

Исследование параметров индукционного электровакуумного нагревателя парового электрообогревателя низкого давления

¹МЕХТИЕВ Али Джаванширович, к.т.н., ассоциированный профессор, barton.kz@mail.ru,

²*БУЗЯКОВ Рустам Равильевич, докторант, r.buzyakov@gmail.com,

³КИМ Павел Михайлович, директор, levar_64@mail.ru,

²АЛЬКИНА Алия Даулетхановна, старший преподаватель, alika_1308@mail.ru,

¹Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Казахстан, 010011, Нур-Султан, пр. Женис, 62,

²Карагандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

³ТОО «Конструктор 2014», Казахстан, 100017, Караганда, пр. Н. Абдирова, 47/2,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Целью данной статьи является анализ результатов исследования индукционного электровакуумного нагревателя парового электрообогревателя низкого давления. Рассмотрен вопрос необходимости применения систем с электрическими отопительными приборами для теплоснабжения производственных помещений. Проведен анализ литературы по теме исследования. Представлена конструктивная схема парового электрообогревателя низкого давления. Описана схема испытаний индукционного электровакуумного нагревателя. Проведены исследования с электровакуумными нагревателями. В результате исследований установлено, что паровой электрообогреватель низкого давления может быть заменой масляному и спиральному электрическому обогревателю, сочетая в себе их преимущества, при этом производя комфортное тепло, а также работать в более эффективном конвекционно-лучистом режиме теплообмена.

Ключевые слова: радиатор, электрообогреватель, энергосбережение, вакуум, тепловой прибор, система отопления.

Введение

В Казахстане сектор промышленности занимает значительную долю потребления энергетических ресурсов. Данная отрасль имеет большой потенциал энергосбережения, т.к. большинство производственных комплексов предприятий на данный момент значительно устарели. Актуальной также является проблема вредных выбросов в окружающую среду.

Одним из основных вопросов теплоснабжения промышленных предприятий является нерациональное использование тепла, т.к. при больших объемах помещений производственных цехов необходим обогрев только зоны, в которой работают люди и находится оборудование. Высота рабочей зоны составляет 2 метра и занимает около 20-30% общего объема. Нагрев около 75% воздуха относится к неэффективным затратам. Также часто требуется обеспечить микроклимат для каждого отдельного цеха.

Создание необходимых условий микроклимата производственных помещений с наименьшими затратами ресурсов возможно с помощью

систем с электрическими отопительными приборами [1].

Анализ литературы по теме исследований

Электрический обогреватель (ЭО) является компактным тепловым прибором, которому не требуется трубопровод, а только электрический кабель, что делает его более простым в эксплуатации. В начале XX века французский инженер основал компанию «Нуаро», а также разработал и наладил массовый выпуск спиральных ЭО. Электрическая спираль находилась в корпусе и обдувалась вентилятором, что является довольно простой и эффективной конструкцией. В 30-х годах XX века были разработаны конструкции масляных электрообогревателей, где было предложено трубчатый нагревательный элемент погрузить в масло, находящееся в герметизированном корпусе [2].

За долгие годы ЭО претерпели ряд модернизаций и усовершенствований, например, приобрели системы автоматического регулирования режима работы.

В мире насчитывается достаточно значительное количество производителей ЭО: Siemens,

General Climate, Polaris, Hansa, Timberk, Supra, Wika, Fluke, De'Longhi, Hyundai, Pесанта, ZASS, Kaiser, Ballu [3]. В Казахстане ЭО практически не производятся, подавляющее большинство экспортируются из Китая.

В источнике [4] рассмотрена термоакустическая теория, которая была использована в разработке опытного образца электровакуумного нагревателя. В источнике [5] приведены результаты исследований новой системы автономного теплоснабжения на основе тепловых насосов и накопителей энергии.

Конструкция исследуемого электровакуумного нагревателя выполнена на основе известной тепловой трубки, которая подробно описана в [6].

Описание объекта исследований и схемы измерений

Объектом исследования является индукционный электровакуумный нагреватель парового электрообогревателя низкого давления. Нагревательные элементы устанавливаются внутри защитного кожуха и контактируют с внешней лицевой поверхностью. Принцип работы парового электрообогревателя низкого давления (ПЭНД) подробно описан в [7, 8] и основан на использовании эффекта тепловой трубки с фитилем для отвода конденсата в зону нагрева. Внешний вид ПЭНД представлен на рисунке 1.

Изготовлены опытные лабораторные образцы с потребляемой электрической мощностью 600, 800 и 1000 Вт.

ПЭНД работает от сети переменного тока промышленной частоты 220 В.

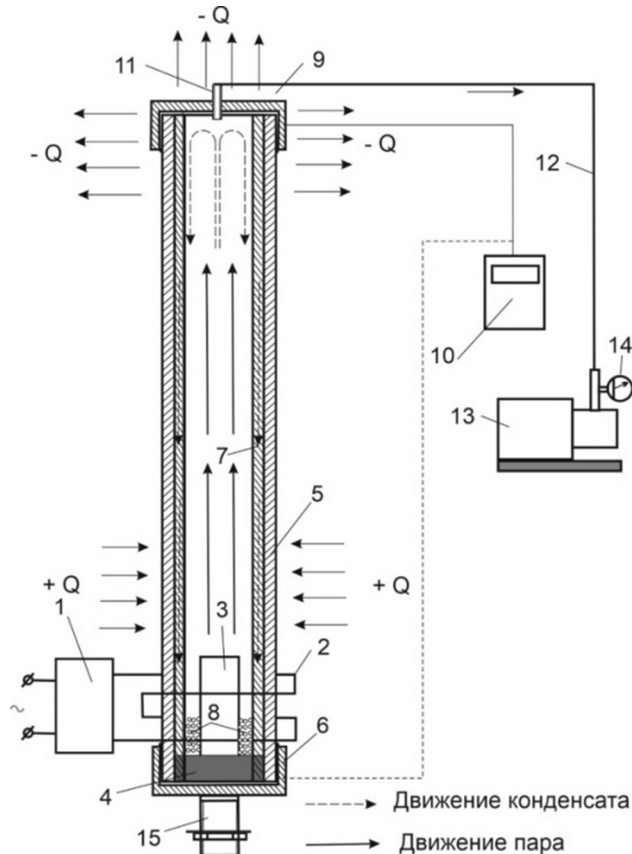
В ПЭНД для управления режимами работы используется электронное температурное реле с термодатчиком. Тип электрообогревателя лучисто-конвекционный. Основным элементом ПЭНД является индукционный электровакуумный нагреватель, схема которого представлена на рисунке 2. В качестве теплоносителя используется дистиллированная вода.

Особенностью протекания тепловых процессов является нагрев трубки в нижней части. На рисунке 2 стрелками показана область подвода теплоты (+Q), которая находится в нижней части. В верхней части происходит отдача тепла в окружающее пространство (-Q). Для измерения температуры использовались два прибора. Периодический контроль температуры различных участков трубки и наиболее нагретых областей осуществлялся при помощи лазерного измерителя температуры Fluke 51. Для постоянного контроля температуры областей подвода и отдачи теплоты использовался (+Q) 4-канальный цифровой термометр НТ-9815. В дальнейшем при построении графиков учитывалась температура нагретой поверхности тепловой трубки только в верхней части, так как была наибольшей.

Описание схемы испытаний индукционного электровакуумного нагревателя сводится к следующему: источник питания высокой частоты 1 подключен к обмотке 2, которая наводит токи Фуко (вихревой индукционный объемный электрический ток) в стальном сердечнике. Индукционный нагреватель мощностью 80 Вт способен разогреть сердечник до температуры в 300°C при необходимости. В номинальном режиме работы электровакуумный нагреватель работает в температурном диапазоне от 30 до 80°C. При нагреве теплоноситель 4 закипает в области подвода теплоты (+Q), испаряется и перемещается в верхнюю часть трубки в область отдачи теплоты (-Q). Перемещение теплоносителя показано стрелками (рисунок 2). Во внутренней полости трубки 5 создается вакуум, что позволяет теплоносителю перемещаться со звуковой скоростью. Трубка герметично закрыта с двух сторон крышками 6 и 9, которые припаяны к ней. После остывания теплоноситель перемещается вниз по пористому слою 7 в область нагрева и испарения 8. Данный слой необходим для возврата конденсата при случае, если трубка занимает горизонтальное положение.



Рисунок 1 – Внешний вид ПЭНД



1 – источник питания высокой частоты, 2 – обмотка высокой частоты, 3 – стальной сердечник, 4 – теплоноситель, 5 – стенки трубки, 6 – нижняя крышка трубки, 7 – пористый слой, 8 – зона кипения теплоносителя, 9 – верхняя крышка трубки, 10 – измеритель температуры, 11 – заправочная трубка, 12 – соединительный шланг, 13 – вакуумный насос, 14 – вакуумметр, 15 – элемент крепления трубки
 Рисунок 2 – Схема испытаний индукционного электровакуумного нагревателя

ние. Температура контролируется при помощи измерителя 10. Вакуум создается при помощи заправочной трубки 11, которая при помощи соединительного шланга 12 присоединяется к вакуумному насосу 13. Параметры вакуума измерялись при помощи стрелочного прибора 14. Трубка была закреплена на штативе при помощи элемента крепления 15.

В исследованиях использованы теоретические сведения, связанные с процессом теплопередачи в электровакуумном нагревателе с использованием преобразования Фурье, а также соотношение Клаузиуса-Клайперона для конвективного теплопереноса паром, подробно рассмотрены ранее и приведены в источнике [2].

Результаты лабораторных исследований индукционного электровакуумного нагревателя

На рисунке 3 и 4 приведены усредненные данные набора температуры электровакуумным нагревателем мощностью 60 и 80 Вт, в зависимости от его массы. Объем теплоносителя 15 мл. Электровакуумный нагреватель выполнен из медной трубки диаметром 28 мм. Давление во внутренней полости трубки составило 5,066 кПа (0,05 Атм). Начальная температура трубки электровакуумного нагревателя составляла 23°C. После каждого нагрева трубка охлаждалась для проведения следующего опыта.

Проведены исследования с электровакуумными нагревателями (тепловые трубки) диаметром от 20 до 32 мм и длиной от 300 до 450 мм. Одни из результатов исследования приведены на рисунках 5 и 6, где приведен график зависимости времени набора температуры электровакуумного нагревателя весом 0,469 кг, при объеме теплоносителя 10 и 15 мл, потребляемая электрическая мощность

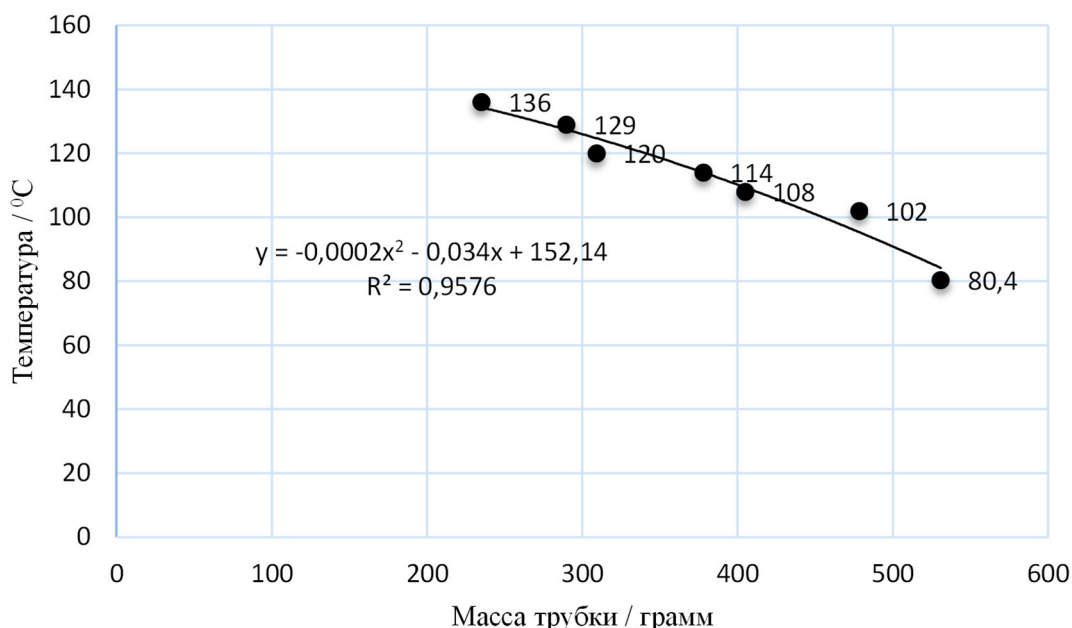


Рисунок 3 – График набора температуры электровакуумным нагревателем мощностью 60 Вт

составила 80 Вт. Использовалась тепловая трубка диаметром 32 мм и длиной 350 мм.

Обсуждение и выводы

Анализ графиков на рисунках 3 и 4 показал, что при увеличении массы электровакуумного нагревателя температура его поверхностей нагрева снижается, что позволяет при определенных параметрах выйти на температуру 80°C. Электровакуумный нагреватель способен работать в режиме конвективного и лучистого теплообмена. На рисунке 5 и 6 видно, что объем теплоносителя влияет на показатели набора температуры.

Исследования показали, что оптимальным объемом теплоносителя является объем от 10 до 15 мл. Установлено, что при увеличении объема на 20 мл и более показатели набора температуры снижаются, а уменьшение объема теплоносителя на 10 мл и менее негативно сказывается на достижении температуры трубки более 200°C. Соответственно объем теплоносителя должен быть в указанных пределах для трубки диаметром 32 мм, при увеличении диаметра трубки, а также ее длины, объем теплоносителя пропорционально увеличивается.

В процессе исследований установлено, что

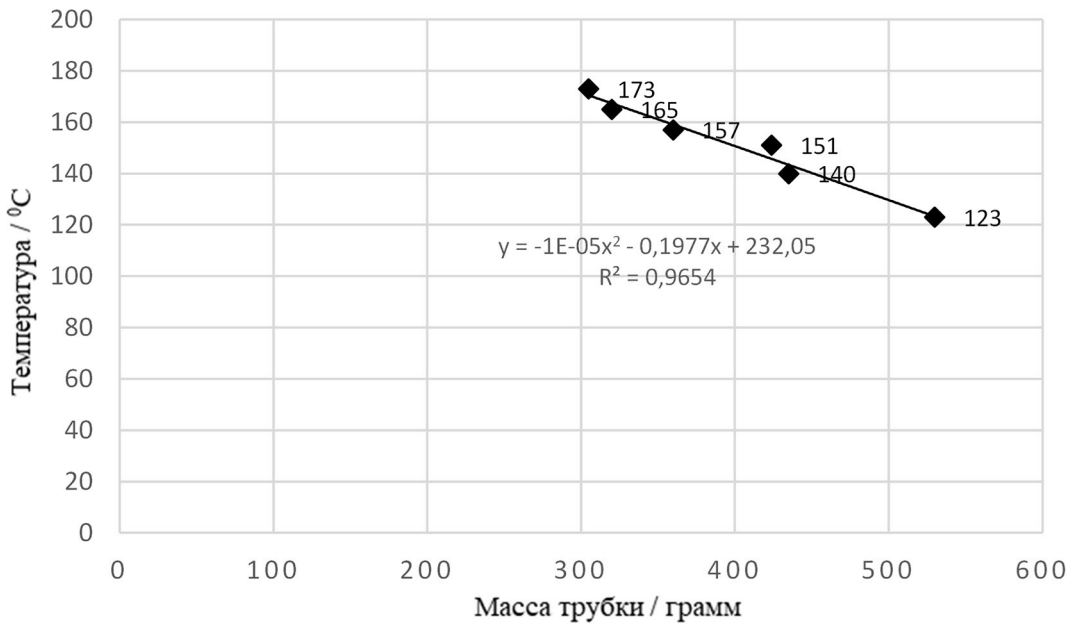


Рисунок 4 – График набора температуры электровакуумным нагревателем мощностью 80 Вт

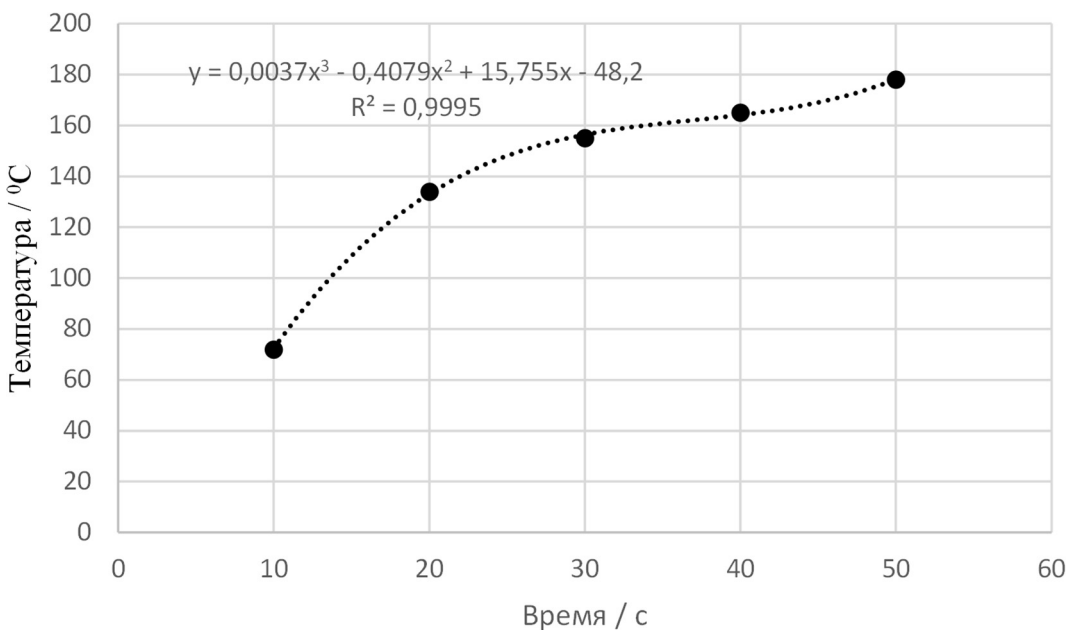


Рисунок 5 – График зависимости времени набора температуры электровакуумного нагревателя при объеме теплоносителя 10 мл

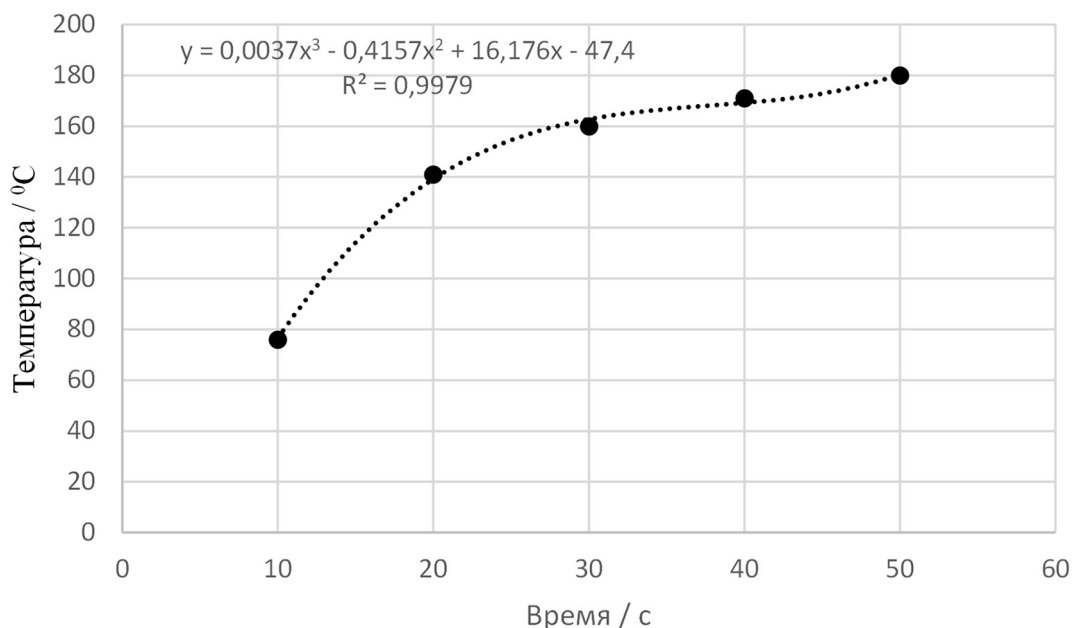


Рисунок 6 – График зависимости времени набора температуры электровакуумного нагревателя при объеме теплоносителя 15 мл

параметр давления внутри трубки влияет на эффективность нагрева электровакуумного нагревателя и снижение давления внутри трубки с 5,066 кПа (0,05 Атм) до 3,01 кПа (0,03 Атм) позволит увеличить эффективность работы электровакуумного нагревателя на 15-20%. Снижение давления позволяет уменьшить сопротивление движению тепловых частиц, что приводит к снижению потерь энергии на трение в более разреженной атмосфере. Скорость движения тепловых частиц электровакуумного нагревателя может достигать звуковой. В процессе исследований установлено, что при повышении давления во внутренней полости электровакуумного нагревателя, выше 0,1 Атм, эффект высокосортного нагрева полностью теряется и возникают проблемы с набором необходимой температуры.

Паровой электрообогреватель низкого давления может быть заменой масляному и спирально-

му электрическому обогревателю, сочетая в себе их преимущества, при этом производя комфортное тепло, а также работать в более эффективном конвекционно-лучистом режиме теплообмена. Паровой электрообогреватель низкого давления является экологически безопасным тепловым прибором, так как в качестве теплоносителя используется дистиллированная вода.

Благодарности

Все исследования, представленные в статье, проводились с использованием материально-технической базы Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина в рамках гранта ОК/00642 по теме «Энергосберегающий паровой электрообогреватель отрицательного давления» программы «Развитие связей между наукой и производством», а также в рамках диссертационного исследования докторанта Карагандинского технического университета Бузякова Р.Р.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бузяков Р.Р., Брейдо И.В. Перспективы применения электротехнологических систем для теплоснабжения промышленных предприятий // Сборник научн. статей IV междунар. науч. конф. «Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности». – Казань, 29-30 апреля 2020. – С. 42-47.
2. Мехтиев А.Д., Карпенко А.Н., Алдошина О.В., Югай В.В. Автономные системы отопления нового поколения: Монография. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2015. – 196 с.
3. Espatolero S., Romeo L.M., Escudero A.I., Kuivalainen R. An operational approach for the designing of an energy integrated oxy-fuel CFB power plant. International Journal of Greenhouse Gas Control. Vol. 64, pp. 204-211.
4. Taler J., Trojan M., Taler D., Dzierwa P., Kaczmarski K. Improving flexibility characteristics of 200 MW unit. Archives of thermodynamics. Vol. 38, i. 1, pp. 75-90.
5. Piccolo A., Pistone G. Estimation of heat transfer coefficients in oscillating flows: The thermoacoustic case. Int. J. Heat Mass Tran, 2006, Vol. 49, pp. 1631-1642.
6. Дан П.Д., Рей Д.А. Тепловые трубы / Пер. с англ. – М.: Энергия, 1979. –272 с.
7. Мехтиев А.Д., Ким П.М. Радиатор отопления. Патент на полезную модель № 2816, опубл. 28.05.2018. Бюл. № 19.
8. Мехтиев А.Д., Ким П.М., Разинкин В.П. Радиатор отопления. Патент на изобретение № 32156, опубл. 15.06.2017. Бюл. № 11.

Бу электрлі жылытқыштың төмен қысымының индукциялық электр вакуумды жылдықтарының параметрлерін зерттеу¹**МЕХТИЕВ Али Джаванширович**, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, barton.kz@mail.ru,²***БУЗЯКОВ Рустам Равильевич**, докторант, r.buzyakov@gmail.com,³**КИМ Павел Михайлович**, директор, levar_64@mail.ru,²**АЛЬКИНА Алия Даулетхановна**, аға оқытушы, alika_1308@mail.ru,¹С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті, Қазақстан, 010011, Нұр-Сұлтан, Жеңіс даңғылы, 62,²Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,³«Конструктор 2014» ЖШС, Қазақстан, 100017, Қарағанды, Н. Абдилов даңғылы, 47/2,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Бұл мақаланың мақсаты төмен қысымды бу электр жылытқышының индукциялық электр вакуумды қыздырғышын зерттеу нәтижелерін талдау болып табылады. Өндірістік бөлмелер кешендерін жылумен қамтамасыз ету үшін электр жылыту құрылғылары бар жүйелерді қолдану қажеттілігі туралы мәселе қарастырылады. Зерттеу тақырыбы бойынша әдебиеттерге талдау жүргізіледі. Төмен қысымды электрлі бу жылытқышының құрылымдық схемасы ұсынылған. Индукциялық электр вакуумды жылытқышты сынау схемасы сипатталған. Зерттеу электр вакуумды жылытқыштармен жүргізілді. Зерттеу нәтижесінде төмен қысымды электрлі бу жылытқышы ыңғайлы жылуды өндіре отырып, олардың артықшылықтарын біріктіре отырып, май мен спиральды электр жылытқыштардың орнын басатыны анықталды, сонымен қатар конвекция-сәулелі жылу алмасу режимінде жұмыс істейді.

Кілт сөздер: радиатор, электр жылытқыш, энергия үнемдеу, вакуум, жылыту құрылғысы, жылыту жүйесі.

Research of Parameters of Induction Electric Vacuum Heater of Steam Electric Heater Low Pressure¹**МЕХТИЕВ Али**, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, barton.kz@mail.ru,²***BUZYAKOV Rustam**, doctoral student, r.buzyakov@gmail.com,³**KIM Pavel**, Director, levar_64@mail.ru,²**ALKINA Aliya**, Senior Lecturer, alika_1308@mail.ru,¹S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Kazakhstan, 010011, Nur-Sultan, Zhenis Avenue, 62,²Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,³«Constructor 2014» LLP, Kazakhstan, 100017, Karaganda, N. Abdilov Avenue, 47/2,

*corresponding author.

Abstract. The purpose of this article is to analyze the results of a study of an induction electric vacuum heater of a low pressure steam electric heater. The question of the need to use systems with electric heating devices for heat supply of industrial premises is considered. The analysis of the literature on the research topic is carried out. The structural diagram of a low-pressure electric steam heater is presented. The scheme of testing an induction electric vacuum heater is described. Research has been carried out with electric vacuum heaters. As a result of research, it was found that a low-pressure electric steam heater can be a replacement for an oil and a spiral electric heater, combining their advantages, while producing comfortable heat, and also work in a more efficient convection-radiant heat exchange mode.

Keywords: radiator, electric heater, energy saving, vacuum, heating device, heating system.

REFERENCES

1. Buzyakov R.R., Breydo I.V. Perspektivy primeneniya elektrotekhnologicheskikh sistem dlya teplosnabzheniya promyshlennykh predpriyatiy. Sbornik nauchn. statey IV mezhdunar. nauch. konf. «Priorityetnye napravleniya innovatsionnoy deyatel'nosti v promyshlennosti» [Prospects of application of electrical technological systems for heat supply for industrial enterprises. Collection of scientific articles of the 4th international science conference «Priority areas of innovation in industry»]. – Kazan, 29-30.04.2020. – pp. 42-47.
2. Mekhtiev A.D., Karpenko A.N., Aldoshina O.V., Yugay V.V. Avtonomnye sistemy otopeniya novogo pokoleniya: Monografiya. [Autonomous heating systems of a new generation. Monograph.] – Karaganda: Publ. KSTU, 2015. – 196 p.
3. Espatolero S., Romeo L.M., Escudero A.I., Kuivalainen R. An operational approach for the designing of an energy integrated oxy-fuel CFB power plant. International Journal of Greenhouse Gas Control. Vol. 64, pp. 204-211.
4. Taler J., Trojan M., Taler D., Dzierwa P., Kaczmarek K. Improving flexibility characteristics of 200 MW unit. Archives of thermodynamics. Vol. 38, i. 1, pp. 75-90.
5. Piccolo A., Pistone G. Estimation of heat transfer coefficients in oscillating flows: The thermoacoustic case. Int. J. Heat Mass Tran. 2006, Vol. 49, pp. 1631-1642.
6. Dan P.D., Ray D.A. Heat Pipes / Transl. from English. Moscow, Energiya, 1979. 272 p.
7. Mekhtiev A.D., Kim P.M. Radiator otopeniya. Patent na poleznuyu model' [Radiator. Utility model patent] no. 2816, publ. 28.05.2018. Bull. No. 19.
8. Mekhtiev A.D., Kim P.M., Razinkin V.P. Radiator otopeniya. Patent na izobretenie [Radiator. Invention patent] no. 32156, publ. 15.06.2017. Bull. No. 11.

Investigation of the Effect of Laser and Optical Radiation on the Formation and Properties of High-Temperature Superconducting Compounds

¹**NOGAY Adolf**, Dr. Phys. and Math. Sci., Professor, nogay06@mail.ru,

¹**USKENBAEV Daniyar**, PhD, Associate Professor, usdan01@mail.ru,

^{1*}**TATKEYEVA Galina**, Dr. Tech. Sci., Head of Department, tatkeeva@mail.ru,

²**ALEKSANDROVSKY Vladimir**, Senior Researcher, alexandrovsky@inbox.ru,

¹**ZHETPISBAEV Kairatbek**, Senior Lecturer, 79kairatbek@mail.ru,

¹**USKENBAEV Alisher**, master student, d.alish_us@mail.ru,

¹S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Kazakhstan, 010011, Nur-Sultan, Zhenis Avenue, 62,

²MIREA – Russian Technological University, Russia, 119454, Moscow, Vernadsky Avenue, 78,

*corresponding author.

Abstract. The paper presents the results of the synthesis of bismuth superconductors of the compositions $\text{Bi}_{1.6}\text{Pb}_{0.4}\text{Sr}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_y$ ($n = 1, 2$) from amorphous and crystalline starting materials obtained from the melt. Laser and optical radiation of a wide spectral range containing ultraviolet, visible and near-infrared regions of the spectrum were used as a heating source. The elemental composition of the starting materials and the effect of the starting materials on the formation of superconducting phases, as well as on the critical parameters of superconducting ceramics, are studied. It is established that, depending on the conditions for obtaining the initial materials from the melt, there is a slight violation of the stoichiometric composition of the samples in terms of cation composition and a significant change in oxygen, which in turn affects the formation of superconducting phases and the properties of superconducting ceramics.

Keywords: high-temperature superconductivity, laser radiation, structure, ceramics, morphology, diffractogram, phase.

Introduction

Currently, high-temperature superconductors (HTSC), due to their unique properties, are becoming one of the promising materials used in various advanced areas of science and technology – energy, electronics, communications, medicine, space technology and other fields of application [1-3]. On their basis, such elements and devices are manufactured as: conductive cables, current limiters, power transformers, electromagnetic shields, modulators, antennas, switches and filters of microwave and pulse signals, bolometers of millimeter, submillimeter and infrared radiation ranges, schematic diagrams of ultra-high-speed computers, elements.

The main factors that determine the critical parameters (critical current, critical temperature, and critical magnetic field) of an HTSC material are to create the required phase composition and structure, microstructure and morphology, density, etc. parameters, depending on the methods of obtaining, the optimal combinations of these factors.

At present, various methods have been developed for the synthesis of HTSCs: solid-phase synthesis,

chemical and cryotechnology, various melt methods, etc. Among these methods, the most common method is solid-phase synthesis. But the analysis of the results of numerous studies shows that the required critical characteristics (especially current) are difficult to obtain by solid-phase synthesis.

The creation of HTSC materials of a given phase composition with the necessary critical parameters consists in the development of melt methods and their modifications [4, 5]. In particular, methods have been developed aimed at obtaining amorphous-crystalline and glassy (amorphous) states, which have certain advantages over the traditional solid-phase method and make it possible to obtain high-density ceramics with a controlled grain size and required morphology. In addition, there are opportunities for obtaining the required configuration and dimensions of the product in practical application.

Although at present several classes of HTSC compounds are known: yttrium, thallium, mercury, bismuth, etc., when implementing amorphous-crystalline and amorphous methods, bismuth containing HTSCs are widely used, which is the only representative of the above classes of superconduc-

ting compounds, which, when quenching the melt the glassy state is stabilized.

As is known, bismuth-containing superconducting compounds are a homologous series $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_y$ ($n=1, 2 \dots$), among which the most stable and stable are compounds with $n=2$ and 3, respectively, having a critical transition temperature to the superconducting state of about 85 K and 107 K, which are currently finding wide practical applications.

Obtaining materials of a given composition with high critical parameters is a serious problem. The aim of this work was to study the effect of laser and optical radiation on the initial precursor materials obtained from the melt on the phase composition and properties of bismuth-containing HTSC ceramics.

Experimental technique

To obtain the initial glassy and amorphous-crystalline samples of HTSC ceramics in the $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-PbO-SrO-CaO-CuO}$ system of nominal compositions $\text{Bi}_{1.6}\text{Pb}_{0.4}\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ and $\text{Bi}_{1.4}\text{Pb}_{0.4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ using the melt method, the following reagents were used: Analytical grade, lead (II) oxide, grade, strontium carbonate, grade, as well as calcium oxide and copper (II) oxide, grade. Before preparing the charge, the reagents were calcined at a temperature of 150°C for 3 hours, after which the carefully displaced charge was pressed under a pressure of 180 MPa into tablets with a diameter of 15 mm and a thickness of 3 mm. Before the melting process, the samples were preliminarily annealed in a muffle furnace at a temperature of $750\text{-}800^\circ\text{C}$ for 2 hours. For comparative analysis, precursor starting materials from the melt were obtained by the following methods: by melting in a muffle furnace on a corundum crucible; direct action of UV laser radiation on the surface of tablet samples; as well as high-density optical radiation of a wide spectral composition containing UV, visible and IR spectral regions. The melt was quenched between

two oppositely rotating copper rolls and also by quenching on a rotating stainless steel disk.

Investigations of the phase composition were carried out by the X-ray diffraction method on a DRON-6 diffractometer, CuK_α -radiation. The microstructure of the samples was investigated in a Jeol JCM-6490LA scanning electron microscope. Elemental analysis of the samples was carried out on an Optima 2000 DV inductively coupled plasma atomic emission spectrometer. The critical parameters of the samples were determined by measuring the temperature dependence of the resistivity using the four probe method and the temperature dependence of the magnetic susceptibility.

Results and Discussions

To identify the influence of laser and optical radiation on the initial precursors, on their phase formulations and the properties of superconducting ceramics, melting and hardening of the melt were carried out in various ways. In the first case, for comparative analysis, the melting of the initial mixture was carried out in the corundum crucible at a temperature of $1050\text{-}1100^\circ\text{C}$ for 4 hours, and the melt should be carried out by draining the melt on the rotating water-cooled disc, made of stainless steel. As a result of quenching the melt, the following samples were obtained: when quenching the melt between copper rolls, plates were obtained with a thickness of about 0.1 mm, and when the spray washed, the precursors were mainly obtained in the form of a ball-shaped form (sphere) with a diameter of up to 1.5 mm (about 80%), as well as in the form of pieces of arbitrary shape and dimensions up to 3 mm, the plates with a thickness of 0.1-0.3 mm, a needle up to 10 mm (Figure 1).

The initial precursors presented: plates with a thickness of about 0.1 mm; The needles were a glassy phase, and pieces of samples consisted of crystallites.

In the second case, the sample melting was carried

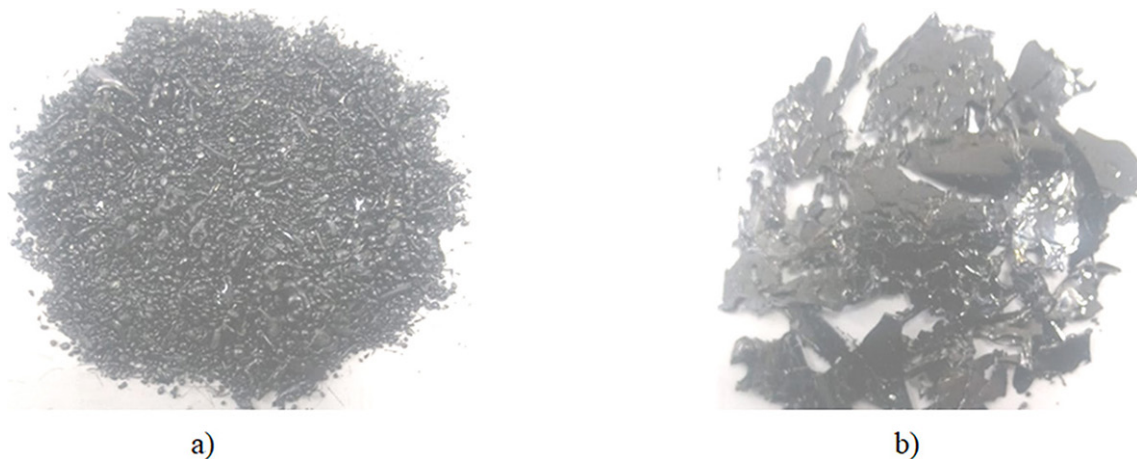


Figure 1 – Photo of the original precursors obtained by hardening melt: a) Chigue precursors obtained by the melt in the form of a sphere; b) pieces of arbitrary shape and sizes up to 3 mm, plates with a thickness of 0.1-0.3 mm, a needle up to 10 mm long

out by the UV laser beam. The diameter of the laser radiation beam was 2 mm, due to this, the melting was carried out locally. In this case, an intensive evaporation of the sample components was observed. The study of the phase composition of the molten part of the sample showed that reflexes of crystalline phases were manifested on diffractograms, as peaks, which are shown on the X-ray diffractograms (Figure 2). In this case, traces of the amorphous phase are observed on the X-ray diffractograms.

In the future, the sample melting was carried out with heating in a tubular furnace with a nichrome heater and the simultaneous impact of low-power UV laser radiation. The sample was placed inside the vertical tubular furnace and was heated to the intake temperature (840-850°C). Then, under the action of laser radiation, the lower part of the sample was melted and spread on the hardening device, i.e. spray. After hardening the precursors, also acquired a form in the form of plates, needles, puskets and fine balls. X-ray diffractograms of samples showed a similar phase composition as when melting in a muffle furnace.

In the third case, the sample melting was carried out under the action of a highly discovered radiant optical range flow, including UV, visible and near IR spectrum. The beam was directed to the surface of the edge of the sample and the sample melting, it was raised on the hardening device. Practical in all experiments, all challenged samples acquired a similar configuration. On diffractograms of crystal phases (pieces, thick-walled plates, large balls), various X-ray intensity were observed, and differences were observed due to the manifestation of additional low-intensity reflexes. The study of the elemental composition of the samples was shown that in the precursor materials obtained by melting in the muffle furnace and tempered on the cooling devices, a small deviation (decrease) from the stoichiometric composition of calcium was observed and a decrease in 10-15% oxygen content.

On the sample molten under the action of UV laser radiation, an intensive evaporation of the sample components was observed. Because of the small size of the beam diameter (2 mm), the complete melting of the sample for quenching could not be obtained, the sample melting was carried out only locally. The elemental composition of the cations in the melted part of the sample was not noticeably different from the stoichiometric. There was an increase in oxygen content by 3-5%. On the precursor materials obtained by melting and hardening, with the help of heating in a muffle furnace and exposure to a low-power UV laser radiation, the element formulations of the samples were not noticeably different from the stoichiometric. The oxygen content also turned out to be within the normal range.

On the precursors materials obtained by the melt chain under the action of high-definite radiation of the optical range, comprising a UV, visible and IR spectrum region, there were small deviations on the

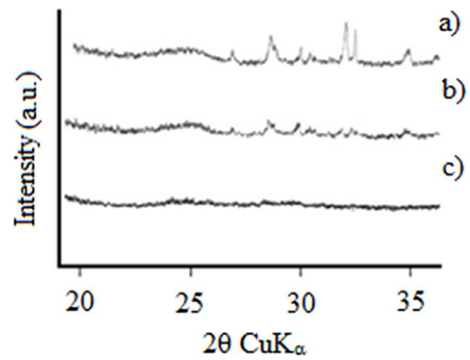


Figure 2 – The X-ray diffractograms of the initial precursor materials, poured from the melt: a) the surface of the melted sample with laser radiation; b) precursors in the form of a sphere; c) plates

cationic composition, according to the composition of calcium and lead. As for oxygen, it was observed an increase in its content by 15-20% relative to the stoichiometric composition.

In the future, for the synthesis of superconducting ceramics, the initial precursors based on amorphous precursors (plates, needles, balls) were flashed to dispersion of less than 2 microns and pressed into a tablet with a diameter of 10 mm and a thickness of 2.5 mm. The synthesis of superconducting phases was carried out by heat treatment (in isothermal mode) in the temperature range from 700°C to 850°C, with a shutter speed from 25 hours to 160 hours (with intermediate mistress).

For the nominal composition $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_6$ (2212), the superconducting phase 2212 started to form at temperatures above 700°C. The temperature of the maximum rate of formation of the superconducting phase 2212 was in the temperature range of 850-850°C. At the same time, the maximum formation rate was manifested for samples prepared on the basis of the initial precursor materials obtained under the action of laser radiation and a radiant flux of the optical range (Figure 3a). After 25-30 hours of thermal annealing on the diffractogram, reflexes belonging to only phase 2212 were manifested. In samples prepared on the basis of precursor materials obtained in the crucible, the content of HTSC P phase 2212 was only about 35-40%. The total formation of the phase 2212 was carried out by prolonged thermal annealing (90-100 hours).

For nominal composition $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_6$ (2223), the mechanism for the formation of HTSC phases passed according to homologous series, according to Scheme 2201 → 2212 → 2223. In all the samples under study, the superconducting phase 2212 began to form at temperatures above 700°C. At a temperature of 780-800°C, on samples obtained on the basis of precursor materials using UV laser radiation and a radiant flux of the optical range began to form a Phase Phase 2223. In samples obtained on the basis of precursor materials melted in the muffle furnace appeared only traces 2223 phases. With increasing

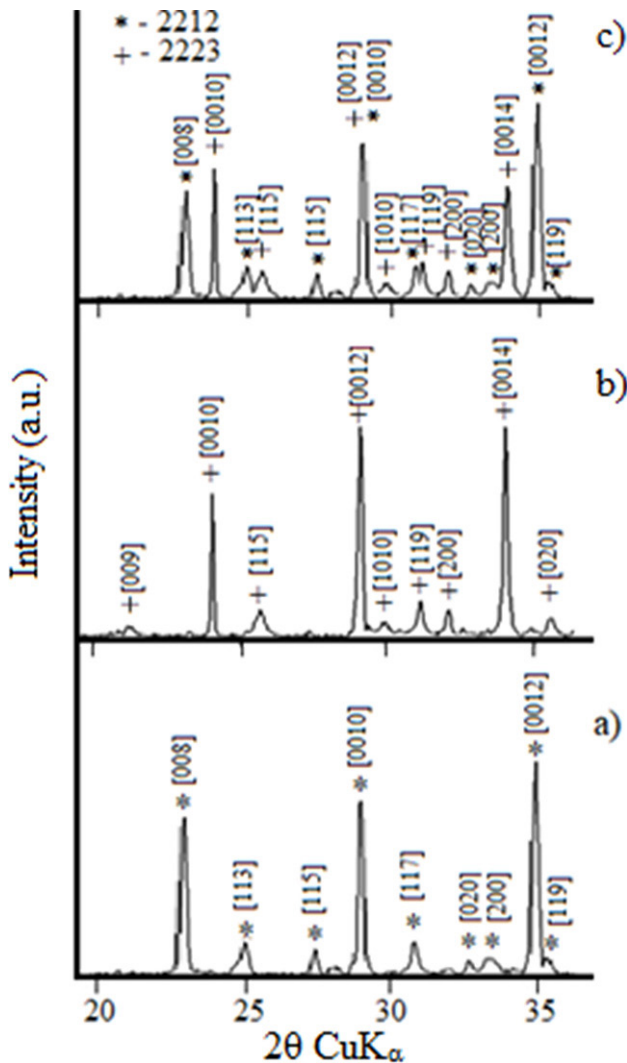


Figure 3 – X-ray diffractograms of samples of Bi-HTSC ceramics: a) Composition 2212, synthesized with the use of UV laser and optical radiation range; b) Composition 2223, synthesized using UV laser and optical radiation range; c) – composition 2223, synthesized on the basis of precursors in a muffle furnace. Temperature dependences of the resistance of samples of HTSC; c) Samples 2212 (1) and 2223 (2), synthesized from melts under the action of UV laser and optical radiation range

temperature to 846-848°C, the intensity of phase formation 2223 increased dramatically. Under the exposure time 25 hours, the phase of 2223 in samples using the UV laser radiation and the radiant flux of the optical range was about 40-50%, and at 50 hours of thermal annealing, the phase 2223 reached 70-80% and single-phase samples were obtained at annealing duration 85 hours and 70 hours, respectively (Figure 3b). As for the formation of Ceramics HTSC, synthesized on the basis of the initial precursors, obtained by the melt chain in the muffle furnace, even with a long annealing (more than 120 hours), the sample consisted of superconducting phases 2212 and 2223 (Figure 3c).

According to the intensity of X-ray reflections of the compositions: 2212 (008; 0010; 0012) and 2223 (0010; 0012; 0014) It can be judged that HTSC ceramics have a high texture (80-85%) in the direction of the [00I] plane, which may be positive Influence the current characteristics of superconducting ceramics. Studies of critical parameters of HTSC ceramics of nominal compounds 2212 and 2223 shows that the transition temperature to the superconducting state for sample 2212 is 89 K, and for sample 2223 is 107 K (Figure 4a).

As for the sample on the basis of precursor materials obtained by melting in a muffle furnace, the phase formation rate was much slower. With the duration of the synthesis of the sample 120 hours, on the diffractogram, in addition to the main superconducting phase 2223, the reflexes of the low-temperature superconducting phase 2212 were present, as well as low-constraxy reflexes of impurity non-top conduction phases. With an increase in exposure time up to 160 hours, the main superconducting phase was phase 2223, and the phase traces of 2212 were present. Measurement of the temperature dependence of the heat-treated sample obtained from the melt in the muffle furnace at a temperature of 848°C and the duration of annealing 120 hours shows the presence of a mixture of superconducting phases 2212 and 2223 (Figure 4b).

Comparative analysis of the results of the synthesis of HTSC compounds based on precursor materials obtained in various ways showed that the rate of formation of superconducting phases with high critical parameters (2212 and 2223 phases) 2-2.5 exceeds in the samples of Ceramics synthesized on the basis of precursor materials. The laser radiation obtained under the influence of the UV laser radiation and the radiant flow of the spectral composition of the optical ranges compared with the Ceramics SHA, synthesized by the standard solid-phase method or synthesized based on the precursor materials obtained from the melt in the muffle furnace. The studies of the elemental composition according to cations show that a strong deviation from the stoichiometric composition during melting of the nominal compositions 2212 and 2223 was not detected, and according to the authors [7-10], the formation of wide areas of homogeneity by cationic substitution for 2212 and 2223 compositions is observed. Consequently, non-essential disorders of the cationic composition cannot affect the rate of phase formation. In this case, the speed can affect the oxygen content in precursor materials. In the work of [8], it is noted that in the process of melting materials in molded methods in the synthesis of bismuth-containing HTSC Ceramics glass-crystalline, the oxygen content in the melt occurs, and monovalent copper is $R(\text{Cu}^+) = \text{Cu}^+ / (\text{Cu}^{2+} + \text{Cu}^+) = 0.7 - 0.8$. Therefore, in samples of precursors obtained by melting in a muffle furnace, the oxygen content was less than 10-15%, compared with the stoichiometric composition and the rate of formation of superconducting phases

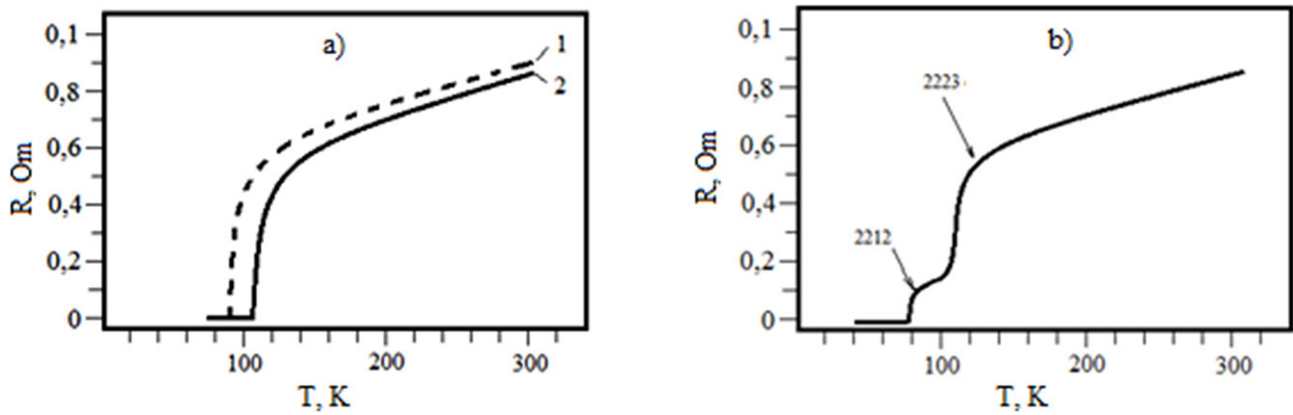


Figure 4 – Temperature dependences of the resistance of samples of HTSC: a) Samples 2212 (1) and 2223 (2), synthesized from melts under the action of UV laser and optical radiation range; b) composition 2223, synthesized from melt in a muffle furnace at a temperature of 848°C, 120 hours

2212 and 2223 were 2 or more times slower. Perhaps a strong deficiency of oxygen in dense precursor materials reduces the rate of the process of forming a superconducting structure, which is associated with a slowdown oxygen diffusion into the structure of a dense sample during thermal processing. As for the precursor materials obtained under the influence of the UV laser radiation and a highly discovered radial flux of the optical range, then the oxygen is observed in them. Perhaps an excess of oxygen in precursor materials is associated with the following factor: first, under the action of anisotropic effects of radiation, the melting process occurs on the thin surface of the sample in the atmospheric oxygen medium, therefore the solubility of oxygen in the melt increases. Secondly, under the action of high-intensity laser and optical radiation, the melt overheating to a temperature of 1250-1300°C, as well as the ionization of atmospheric oxygen to form ozone, which can lead to a more increase in oxidative properties, and may also increase the solubility of ozone in the melt. In the presence of ozone, the cations of variable valence can move to a state with a higher valence, respectively, the rate of formation of superconducting phases can increase.

Conclusion

To identify the influence of laser and optical radiation on the composition and properties of the initial precursors, bismuth HTSC of ceramics obtained under the action of the UV laser radiation and the emission energy of a highly determined optical radiation spectrum containing the UV, visible and near IR region, and were also investigated, synthesized source Materials-precursors of a glassy state. The studies of the elemental composition of the precursors were shown that there were no significant differences in the cationic composition, while the oxygen deficiency was observed in the precursor materials obtained in the muffle furnace, and the oppositely of this, in the precursor materials obtained under the action of Laser radiation And the energy of high-tender radiation was observed excess oxygen. Synthesis of HTSC Ceramics based on the precursors obtained showed that the rate of formation of superconducting phases increases in Ceramic HTSC synthesized on the basis of precursor materials with overpressure of oxygen 2-2.5 times, compared with the materials of the precursors obtained in the muffle furnace. On diffractograms of the samples, particles are observed, with the predominant texture along the crystallographic plane in the direction of [00i].

The work was performed with the support of the grant of the MON RK AP09260251.

REFERENCES

1. Svistunova O.I. Development and creation of HTSC devices in the PRC // Newsletter «Superconductors for Electric Power Engineering». – Moscow: NIC Kurchatov Institute, 2015. – V. 12, no. 3. – pp. 9-12.
2. Zakharova, E.I. The use of high-temperature superconductivity in the metallurgical industry / E.I. Zakharova, M.M. Sudyandikov. – Text: Immediate // Technical Sciences in Russia and Abroad: Materials V International. Scientific conf. (Moscow, January 2016). – Moscow: Buki-lead, 2016. – pp. 23-29.
3. Talking tapes of the second generation based on high-temperature superconductors / Ed. A. Goyala; Per. from English; Ed. per. A.R. Crow. Moscow: LCK publishing house, 2009. – 432 p.
4. Khaled J., Komatsu T. Thermal stability, properties and crystallization mechanism of Bi-based precursor glasses // by Yoshihiro Abe, Superconducting Glass-Ceramics in Bi-Sr-Ca-Cu-O. – Nogayo, 1997. – pp. 45-69.
5. Ussenbaev D.E. The phase composition and properties of the Bi1.7PB0.3SR2CANCUN + 10Y (N = 2, 3, 4) (n = 2, 3, 4) are based on precursors obtained by quickly hardening the melt // Chem. and chemical. Technol.: Tes. Dokl. interddes conf. them. Acad.

- Zhavoronkova. June 17-23, 2007. – Moscow, 2007. – pp. 255-257.
6. Mora M., Lopez-Gascon C., Angurel L.A., De la Fuente G.F. The influence of support temperature on Bi-2212 monoliths textured by diode laser zone melting // Supercond. Sci. Technol. – Philadelphia, 2004. – No. 17. – pp. 1129-1133.
 7. Majewski P., Su H.L., Hettich B. The High-Tc Superconducting Solid Solution $\text{Bi}_{2-x}(\text{Sr,Ca})_3\text{Cu}_2\text{O}_{8+b}$ (2212Phase)-Chemical Composition and Superconducting Properties // Adv. Mater. – Malden, 1992. – V. 4. No. 7/8. – pp. 508-511.
 8. Nomura S., Yamashita T., Yoshino H., Ando K. Cation Deficiency in $\text{Bi}_2(\text{Sr,Ca})_3\text{Cu}_2\text{O}_{8+b}$ // J.Am.Ceram. Soc. – Malden, 1991. – V. 74. No. 10. – pp. 2711-2714.
 9. Ikuta H., Kushimoto T., Enomoto H., Namuto S. X-Ray Photoemission Spectroscopy Study on $\text{Bi}_2\text{Sr}_{2-x}\text{Ca}_{1+x}\text{Cu}_2\text{O}_{8+b}$ // Phase Transit. – Milton, 1993. – V. 42. No. 12. – pp. 1-5.
 10. Murashov V.A., Frolov A.M., Lebedev A.V. Cationic replacement in bismuth superconducting cuprates // Itemsuisu. Come. vsp. Tez. Dokl. – Kharkov, 1988. – V. 3. – pp. 116-118.

Жоғары температуралы асқын өткізгіш қосылыстардың түзілуіне және қасиеттеріне лазерлік және оптикалық сәулеленудің әсерін зерттеу

¹НОГАЙ Адольф Сергеевич, ф.-м.ф.д., профессор, nogay06@mail.ru,

¹УСКЕНБАЕВ Данияр Есанқұлұлы, PhD, қауымдастырылған профессор, usdan01@mail.ru,

¹*ТАТКЕЕВА Галина Галимзяновна, т.ф.д., кафедра меңгерушісі, tatkeeva@mail.ru,

²АЛЕКСАНДРОВСКИЙ Владимир Владимирович, ғылыми қызметкер, alexandrovsky@inbox.ru,

¹ЖЕТПИСБАЕВ Қайратбек Уристемибеқұлы, аға оқытушы, 79kairatbek@mail.ru,

¹УСКЕНБАЕВ Алишер Даниярұлы, магистрант, D.alish_us@mail.ru,

¹С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті, Қазақстан, 010011, Нұр-Сұлтан, Жеңіс даңғылы, 62,

²МИРЭА – Ресей технологиялық университеті, Ресей, 119454, Мәскеу, Вернадский даңғылы, 78,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Жұмыста балқымадан алынған аморфты және кристалды бастапқы материалдардан $\text{Bi}_{1.6}\text{Pb}_{0.4}\text{Sr}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_y$ ($n = 1, 2$) қосылыстарының висмут өткізгіштерін синтездеу нәтижелері келтірілген. Қыздыру көзі ретінде ультракүлгін, көрінетін және спектрдің жақын инфрақызыл аймақтары бар кең спектрлі диапазондағы лазерлік және оптикалық сәулелер қолданылды. Бастапқы материалдардың элементтік құрамы және бастапқы материалдардың өткізгіш фазалардың пайда болуына, сондай-ақ өткізгіш керамиканың критикалық параметрлеріне әсері зерттелді. Балқымадан бастапқы материалдарды алу жағдайларына байланысты катиондық құрамы бойынша үлгілердің стехиометриялық құрамының шамалы бұзылуы және оттегінің айтарлықтай өзгеруі байқалады, бұл өз кезегінде өткізгіш фазалардың пайда болу процесіне және өткізгіш керамиканың қасиеттеріне әсер етеді.

Кілт сөздер: жоғары температуралы өткізгіштік, лазерлік сәуле, құрылым, керамика, морфология, дифрактограмма, фаза.

Исследование влияния лазерного и оптического излучений на образование и свойства высокотемпературных сверхпроводящих соединений

¹НОГАЙ Адольф Сергеевич, д.ф.-м.н., профессор, nogay06@mail.ru,

¹УСКЕНБАЕВ Данияр Есанқұлович, PhD, ассоциированный профессор, usdan01@mail.ru,

¹*ТАТКЕЕВА Галина Галимзяновна, д.т.н., зав. кафедрой, tatkeeva@mail.ru,

²АЛЕКСАНДРОВСКИЙ Владимир Владимирович, научный сотрудник, alexandrovsky@inbox.ru,

¹ЖЕТПИСБАЕВ Қайратбек Уристемибекович, старший преподаватель, 79kairatbek@mail.ru,

¹УСКЕНБАЕВ Алишер Даниярұлы, магистрант, D.alish_us@mail.ru,

¹Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Казахстан, 010011, Нур-Сұлтан, пр. Женис, 62,

²МИРЭА – Российский технологический университет, Россия, 119454, Москва, пр. Вернадского, 78,

*автор-корреспондент.

Аннотация. В работе приведены результаты по синтезу висмутсодержащих сверхпроводников $\text{Bi}_{1.6}\text{Pb}_{0.4}\text{Sr}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_y$ ($n = 1, 2$) из аморфных и кристаллических исходных материалов, полученных из расплава. В качестве источника нагрева были использованы лазерное и оптическое излучения широкого спектрального диапазона, содержащие ультрафиолетовую, видимую и ближнюю инфракрасную область спектра. Исследованы элементный состав исходных материалов и влияние исходных материалов на образование сверхпроводящих фаз, а также на критические параметры сверхпроводящей керамики. Установлено, что в зависимости от условий получения исходных материалов из расплава происходит незначительное нарушение стехиометрического состава образцов по катионному составу и существенное изменение по кислороду, что в свою очередь влияет на процесс образования сверхпроводящих фаз и свойства сверхпроводящей керамики.

Ключевые слова: высокотемпературная сверхпроводимость, лазерное излучение, структура, керамика, морфология, дифрактограмма, фаза.

REFERENCES

1. Svistunova O.I. Development and creation of HTSC devices in the PRC // Newsletter «Superconductors for Electric Power Engineering». – Moscow: NIC Kurchatov Institute, 2015. – V. 12, no. 3. – pp. 9-12.
2. Zakharova, E.I. The use of high-temperature superconductivity in the metallurgical industry / E.I. Zakharova, M.M. Sudyandikov. – Text: Immediate // Technical Sciences in Russia and Abroad: Materials V International. Scientific conf. (Moscow, January 2016). – Moscow: Buki-lead, 2016. – pp. 23-29.
3. Talking tapes of the second generation based on high-temperature superconductors / Ed. A. Goyala; Per. from English; Ed. per. A.R. Crow. Moscow: LCK publishing house, 2009. – 432 p.
4. Khaled J., Komatsu T. Thermal stability, properties and crystallization mechanism of Bi-based precursor glasses // by Yoshihiro Abe, Superconducting Glass-Ceramics in Bi-Sr-Ca-Cu-O. – Nogayo, 1997. – pp. 45-69.
5. Ussenbaev D.E. The phase composition and properties of the $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_{2}\text{Ca}_{n}\text{Cu}_{n}\text{O}_{8+n}$ ($n = 2, 3, 4$) are based on precursors obtained by quickly hardening the melt // Chem. and chemical. Technol.: Tes. Dokl. interddes conf. them. Acad. Zhavoronkova. June 17-23, 2007. – Moscow, 2007. – pp. 255-257.
6. Mora M., Lopez-Gascon C., Angurel L.A., De la Fuente G.F. The influence of support temperature on Bi-2212 monoliths textured by diode laser zone melting // Supercond. Sci. Technol. – Philadelphia, 2004. – No. 17. – pp. 1129-1133.
7. Majewski P., Su H.L., Hettich B. The High-Tc Superconducting Solid Solution $\text{Bi}_{2+x}(\text{Sr,Ca})_3\text{Cu}_2\text{O}_{8+b}$ (2212Phase)-Chemical Composition and Superconducting Properties // Adv. Mater. – Malden, 1992. – V. 4. No. 7/8. – pp. 508-511.
8. Nomura S., Yamashita T., Yoshino H., Ando K. Cation Deficiency in $\text{Bi}_2(\text{Sr,Ca})_3\text{Cu}_2\text{O}_{8+b}$ // J.Am.Ceram. Soc. – Malden, 1991. – V. 74. No. 10. – pp. 2711-2714.
9. Ikuta H., Kushimoto T., Enomoto H., Namuto S. X-Ray Photoemission Spectroscopy Study on $\text{Bi}_2\text{Sr}_{2-x}\text{Ca}_{1+x}\text{Cu}_2\text{O}_{8+b}$ // Phase Transit. – Milton, 1993. – V. 42. No. 12. – pp. 1-5.
10. Murashov V.A., Frolov A.M., Lebedev A.V. Cationic replacement in bismuth superconducting cuprates // Itemsuisu. Come. vsp. Tez. Dokl. – Kharkov, 1988. – V. 3. – pp. 116-118.

Анализ современных программных обеспечений для интерпретаций радарограмм

¹***ШАХАТОВА Алия Талгатовна**, докторант, shakhatovaa@list.ru,

¹**МИРҒАЛИҚЫЗЫ Толқын**, PhD, доцент, m_t85@mail.ru,

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, 010008, Нур-Султан, ул. Сапиева, 2,

*автор-корреспондент.

Аннотация. В статье рассматриваются современные системы Ground Penetrating Radar (GPR), программные обеспечения для приема полевой информации и постобработки, которые приводят к получению трехмерных цифровых карт с географической привязкой. Основной принцип работы программного обеспечения георадара состоит из трех модулей: сбор данных, предварительная обработка данных и визуализация данных. В статье проведен анализ двух популярных на рынке Казахстана программных обеспечений RADEXPRO и GEOSKAN. RadExPro – это гибкий современный пакет обработки, подходящий для обработки морских данных HR / UHR, обработки данных сейсмических данных на мелководье (рефракция, отражение, MASW и VSP), а также для контроля качества крупномасштабных данных, в том числе в режиме реального времени и ускоренная обработка. Программа GeoScan32 предназначена для управления прибором подповерхностного зондирования (георадаром), а также для последующей обработки и визуализации получаемой в процессе зондирования информации.

Ключевые слова: интерпретация радарограмм, программное обеспечение, формат SEG-Y, Radexpro, Geoskan-32.

Введение

Большинство приложений в области электроразведки и сейсмологии полагаются на обработку до сотен терабайт данных, и их производительность сильно зависит от операций ввода-вывода данных с георадара [1].

В настоящее время метод электроразведки является одним из самых распространенных способов диагностики и мониторинга горных пород на основе электромагнитных полей.

Сейчас приоритетной отраслью является разработка программного обеспечения, которое позволило бы создать информационную модель по полученным данным георадарного обследования и встроить ее в основную модель программного обеспечения интерпретации данных георадара.

Основной принцип такой работы заключается в непрерывной привязке георадарных профилей на основе математического моделирования. Данный прибор используется во многих областях, таких как археология, освоение космоса и даже в гражданском строительстве. Его главное преимущество – неразрушимость исследуемой среды. Однако это остается дорогостоящим вложением, и количество моделей на рынке остается небольшим. Существуют георадары, работающие по-разному при сборе данных, и в этой работе использовался общий режим смещения. Однако

характеристики радара можно изменить. Электромагнитные свойства почвы и центральная рабочая частота могут уменьшать или увеличивать максимальную глубину исследования. Действительно, чем выше эта частота, тем меньше максимальная глубина исследования. Наша главная задача – способствовать идентификации, путем адекватной обработки данных и выбора подходящего программного обеспечения, объектов, скрытых под землей.

Мировой рынок георадарного оборудования очень расширен. Наиболее популярный георадар в Казахстане – это ОКО-2. Этот прибор начал разрабатываться еще в 90-х годах прошлого века. В настоящее время выпускаются десятки разновидностей ОКО-2 – для автодорог, для железных дорог, для поиска коммуникаций, для обследования зданий и сооружений, для археологии, для геологии, для служб чрезвычайных ситуаций и безопасности, универсальные модели со сменными антенными блоками. Для обработки «сырых» данных георадарной съемки используется специальное программное обеспечение. Оно бывает универсальным, которое может использоваться для разных моделей приборов, например, RadexPro. Уникальное программное обеспечение подходит только для одной модели приборов. Для георадаров ОКО-2 и новой модификации ОКО-3 исполь-

зуется ПО Geoscan 32. Оно имеет удобный и понятный интерфейс на русском языке. Для Geoscan 32 выпущено множество видеоруководств по обработке данных георадарной съемки.

В процессе обработки данных георадарной съемки часто используется встроенный набор фильтров с фиксированными параметрами, что значительно проще для освоения Geoscan неопытными пользователями. С помощью такой версии Geoscan 32 получают данные прямо «в поле» без камеральной обработки, например, при поиске и картировании подземных коммуникаций с помощью специальной версии георадара ОКО – ГеоКарт.

Для опытных пользователей георадара ОКО-2 программное обеспечение Geoscan32 позволяет гибко настраивать применение различных фильтров и режимов для обработки радарограмм.

Обзор обработки данных, полученных с георадаров на основе формата SEG-Y

Основной принцип работы программного обеспечения георадара состоит из трех модулей: сбор данных, предварительная обработка данных и визуализация данных. Все модули взаимодействуют через базу данных, центральную точку в архитектуре системы. Данные моделирования или измерений хранятся в базе данных в необработанном формате. Затем модуль предварительной обработки преобразует их для визуализации. Модуль визуализации показывает пользователю предварительно обработанные данные с помощью трехмерной графики. Визуализация является динамической (визуализация данных изменяется во времени) и позволяет наблюдать несколько свойств процесса – основные показатели электроразведки и т. д.

Данные, собранные во время активных и пассивных сейсмических исследований, могут храниться во многих различных, более или менее стандартных, форматах. Одним из самых популярных является формат SEG-Y, разработанный с 1975 года для хранения однополосных цифровых сейсмических данных на магнитных лентах, а теперь эволюционировавший для их хранения на жестких дисках и других носителях. К сожалению, иногда файлы, заявленные как записанные в формате SEG-Y, не могут быть обработаны с по-

мощью доступных бесплатных или промышленных пакетов [2].

Сравнительный анализ RADEXPRO и ГЕОСКАН

В данной статье будет проведен анализ двух популярных на рынке Казахстана программных обеспечений RADEXPRO и ГЕОСКАН.

RadExPro – это гибкий современный пакет обработки, подходящий для обработки морских данных HR / UHR, обработки данных сейсмических данных на мелководье (рефракция, отражение, MASW и VSP), а также для контроля качества крупномасштабных данных, в том числе в режиме реального времени и ускоренная обработка.

Программа RadExPro зародилась в 1992 году на геологическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова, а затем была передана компании вместе с ее первоначальными авторами. Изначально RadExPro активно продавался в России и странах бывшего Советского Союза, а с 2004 года доступен по всему миру. В 2010 году компания заявила, что продала более 400 лицензий по всему миру [3].

RadExPro полностью подходит для построения изображений неглубоких структур при наземных сейсмических исследованиях 2D и 3D с использованием любого типа источника – падения груза, пушек, вибросейсмических аппаратов и других.

Набор доступных алгоритмов включает расчет статики рефракции; кривая линия CDP биннинга; алгоритмы подавления линейного и случайного шума, включая 3D-фильтры; ГСС; деконволюции; автоматические программы статики; интерактивный скоростной анализ; горизонтальный скоростной анализ; миграции до и после стека.

Программа GeoScan32 предназначена для управления прибором подповерхностного зондирования (георадаром), а также для последующей обработки и визуализации, получаемой в процессе зондирования информации.

Программа позволяет:

- записывать данные от георадара в файл;
- производить распечатку радарограмм;
- экспортировать файлы в другие программы обработки;
- проводить послойную обработку;
- представлять данные в 3D формате;



Optional 128 byte SEG-Y Tape Label	3200 byte Textual File Header	400 byte Binary File Header	1 st 3200 byte Extended Textual File Header (Optional)		N th 3200 byte Extended Textual File Header (Optional)	1 or more 240 byte Trace 1 Headers	1 st Data Trace		1 or more 240 byte Trace M Headers	M th Data Trace	Data Trailer 1 or more 3200 byte records (Optional)
--	---	---	---	---	---	---	----------------------------------	---	---	----------------------------------	--

Рисунок 1 – Структура байтового потока файла SEG-Y с N записями расширенного текстового заголовка файла и M трассировками записи

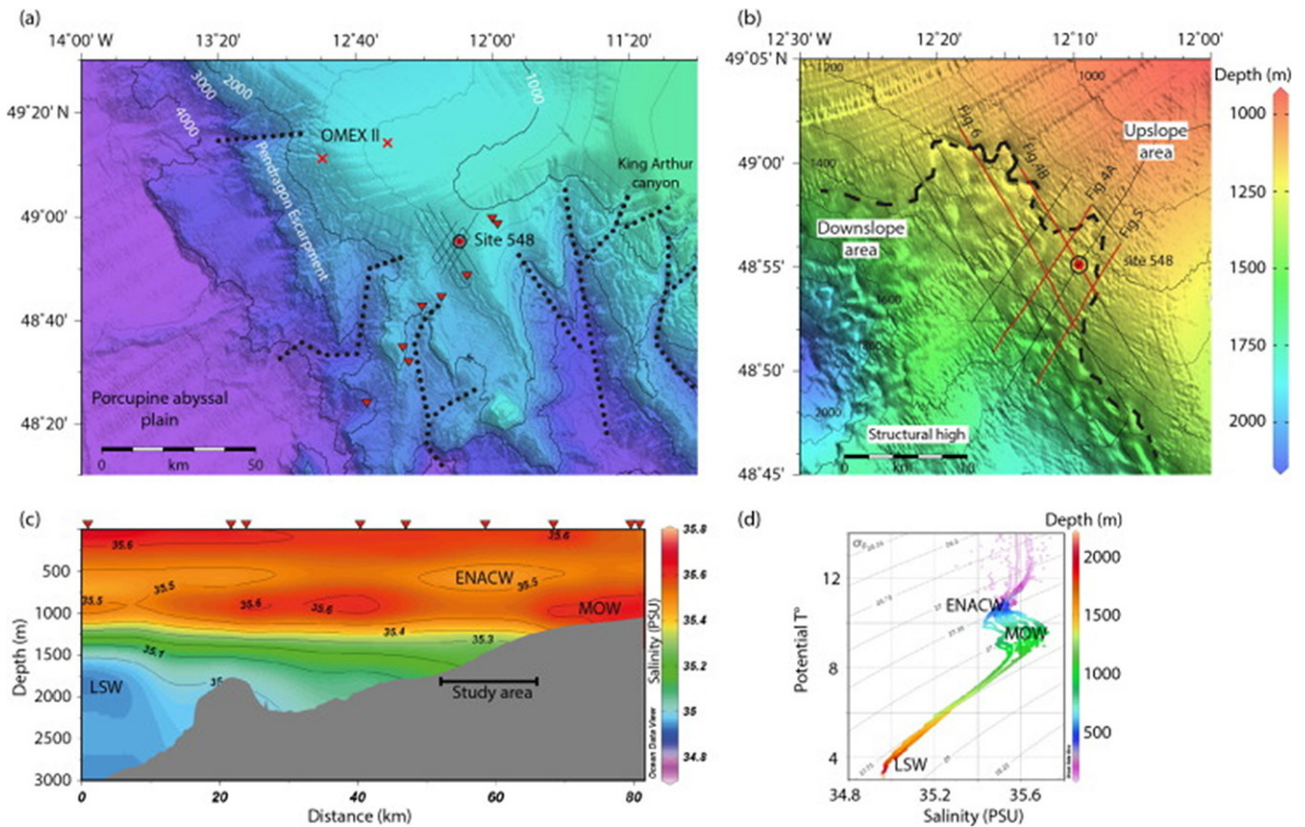


Рисунок 2 – Обработка данных в RadExPro

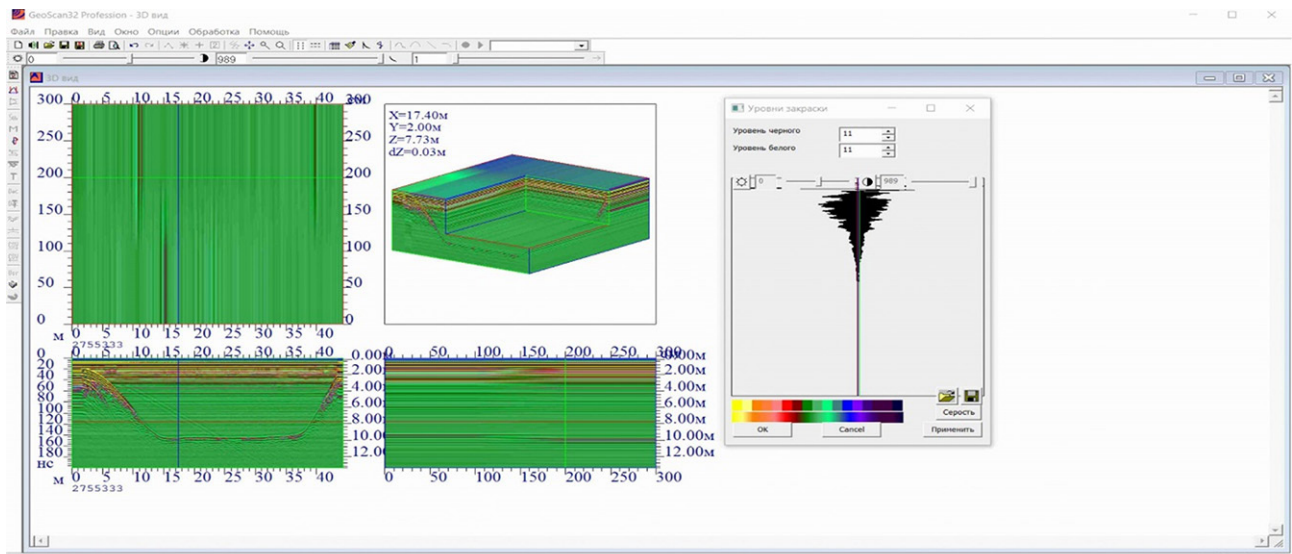


Рисунок 3 – Обработка данных в Geoskan32

- применять цветные палитры для оформления;
- производить обработку файлов и т.д.

Заключение

При обработке и интерпретации данных с георадаров наиболее популярные пакеты обработки GeoScan 32 и RadExplorer 1.4. Сущность обработ-

ки георадиолокационных данных состоит прежде всего в выделении полезного сигнала (осей синфазностей полезных волн) на фоне помех и шума. А затем уже полезные волны, их оси синфазности, амплитуды, частотный состав, общий вид записи и т.д. используются для получения параметров среды. Для выделения полезных сигналов используют отличие их характеристик от соответствующ-

щих характеристик шума и волн-помех. Опираясь на эти отличия, с помощью разнообразных приемов преобразования сигналов, волны-помех

сти стараются ослабить, удалить с записи или хотя бы опознать их на записи и не принимать за полезные волны.

Системные требования к ПО [4]	
GeoScan32	RadExPro
Процессор – программа GeoScan32 работает на персональных компьютерах с процессором Intel x86 или совместимым с ним при рабочей частоте не менее 1500Мгц. ОЗУ – необходимо не менее 512Мб (желательно 4Гб). Видеокарта – не менее 256Мб видео ОЗУ. ПЗУ – для хранения данных желательно наличие до 1 Гб свободного места на диске на каждый час работы. Порты – управление георадаром может осуществляться через порт Ethernet 100 Мбит или WiFi. Операционная система – работа программы GeoScan32 возможна под управлением операционных систем Windows 7, Windows 8, Windows 10.	Минимальные требования процессор Pentium™ 4 и выше, ОС MS Windows 98/Me/NT4/2000/XP, 256 Mb RAM и больше, монитор SVGA и лучше, 30 Mb свободного места на диске для файлов программы РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СИСТЕМНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ: процессор Core 2 Duo; 1 GB оперативной памяти; ОС MS Windows XP или 2000; монитор разрешением 1280×1024

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Agostin, A. (2007). Cost-benefit criteria for georadar utility mapping methods. Paper presented at the International Society for Trenchless Technology – 25th no-Dig International Conference and Exhibition, Roma 07: Mediterranean no-Dig 2007, 32-43.
2. Barry K., Cavers D., Kneale C. Recommended standards for digital tape formats. *Geophysics* 1975;40(2):344–52. <http://dx.doi.org/10.1190/1.1440530>.
3. <https://radexpro.com/#clients>
4. https://www.geotech.ru/programmnyj_paket_radexpro_plus/
5. Abiye, T. A., and Tigistu Haile. "Geophysical Exploration of the Boku Geothermal Area, Central Ethiopian Rift". *Geothermics*, vol. 37, no. 6, 2008, pp. 586-596. SCOPUS, www.scopus.com, doi:10.1016/j.geothermics.2008.06.004.
6. Demanet, D., et al. "The use of Geophysical Prospecting for Imaging Active Faults in the Roer Graben, Belgium". *Geophysics*, vol. 66, no. 1, 2020, pp. 78-89. SCOPUS, www.scopus.com, doi:10.1190/1.1444925.
7. He, Z., W. Hu, and W. Dong. "Petroleum Electromagnetic Prospecting Advances and Case Studies in China". *Surveys in Geophysics*, vol. 31, no. 2, 2010, pp. 207-224. SCOPUS, www.scopus.com, doi:10.1007/s10712-009-9093-z.
8. Slater, L.D., and A. Reeve. "Investigating Peatland Stratigraphy and Hydrogeology using Integrated Electrical Geophysics". *Geophysics*, vol. 67, no. 2, 2020, pp. 365-378. SCOPUS, www.scopus.com, doi:10.1190/1.1468597.
9. Eпов, M.I., et al. *Electromagnetic Sounding in Deviated and Horizontal Wells: Mathematical Modeling and Real Data Interpretation*, vol. 3, 2012. SCOPUS, www.scopus.com, doi:10.2118/162034-ms.

Радарограммаларды түсіндірудің заманауи бағдарламалық қамтамасыздандыруларын талдау

¹*ШАХАТОВА Алия Талгатовна, докторант, shakhatovaa@list.ru,

¹МИРФАЛИҚЫЗЫ Толқын, PhD, доцент, m_t85@mail.ru,

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, 010008, Нұр-Сұлтан, Сәтпаев көшесі, 2,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақалада географиялық анықтамасы бар үшөлшемді цифрлық карталарды алуға әкелетін, дала-лық ақпаратты қабылдауға және өңдеуден кейінгі заманауи Ground Penetrating Radar (GPR) жүйелері талқыланады. GPR бағдарламалық қамтамасыз етуінің негізгі жұмыс принципі үш модульден тұрады: мәліметтерді жинау, мәліметтерді алдын ала өңдеу және мәліметтерді визуализациялау. Мақалада Kazakhstan нарығында екі танымал RADEXPRO және GEOSKAN бағдарламалық қамтамасыз етулері талданды. RadExPro – бұл теңіз-дегі HR / UHR деректерін өңдеуге, таяз су сейсмикалық деректерді өңдеуге (рефракция, шағылысу, MASW және VSP) және нақты уақытты қоса алғанда, деректердің кең ауқымды бақылауына арналған икемді, заманауи өңдеу пакеті және жеделдетілген емдеу. GeoScan32 бағдарламасы жер асты дыбыс шығаратын құрылғыны (GPR) басқаруға, сонымен қатар дыбыс беру процесінде алынған ақпаратты кейін өңдеуге және визуализацияға арналған.

Кілт сөздер: радарограмманы түсіндіру, бағдарламалық қамтамасыз ету, SEG-Y форматы, Radexpro, Geoskan 32.

Analysis of Modern Software for Interpreting Radarograms

¹***SHAKHATOVA Aliya**, doctoral student, shakhatovaa@list.ru,

¹**MIRGALIKYZY Tolkyn**, PhD, Associate Professor, m_t85@mail.ru,

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, 010008, Nur-Sultan, Satpayev Street, 2,

*corresponding author.

Abstract. The article discusses modern Ground Penetrating Radar (GPR) systems, software for receiving field information and post-processing, which leads to obtaining three-dimensional digital maps with geographic reference. The basic principle of operation of the GPR software consists of three modules: data collection, data preprocessing and data visualization. The article analyzes two popular software RADEXPRO and GEOSKAN on the Kazakhstan market. RadExPro is a flexible, state-of-the-art processing package suitable for processing marine HR / UHR data, shallow water seismic data processing (refraction, reflection, MASW and VSP), and large-scale data quality control, including real-time and accelerated treatment. The GeoScan32 program is designed to control the subsurface sounding device (GPR), as well as for the subsequent processing and visualization of the information obtained during the sounding process.

Keywords: interpretation of radarograms, software, SEG-Y format, Radexpro, Geoskan-32.

REFERENCES

1. Agostin, A. (2007). Cost-benefit criteria for georadar utility mapping methods. Paper presented at the International Society for Trenchless Technology – 25th no-Dig International Conference and Exhibition, Roma 07: Mediterranean no-Dig 2007, 32-43.
2. Barry K., Cavers D., Kneale C. Recommended standards for digital tape formats. *Geophysics* 1975;40(2):344–52. <http://dx.doi.org/10.1190/1.1440530>.
3. <https://radexpro.com/#clients>
4. https://www.geotech.ru/programmnyj_paket_radexpro_plus/
5. Abiye, T. A., and Tigistu Haile. "Geophysical Exploration of the Boku Geothermal Area, Central Ethiopian Rift". *Geothermics*, vol. 37, no. 6, 2008, pp. 586-596. SCOPUS, www.scopus.com, doi:10.1016/j.geothermics.2008.06.004.
6. Demanet, D., et al. "The use of Geophysical Prospecting for Imaging Active Faults in the Roer Graben, Belgium". *Geophysics*, vol. 66, no. 1, 2020, pp. 78-89. SCOPUS, www.scopus.com, doi:10.1190/1.1444925.
7. He, Z., W. Hu, and W. Dong. "Petroleum Electromagnetic Prospecting Advances and Case Studies in China". *Surveys in Geophysics*, vol. 31, no. 2, 2010, pp. 207-224. SCOPUS, www.scopus.com, doi:10.1007/s10712-009-9093-z.
8. Slater, L.D., and A. Reeve. "Investigating Peatland Stratigraphy and Hydrogeology using Integrated Electrical Geophysics". *Geophysics*, vol. 67, no. 2, 2020, pp. 365-378. SCOPUS, www.scopus.com, doi:10.1190/1.1468597.
9. Epov, M.I., et al. *Electromagnetic Sounding in Deviated and Horizontal Wells: Mathematical Modeling and Real Data Interpretation*, vol. 3, 2012. SCOPUS, www.scopus.com, doi:10.2118/162034-ms.

Ұсыныс жүйе түрлеріне салыстырмалы талдау

¹*КАЙБАСОВА Динара Женисбековна, PhD, аға оқытушы, dindgin@mail.ru,

¹ЕСЛЯМОВ Арман Мейрамович, магистрант, arman.eslyamov@gmail.com,

¹Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Жұмыста ұсыныс жүйелерінің негізгі алгоритмдері сипатталған. Ұсынымдарға мазмұнды баға беріледі, аталған әдістердің әрқайсысының артықшылықтары мен кемшіліктері сипатталады. Белгілі бір ұсыныс жүйелерін пайдаланатын қызметтерге шолу жасалады. Белгілі бір қызметтердегі ұсыныс жүйелерінің жұмысына талдау жасалады. Деректерді талдау негізінде ұсыныс жүйелерін жобалау алгоритмдері де қарастырылған.

Кілт сөздер: ұсыныс жүйе, ұсынымдар, коллаборативті сүзгілеу, item-based, user-based, контент негізінде сүзгілеу, білім негізінде сүзу, гибридтік ұсыныс жүйелері.

Кіріспе

Біз материалдық және ақпараттық молшылық уақытында өмір сүріп жатырмыз. Сондықтан біз күн сайын таңдау жасаймыз және келесі сұрақтарды қоямыз: мен қандай камера, кітап, киім сатып аламын? Балаларыңызға қандай білім таңдау керек? Демалысқа қайда бару керек? Қандай кино көруге болады?

Нәтижесінде, біз шешім қабылдауға көмектесетін жеке ұсыныстар бере алатын бағдарлама туралы ойладық. Мұндай бағдарлама үшін алгоритм құру ұсыныс жүйелерін әзірлеумен айналысатын аймақтың басты міндеті болып табылады. Ал жүйенің мақсаты – пайдаланушылардың үлкен тобын қол жетімді ақпаратпен және жоғары сапалы ұсыныстармен қамтамасыз ету.

Қиындықтарға қарамастан, ұсыныс жүйелері жиырма-отыз жыл бұрын алғашқы пайда болғаннан бері белсенді дамып келеді. Мұндай алгоритмдердің ауқымы өте кең. Бүгінгі күні оларды жылжымайтын мүлік, қаржы, электроника, фильмдер, кітаптар, музыка жаңалықтары және т.б. салаларда кездестіруге болады. Статистика бойынша Amazon.com бір жыл ішінде шамамен 5 млрд транзакция жасалады, ал олардың шамамен 30% ұсынымдардан келеді. Осылайша, шамамен 125 млн бір айда сатып алу ұсыныстар арқылы жүзеге асырылады.

Ұсыныс жүйелерін қолданатын сервистер

Бүгінгі таңда барлық дерлік ірі қызметтердің ұсыныс жүйелері бар, мысалы:

Amazon.com Бұл тауарларды сатуға арналған ең ірі онлайн платформалардың бірі. Amazon.com сервиси негізгі маркетингтік құрал ретінде ұсыныс жүйелерін қолданады. Пайдаланушыларға жеке ұсыныстар, сондай-ақ оларға толықтырулар ұсынылады. Бұл клиенттерді бірнеше сатып алуға

ынталандырады, осылайша пайдаланушыларға көптеген басқа тауарларды іздеуге көп уақыт жұмсауға тура келмейді, ал дүкен өз сатылымдарын арттырады. Егер пайдаланушы өзіне қажет өнімді сатып алса, бірақ оған ұсынылған қосымша позицияларды сатып алмаса, ұсыныс жүйелері оны кейінірек жеке жарнамалық хабарлама арқылы еске түсіре алады.

imdb.com Бұл қызмет әлемдегі ең үлкен фильмдер базасы, онда пайдаланушылар фильмдерді он баллдық шкала бойынша бағалай алады. Содан кейін бағалар масштабталады және фильмге орташа балл беріледі, бұл фильмнің рейтингі. Сайтта пайдаланушы қойған бағалау негізінде қалыптасатын пайдаланушыға арналған ұсыныстар бар.

Last.fm Бұл онлайн музыка тыңдау қызметі өз пайдаланушыларына осы қолданушыға ұнайтын музыканы талдай отырып, жаңа композициялар мен альбомдарды ұсынады.

Facebook Бұл әлеуметтік желі пайдаланушы мен оның достары туралы ақпаратты талдайды және алынған ақпарат негізінде пайдаланушыға пайдаланушы таныс болуы мүмкін немесе оны қызықтыруы мүмкін байланыстар тізімін ұсынады. Сондай-ақ, әлеуметтік желі пайдаланушының жаңалықтар арнасына осы пайдаланушы қараған ақпарат негізінде оны қызықтыруы мүмкін жаңалықтар посттарын қосады.

Netflix Бұл қызмет бейне фильмдер мен сериалдарды қарау қызметтерін ұсынады. Компания алғашқы ірі ашық жарыстардың бірін өткізді, онда қатысушыларға Netflix-те бұрыннан бар ұсыныс жүйесін жақсарту ұсынылды. Басты жүлде – жеңімпаз әзірлеген ұсыныс жүйесін өнімді пайдалану және \$ 1 000 000 болды. Бұл жарыс ғылыми қоғамдастықтың үлкен қызығушылығын тудырды.

Google, Yandex, Mail.Ru Ұсынылған қызметтер сонымен қатар пайдаланушыларға мақсатты (таргетталған) жарнамаларды ұсына отырып, ұсыныс жүйелерін пайдаланады. Іздеу қызметтері ұсыныстар жасайды, соның негізінде олар клиенттердің сұранысы бойынша ұсыныстарды саралайды. Ұсыныс неғұрлым жақсы салынса, бұл пайдаланушы соғұрлым қызметке көп ақша әкеледі.

Ұсыныс жүйесі енгізілген әрбір қызметтің өзіндік ерекшелігі бар, оның негізінде ұсыныстар жасалады, бірақ әр ұсыныс жүйесінің мақсаты пайдаланушыға қызықты болатын объектілерді болжау болып табылады.

Ұсыныс жүйелерінің түрлері

Ұсыныс жүйесінің түрін таңдау ұсыныстар жасалатын қызметтің ерекшелігіне байланысты, сондықтан тақырып саласы шешуші рөл атқарады. Кейбір сайттар үшін ұсынылған ұсыныстардың дәлдігі мен сапасы маңызды, ал басқалары үшін – жұмыс жылдамдығын қамтамасыз ету, көптеген пайдаланушыларды қолдау. Сондай-ақ, көп нәрсе модельді іске асырудың рұқсат етілген күрделілігіне байланысты, өйткені даму шығындары бұған тікелей байланысты болады.

Бүгінгі таңда ұсыныстарды қалыптастырудың

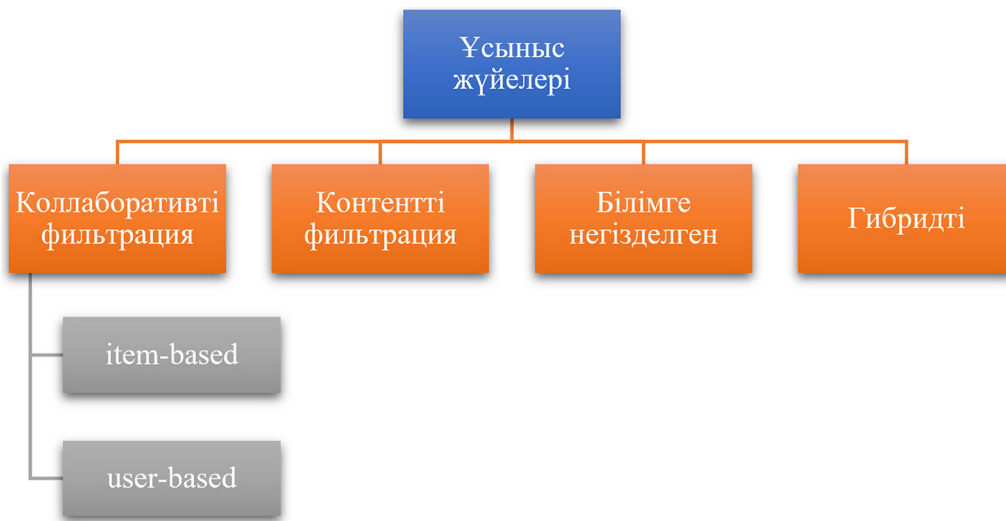
бірнеше тәсілдері бар [2] (сурет):

Әрине, осы түрлердің әрқайсысының өзіндік артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Әрбір типтегі ұсыныстардың сапасын салыстыру үшін зерттеу жүргізбестен, белгілі бір жағдайда қандай түрдің өзін жақсы көрсететінін нақты айту мүмкін емес.

Әрі қарай, ұсыныс жүйелерінің әр түрін қарастырамыз.

Collaborative filtering (коллаборативтік фильтрация). Коллаборативтік фильтрация термині алғаш рет корпоративті поштаны сүзу үшін құрылған Tapestry алғашқы коммерциялық ұсыныс жүйесі аясында айтылды. Ұсыныс жүйелерінің бұл түрі басқа пайдаланушылардың бағалауы немесе сатып алуы негізінде ұсыныстар ұсынады. Бірлескен сүзу пайдаланушылар туралы және осы пайдаланушылар бағалаған өнімдер туралы жиналған ақпаратқа негізделген. Осы мәліметтер негізінде матрица құрылады, оны әдетте user-item matrix деп атайды, ол ұсыныс жүйелерінің осы түрінің негізгі элементі болып табылады. Бұл матрицаның жолдары пайдаланушыларды білдіреді, бағандар нысандар болып табылады және олардың қиылысында і пайдаланушы объектіге орнатқан баға қойылады.

Мұндай матрицаның мысалы 1-кестеде



Ұсыныс жүйелерінің түрлері

1-кесте – User-item матрицасының мысалы

Пайдаланушы	Объектілер					
	Item 1	Item 2	Item 3	...	Item n	
User 1	2	3	-	...	5	
User 2	3	4	3	...	-	
User 3	3	2	-	...	3	
...	
User n	1	-	5	...	4	

келтірілген:

Қысқаша айтқанда, коллаборативтік фильтрация алгоритмін екі әрекетте сипаттауға болады:

1. Әр пайдаланушы (объектілер) үшін басқа пайдаланушылар (объектілер) берілген пайдаланушыларға қаншалықты ұқсас екенін табу.

2. Басқа пайдаланушылардың (объектілердің) бағалауы бойынша, осы объектіге неғұрлым ұқсас пайдаланушылардың (объектілердің) пікірін көбірек ескере отырып, пайдаланушы қандай баға беретінін болжау.

«Ұқсас» пайдаланушылар немесе объектілер деп нені қарастыру керек деген сұрақ қалады. Пайдаланушылардың немесе объектілердің ұқсастық өлшемін есептеу үшін қолданылатын бірнеше әдіс бар. Алайда, көп жағдайда user-item матрицасы негізінде ұқсастық матрицасы немесе similarity matrix құрылады.

Айта кету керек, коллаборативтік фильтрация тағы екі бағытқа бөлінеді: пайдаланушы-негіз және элемент-негіз, олардың әрқайсысында ұқсастық матрицасын есептеуге өзіндік көзқарас бар [1].

User-based. Атауында тұрғандай бұл түр ұқсас пайдаланушыларды табуға негізделген. Осы подтип қолданған кезде бір пайдаланушының екіншісіне ұқсауының мәні екі қолданушы бағалаған объектілер негізінде есептеледі [4].

Item-based. Бұл түрді пайдалану кезінде екі объектінің ұқсастық өлшемі қолданылады, ол салыстырылатын екі нысанды да бағалаған пайдаланушылардан объектілерді бағалау негізінде есептеледі (2-кесте) [5]:

Коллаборативтік фильтрация әдісін қолдана отырып, болжамдарды құру кезінде ұсыныстар жүйенің барлық қатысушыларынан ақпарат жиналғанына қарамастан, әр пайдаланушы үшін жеке жасалады.

Коллаборативтік фильтрация арқылы құрылған ұсыныс жүйелерінің артықшылықтары:

- *Жоғары дәлдік*

- *Қарапайым іске асыру.* Бұл тәсіл өте қарапайым және тез жүзеге асырылуы мүмкін, бірақ соған қарамастан ол болжамдардың жоғары дәлдігін бере алады.

- *Тәсілдің жоғары амбебаптығы.* Коллаборативтік фильтрация әдісі ең амбебап тәсіл болып табылады, өйткені ол объектілер мен пәндік аймақ туралы ешқандай ақпаратты қажет етпейді.

Жүйенің бұл түрінің басты кемшілігі – «Суық бастау» мәселесі, бұл қызметтің басында пайдаланушылар немесе объектілер туралы ақпараттың болмауы.

Ұсыныс жүйелерін құру үшін коллаборативтік фильтрация қолданатын қызметтер – Netflix, MovieLens.

Content base (контентке негізделген). Content-base ұсыныс жүйелері белгілі бір өнім туралы жиналған ақпарат негізінде ұсыныстар ұсынады. Осы типтегі ұсыныстар тақырыптар туралы білімді қолданады және осы объектілерді пайдаланушылардың бағаларын елемейді. Кіріс ақпарат ретінде жүйелер қарастырылып отырған объектілердің қасиеттерін пайдаланады, мысалы, өндіруші, автор, жанр және т.б. [8].

Бұл тәсілдің коллаборативтік фильтрациядан айырмашылығы, бұл жағдайда пайдаланушылардан объектілерді бағалауды сұрау талап етілмейді. Осылайша, мазмұнға негізделген ұсыныс жүйелерін қолдана отырып, жаңа, бейтаныс пайдаланушыларға ұсыныстар жасауға болады, олардың көмегімен жаңа пайдаланушылар тартылады, сонымен қатар әлі бағаланбаған нысандарды ұсынуға болады.

Content-base ұсыныс жүйелерінің артықшылықтары:

- *Жаңа пайдаланушыға ұсыныс жасау мүмкіндігі*

- *Жаңа нысандарды ұсыну мүмкіндігі*

Ұсыныс жүйелерінің бұл түрінің кемшіліктері:

- *Төмен дәлдік.* Бұл түрі пайдаланушылардың объектілер туралы пікірін ескермегендіктен, бұл оларға қызықты емес объектілерді ұсынуға әкелуі мүмкін және бұл өз кезегінде көптеген пайдаланушыларды қорқытуы мүмкін.

- *Әзірлеу уақыты жоғары.* Әзірлеу уақыты артып келеді, себебі объектілер туралы мәліметтерді жинау қажет. Бұл әсіресе интернет-дүкендер жағдайында қиын болуы мүмкін, өйткені олардың өнімдері әртүрлі пәндік аймақтардан мүлдем тыс болуы мүмкін.

Мазмұнға негізделген ең белсенді ұсыныс жүйелері мәтіндік құжаттарды ұсыну үшін қолданылады. Мысалы, Prismatic және оның ресейлік әріптесі Surfingbird сияқты қызметтер ұсынымдардың осы түрін қолданады.

Knowledge-based (білімге негізделген). Бұрын Content – base типтегі ұсыныс жүйелері knowledge-based ұсыныс жүйелерінің ерекше

2-кесте – Объектілердің ұқсастығын есептеу мысалы

	Item 1	Item 2	Item 3	...	Item n
User 1	2	3	-	...	5
User 2	3	4	3	...	4
User 3	3	2	-	...	3
...
User n	1	-	5	...	4

жағдайы ретінде ерекшеленетінін жиі кездестіруге болады, алайда контентке негізделген ұсыныс жүйелері соншалықты танымал болғандықтан олар жеке түр ретінде қарастырыла басталды [7].

Сонымен, knowledge-base жүйелері тақырып саласы туралы білімге негізделген және пайдаланушылардың бағаларын ескермейді. Алайда, content-base ұсыныстарынан айырмашылығы, мұнда жүйе тек пайдаланушы профилі мен объект профилі туралы деректерді ғана емес, сонымен қатар объектілерді бағалауға көмектесетін кез-келген басқа деректерге негізделуі мүмкін. Білімге негізделген ұсыныс жүйелерінің бірнеше кіші түрлері бар:

- **Case-based.** Бұл подтип қосымша ақпарат ретінде пайдаланушының талаптарын ұсынады. Тиісінше, ұсыныс жүйесі талаптарға дәл сәйкес келетін объектілерді ұсыну міндетіне ие. Талаптарды жинау пайдаланушының объект параметрлерін толтырудан бастап іздеу сұрауының парсингіне дейін әртүрлі тәсілдермен жүзеге асырылуы мүмкін.

- **Demographic-based.** Бұл жағдайда жүйеде пайдаланушы туралы жеке деректер ескеріледі. Бұл қызметке қолжетімді кез-келген ақпарат болуы мүмкін, мысалы: жынысы, жасы, кірісі, тұрғылықты жері және т. б.

- **Utility-based.** Объекттерді ұсыну оның пайдаланушы үшін пайдалылығын есептеу негізінде жүзеге асырылады.

Бұл knowledge-base ұсыныс жүйелерінің ең танымал қосалқы түрлері ғана, бірақ сонымен бірге іске асырудың көптеген басқа нұсқалары бар. Әрбір пәндік салада қосымша критерийлер ұсынылуы мүмкін, олардың көмегімен ұсыныстарды саралаудың жақсы сапасына қол жеткізуге болады.

Осы типтегі ұсыныс жүйелерінің артықшылықтары:

- *Жоғары дәлдік.* Өте икемді күйге келтіру мүмкіндігінің арқасында мұндай жүйелер тек ұқсастық өлшемінен гөрі күрделі қатынастар туралы ұсыныстар бере алады. Сондай-ақ, ұсыныстарды құру кезінде қолданылатын қосымша ақпараттың арқасында маңызды емес объектілердің ұсыныстарын алып тастауға болады.

Ұсыныс жүйелерінің бұл түрінің кемшіліктері:
- *Әзірлеудің жоғары күрделілігі.* Бұл кемшілік knowledge-base жүйелерінің артықшылықтарынан туындайды. Мұндай жүйені сапалы зерттеу және күйге келтіру үшін сізге тақырыпты, білікті мамандарды және көп уақытты қажет етеді.

- *Ақпаратты жинау.* Ұсыныс жүйесінің барлық түрлерінің ішінде knowledge-based жүйелері деректерге ең талапшыл болып табылады, өйткені оларды әзірлеу үшін ақпарат қажет, оны жинау әр түрлі көздерді қолдануды қажет етуі мүмкін.

Ұсыныс жүйелерінің бұл түрі ірі Интернет-дүкендер арасында кеңінен қолданылады, олардың ішінде ресейлік Связной қызметі.

Hybrid (гибридті). Жоғарыда аталған түрлердің кез-келген комбинациясы гибриді ұсыныс жүйелеріне жатады. Коллаборативті фильтрацияның ең белсенді комбинациясы мазмұнға негізделген ұсыныстармен бірге қолданылады [3]. Бұл жеке түрлердің кемшіліктерін өтеуге көмектеседі, мысалы, бірлескен сүзгілеу үшін суық басталу проблемасының әсерін айтарлықтай азайтады.

Іс жүзінде өнеркәсіптік мақсаттарда қолданылатын ұсыныс жүйелерінің көпшілігі дәл гибриді болып табылады.

Гибридті жүйелер бұрын сипатталған әдістердің кемшіліктерімен күресуге көмектесетініне қарамастан, олар мұндай жүйені жобалау кезінде жауап беру үшін «Қандай тәсілдерді біріктіруге болады және оны жасау үшін қандай шарттар орындалуы керек?» деген сұрақты қалдырады[6].

Қорыта келгенде, ұсыныс жүйелерді құрудағы үш негізгі тәсіл әр түрлі негізгі ақпаратты пайдаланады және мықты және әлсіз жақтарға ие, олар 3-кестеде келтірілген. Мысалға, *интуитивтілік* қасиеті пайдаланушы тиісті іздеуді бастамаған кезде де, тиісті объектілерді табуда кездейсоқтықтың бір түрі ретінде түсіндірілуі мүмкін. Бұл әсерге, ең алдымен, бірлескен сүзу тәсілдерін қолдану арқылы қол жеткізуге болады. Ал білімге негізделген ұсыныс жүйелеріндегі ережелер әр уақытта жаңадан енгізілген деректерге қолмен *бейімделуі* керек.

Сонымен қатар, ұсыныс жүйелері келесі қасиеттерге ие болуы керек: жүйе белгілі бір пайдаланушыға бейімделуі керек, өйткені қалау әр

3-кесте – Негізгі ұсыным тәсілдерінің сипаттамаларын салыстыру

Қасиеттері	Ұсыныс жүйесі	Коллаборативті фильтрация	Контентті фильтрация	Білімге негізделген
Жылдам орналастыру		Иә	Иә	Жоқ
Бейімділігі		Иә	Иә	Жоқ
Интуитивтілігі		Иә	Жоқ	Жоқ
Суық бастау		Иә	Иә	Жоқ
Ашықтық		Жоқ	Жоқ	Иә
Қатысудың жоғары дәрежесі		Жоқ	Жоқ	Иә

адамнан айтарлықтай ерекшеленуі мүмкін; жүйе қолданушының уақыт бойынша оған бейімделе отырып, оның қазіргі таңдауларын ескеруі керек; жүйе үнемі ақпараттың жаңа бағыттарын тауып, оларды қолданушыға ұсынуы керек. Мұның бәрі ұсыныс механизмдеріне негізделген ресурстарды пайдаланушы үшін тартымды етеді.

Қорытынды

Ұсыныс жүйелері бүгінде тез танымал бола бастады, дегенмен идеяның өзі жаңа емес, бірақ қазіргі уақытта оларды пайдалану қажеттілігі ғана емес, сонымен қатар ұсыныс алгоритмдерін сапалы жүзеге асырудың техникалық мүмкіндігі

пайда болды.

Пайдаланылған алгоритмдердің көптеген өзгерістері және олардың комбинацияларының одан да көп саны бар. Бұл ұсыныс жүйесін жүзеге асыруда үлкен икемділік береді және кез-келген пәндік салада сапалы нәтиже алуға мүмкіндік береді. Алайда, екінші жағынан, мұндай әдістердің көптігі әзірлеушілерден қолданыстағы алгоритмдерді сапалы талдауды талап етеді, өйткені ұсыныс жүйесін іске асырудың қай әдісі қажетті саладағы ұсыныстардың максималды сапасын көрсететінін алдын-ала сенімді түрде айту мүмкін емес.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ricci F., Rokach L., Shapira B. Introduction to recommender systems handbook // Recommender systems handbook. – Springer US, 2011. – pp. 1-35.
2. Melville P., Sindhwan V. Recommender systems // Encyclopedia of machine learning. – Springer US, 2011. – pp. 829-838.
3. Burke R. Recommender Systems: An Introduction, by Dietmar Jannach, Markus Zanker, Alexander Felfernig, and Gerhard Friedrich: Cambridge University Press, 2011. 336 pages. ISBN: 978-0-521-49336-9. – 2012.
4. Shani G., Gunawardana A. Evaluating recommendation systems // Recommender systems handbook. – Springer, Boston, MA, 2011. – pp. 257-297.
5. Sarwar B. et al. Item-based collaborative filtering recommendation algorithms // Proceedings of the 10th international conference on World Wide Web. – ACM, 2001. – pp. 285-295.
6. Amatriain X. et al. Data mining methods for recommender systems // Recommender Systems Handbook. – 2010. – pp. 257-297.
7. Su X., Khoshgoftaar T.M. A survey of collaborative filtering techniques // Advances in artificial intelligence. – 2009. – T. 2009. – p. 4.
8. Adomavicius G., Tuzhilin A. Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions // IEEE transactions on knowledge and data engineering. – 2005. – T. 17. – no. 6. – pp. 734-749.

Сравнительный анализ характеристик рекомендательных систем

¹*КАЙБАСОВА Динара Женисбековна, PhD, ст. преподаватель, dindgin@mail.ru,

¹ЕСЛЯМОВ Арман Мейрамович, магистрант, arman.eslyamov@gmail.com,

¹Карагандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

*автор-корреспондент.

Аннотация. В работе описаны основные алгоритмы рекомендательных систем. Дается содержательная оценка рекомендаций, описываются преимущества и недостатки каждого из перечисленных методов. Предоставляется обзор сервисов, использующих те или иные системы рекомендаций. Проводится анализ работы рекомендательных систем в определенных службах. Также рассмотрены алгоритмы проектирования рекомендательных систем на основе анализа данных.

Ключевые слова: рекомендательная система, рекомендации, коллаборативная фильтрация, item-based, user-based, фильтрация на основе контента, фильтрация на основе знаний, гибридные рекомендательные системы.

Comparative Analysis of the Characteristics of Recommendation Systems

¹*KAIBASSOVA Dinara, PhD, Senior Lecturer, dindgin@mail.ru,

¹YESSLYAMOV Arman, master student, arman.eslyamov@gmail.com,

¹Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

*corresponding author.

Abstract. The paper describes the main algorithms of recommendation systems. A meaningful assessment of the recommendations is given, and the advantages and disadvantages of each of these methods are described. An overview of the services that use certain recommendation systems is provided. The work of recommendation systems in certain services is analyzed. Also describes the algorithms for the design of recommender systems based on the analysis of data.

Keywords: recommendation system, recommendations, collaborative filtering, item-based, user-based, content-based filtering, knowledge-based filtering, hybrid recommendation systems.

REFERENCES

1. Ricci F., Rokach L., Shapira B. Introduction to recommender systems handbook // Recommender systems handbook. – springer US, 2011. – pp. 1-35.
2. Melville P., Sindhvani V. Recommender systems // Encyclopedia of machine learning. – Springer US, 2011. – pp. 829-838.
3. Burke R. Recommender Systems: An Introduction, by Dietmar Jannach, Markus Zanker, Alexander Felfernig, and Gerhard Friedrich: Cambridge University Press, 2011. 336 pages. ISBN: 978-0-521-49336-9. – 2012.
4. Shani G., Gunawardana A. Evaluating recommendation systems // Recommender systems handbook. – Springer, Boston, MA, 2011. – pp. 257-297.
5. Sarwar B. et al. Item-based collaborative filtering recommendation algorithms // Proceedings of the 10th international conference on World Wide Web. – ACM, 2001. – pp. 285-295.
6. Amatriain X. et al. Data mining methods for recommender systems // Recommender Systems Handbook. – 2010. – pp. 257-297.
7. Su X., Khoshgoftaar T.M. A survey of collaborative filtering techniques // Advances in artificial intelligence. – 2009. – T. 2009. – p. 4.
8. Adomavicius G., Tuzhilin A. Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions // IEEE transactions on knowledge and data engineering. – 2005. – T. 17. – no. 6. – pp. 734-749.

m-кірісі және n-шығысы бар адаптивті басқару жүйесінің негізгі контурының реттелетін регуляторының синтезі

¹**БЕЙСЕНБИ Мамырбек Аукбаевич**, т.ғ.д., профессор, beisenbi@mail.ru,

^{1*}**ТЕМИРБЕК Айжан**, докторант, aiku08@mail.ru,

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, 010008, Нұр-Сұлтан, Сәтпаев көшесі, 2,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақала адаптивті басқару жүйесі есебінің қойылымына және Ляпуновтың градиентті-жылдамдық вектор-функциясы тәсілімен m -кірісі және n -шығысы бар адаптивті басқару жүйесінің негізгі контурының реттелетін регуляторын синтездеу есебін шешуге арналған. Адаптивті басқару жүйесінің негізгі контурының жұмыс сапасы, орнықтылығы және робастылығын зерттеу үшін жаңа Ляпуновтың градиентті-жылдамдық вектор-функциясы тәсілі ұсынылады, мұнда эталондық модель және басқарудың негізгі контурын градиенттік жүйелер ретінде, ал Ляпунов функцияларын потенциалды функциялар ретінде қарастырады. Басқару объектісі параметрлерінің бекітілген мәндерінде адаптивті басқару жүйесінің эталондық моделі және негізгі контурдың аperiодтық робасты орнықтылығының шарттарынан адаптивті басқару жүйесінің негізгі контурының тиісті кері байланыс коэффициенттері есептеледі.

Кілт сөздер: адаптивті басқару, эталондық модель, m -кірісі және n -шығысы бар жүйе, Ляпуновтың градиентті-жылдамдық вектор-функциясы тәсілі.

Кіріспе

Қазіргі заманғы төртінші индустриялық революция автоматты және автоматтандырылған басқару жүйелерін кеңінен құруды және пайдалануды болжайды. Автоматты басқару жүйелері (АБЖ) өндіріс пен техниканың барлық салаларында қолданылады: машина жасау, энергетика, электрондық, химия, биологиялық, металлургия және тоқыма өнеркәсібі, көлік, робототехника, авиация, ғарыш жүйелері, жоғары дәлдіктегі әскери техника және технологиялар және т.б. Бұл ретте қолданбалы есептердің кең тобын шешу үшін объектінің барабар математикалық моделін білуді қажет ететін АБЖ жобалау мен зерттеудің дәстүрлі әдістері тиімсіз. Басқарудың дәстүрлі (адаптивті емес) әдістерінің сапасы неғұрлым жоғары болса, объектінің өзі және оның жұмыс істеу шарттары туралы априорлық ақпарат соғұрлым көп болады. Іс жүзінде басқару объектісінің нақты математикалық сипаттамасын қамтамасыз ету өте қиын. Сонымен қатар, жұмыс процесінде объектінің сипаттамалары және сыртқы әсерлер айтарлықтай өзгеруі мүмкін. Мұндай жағдайларда дәстүрлі әдістер көбінесе тиімсіз болады немесе автоматты басқару жүйесінің қажетті сапасын қамтамасыз етпейді.

Бұл мәселені шешудің ең перспективалы әдістерінің бірі-адаптация әдістерін қолдану. Адаптивті басқару жүйелерінде сыртқы әсерлер өтеледі, яғни басқару жүйесі сыртқы әсерлерге қатысты инвариантты болады, ал объект туралы ақпарат жұмыс кезінде жиналады, дереу өңделеді және басқарушы әсерлерді өндіру үшін қолданылады. Бұл объектінің параметрлері мен жұмыс істеу ортасының белгісіздігі жағдайында басқару сапасын арттыруға мүмкіндік береді.

Адаптивті басқару процесін үш ішкі жүйенің өзара әрекеттесу процесі ретінде қарастыруға болады [1,2,3,5]: объект, негізгі контурдың реттелетін регуляторы (регулятордың өзі), адаптация блогы (адаптер). Соңғы екі блок екі деңгейлі иерархиялық құрылымы бар адаптивті регуляторға біріктірілген. Негізгі контурдың регуляторы басқару объектісінің реттеуші органына келіп түсетін $u(t)$ басқарушы әсерін тікелей қалыптастырады. Негізгі контурдағы басқару заңы (алгоритмі) K бапталатын параметрлердің біршама жиынынан тәуелді. Бұл параметрлерді реттеу қолжетімді ағымдағы ақпарат негізіндегі адаптация алгоритмі деп аталатын заңға сәйкес екінші деңгейде жасалады. Адаптация алгоритмінің міндеті – басқару объектісі мен эталондық модель арасындағы

сәйкессіздікті нөлге дейін азайту үшін регулятордың коэффициенттерін реттеу. Оған қажетті динамикасы бар жүйенің апериодикалық робасты орнықтылығымен жетуге болады. Бұл ретте, зерттеудің негізгі мәселесі – адаптивті басқару жүйелерін зерттеу үшін Ляпунов функцияларын құрудың әмбебап тәсілдерінің болмауы [1,3,4]. Қазіргі уақытта бұл әдіс негізінен теориялық зерттеулердің құралы болып табылады және нақты жағдайларда адаптивті регуляторлардың жұмысының орнықтылығы мен сапасына қатысты барлық сұрақтарға жауап бере алмайды. Сондықтан адаптивті басқару жүйелерін зерттеу үшін, Ляпуновтың градиентті-жылдамдықтық вектор-функциясы тәсілі ұсынылады [6,7,8,9], мұнда басқару жүйесі градиенттік жүйелер ретінде және Ляпунов функциясы апаттар теориясынан потенциалды функциялар ретінде қарастырылады [10,11].

Градиенттілік шарттары Ляпунов функциясын сөзсіз құруға мүмкіндік береді және Ляпунов функциясының болу шарты қажетті динамикасы бар басқару жүйесінің апериодикалық робасты орнықтылық жағдайына сәйкес келеді [7,8,9]. Бұл басқарудың негізгі мақсатына жетуді де қамтамасыз етеді.

Мақала Ляпуновтың градиентті-жылдамдықтық вектор-функциясы тәсілімен m -кірісі және n -шығысы бар объект үшін адаптивті басқару жүйесінің негізгі контурының реттелетін регуляторын синтездеу есебін шешуге арналған.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Сызықтық стационарлы басқару жүйесін қарастырайық. Жүйені Ляпуновтың градиентті-жылдамдықтық вектор-функциясы тәсілімен апериодтық робасты орнықтылыққа зерттейміз [6,7,8]:

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad (1)$$

мұндағы $x(t) \in R^n$ – басқару объектісінің (БО) күй векторы; $u(t) \in R^m$ – басқару векторы; $A \in R^{n \times n}$ – БО матрицасы; $B \in R^{n \times m}$ – басқарудың тұрақты матрицасы. Басқару объектісінің барлық күй векторын өлшеуге қолжетімділік болжанады, сол себептен $y(t) = x(t)$.

Басқару объектісінің қажетті динамикасын қамтамасыз ету есебі де қарастырылады, оны эталондық модельдің көмегімен береміз

$$\dot{x}_M = A_M x_M + B_M r(t), \quad (2)$$

мұндағы $x_M(t) \in R^n$ – эталондық модельдің күй векторы; $r(t) \in R^m$ – беруші әсер.

Эталондық модельді таңдау жабық жүйеге қойылатын талаптарға байланысты (өтпелі процестің уақыты, қайта реттеу, статикалық қате және т.б.). Бұл жағдайда ол орнықты болуы керек, яғни эталондық модель апериодтық робасты орнықты болуы керек делік, яғни сыртқы әсерлерді $r(t) \equiv 0$ ескере отырып, эталондық модельді апериодтық робасты орнықтылыққа зерттейміз.

Басқару мақсатын

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon(t) = 0, \quad (3)$$

деп талап етіп көрсетейік. Мұнда $\varepsilon(t) = x(t) - x_M(t)$ – (1) және (2) жүйенің қателігі. Осылайша, айқын эталондық моделі бар адаптивті жүйені құру есебі қойылады. Есепті тікелей адаптивті тәсіл негізінде шешеміз. Өзін-өзі реттейтін жүйелердің екі деңгейлі құрылымына сәйкес есепті шешеміз.

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Эталондық модельді таңдау. $r(t) = 0$ кезінде (2) эталондық модель кеңейтілген түрде келесідей жазылады [6]

$$\begin{cases} \dot{x}_{M1} = -a_{11}^M x_{M1} - a_{12}^M x_{M2} - a_{13}^M x_{M3} - \dots - a_{1n}^M x_{Mn} \\ \dot{x}_{M2} = -a_{21}^M x_{M1} - a_{22}^M x_{M2} - a_{23}^M x_{M3} - \dots - a_{2n}^M x_{Mn} \\ \dot{x}_{M3} = -a_{31}^M x_{M1} - a_{32}^M x_{M2} - a_{33}^M x_{M3} - \dots - a_{3n}^M x_{Mn} \\ \dots \\ \dot{x}_{Mn} = -a_{n1}^M x_{M1} - a_{n2}^M x_{M2} - a_{n3}^M x_{M3} - \dots - a_{nn}^M x_{Mn} \end{cases} \quad (4)$$

Жүйенің апериодикалық робасты орнықтылығының шартын табайық. Ол үшін (4)-ден Ляпуновтың вектор-функциясының градиент векторының құрастырушыларын анықтайық $V(x_M) = (V_1(x_M), \dots, V_n(x_M))$:

$$\frac{\partial V_i(x_M)}{\partial x_j} = a_{ij}^M x_{Mj}, \quad i = 1, \dots, n; \quad j = 1, \dots, n. \quad (5)$$

(5) градиенті бойынша Ляпунов функциясын төмендегі түрде анықтаймыз

$$\begin{aligned} V(x_M) &= \frac{1}{2}(a_{11}^M + a_{21}^M + a_{31}^M + \dots + a_{n1}^M)x_{M1}^2 + \\ &+ \frac{1}{2}(a_{12}^M + a_{22}^M + a_{32}^M + \dots + a_{n2}^M)x_{M2}^2 + \\ &+ \frac{1}{2}(a_{13}^M + a_{23}^M + a_{33}^M + \dots + a_{n3}^M)x_{M3}^2 + \dots + \\ &+ \frac{1}{2}(a_{1n}^M + a_{2n}^M + a_{3n}^M + \dots + a_{nn}^M)x_{Mn}^2. \end{aligned} \quad (6)$$

Ляпунов функциясының оң анықталғандығы, яғни Ляпунов функциясының бар болу шарты анықталады

$$\begin{cases} (a_{11}^M + a_{21}^M + a_{31}^M + \dots + a_{n1}^M) > 0 \\ (a_{12}^M + a_{22}^M + a_{32}^M + \dots + a_{n2}^M) > 0 \\ (a_{13}^M + a_{23}^M + a_{33}^M + \dots + a_{n3}^M) > 0 \\ \dots \\ (a_{1n}^M + a_{2n}^M + a_{3n}^M + \dots + a_{nn}^M) > 0 \end{cases} \quad (7)$$

Негізгі контурдың реттелетін регуляторының синтезі. (1) теңдеудегі басқару заңы келесі түрде берілісін

$$u(t) = -Kx, \quad (8)$$

мұндағы K – анықталатын, регулятордың коэффициенттерінің $n \times m$ – матрицасы. Объект-регулятор тұйық жүйесі төмендегі теңдеумен сипатталады

$$\dot{x} = (A - BK)x, \quad (9)$$

(9) теңдеуі жазық түрде келесідей жазылады

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = \left(a_{11} - \sum_{i=1}^m b_{1i}k_{i1}\right)x_1 + \left(a_{12} - \sum_{i=1}^m b_{1i}k_{i2}\right)x_2 + \\ + \dots + \left(a_{1n} - \sum_{i=1}^m b_{1i}k_{in}\right)x_n \\ \dot{x}_2 = \left(a_{21} - \sum_{i=1}^m b_{2i}k_{i1}\right)x_1 + \left(a_{22} - \sum_{i=1}^m b_{2i}k_{i2}\right)x_2 + \\ + \dots + \left(a_{2n} - \sum_{i=1}^m b_{2i}k_{in}\right)x_n \\ \dots \\ \dots \\ \dot{x}_n = \left(a_{n1} - \sum_{i=1}^m b_{ni}k_{i1}\right)x_1 + \left(a_{n2} - \sum_{i=1}^m b_{ni}k_{i2}\right)x_2 + \\ + \dots + \left(a_{nn} - \sum_{i=1}^m b_{ni}k_{in}\right)x_n \end{cases} \quad (10)$$

Ляпуновтың градиентті-жылдамдықтық вектор-функциясы тәсілімен (10) жүйенің аперидоттық робасты орнықтылығының шартын табамыз. Ол үшін (10)-ден Ляпуновтың вектор-функциясының градиент векторының құрастырушыларын табамыз $V(x) = (V_1(x), V_2(x), \dots, V_n(x))$:

$$\begin{cases} \frac{\partial V_1(x)}{\partial x_1} = -\left(a_{11} - \sum_{i=1}^m b_{1i}k_{i1}\right)x_1, \dots, \frac{\partial V_1(x)}{\partial x_n} = -\left(a_{1n} - \sum_{i=1}^m b_{1i}k_{in}\right)x_n \\ \frac{\partial V_2(x)}{\partial x_1} = \left(a_{21} - \sum_{i=1}^m b_{2i}k_{i1}\right)x_1, \dots, \frac{\partial V_2(x)}{\partial x_n} = -\left(a_{2n} - \sum_{i=1}^m b_{2i}k_{in}\right)x_n \\ \dots \\ \dots \\ \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_1} = \left(a_{n1} - \sum_{i=1}^m b_{ni}k_{i1}\right)x_1, \dots, \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_n} = -\left(a_{nn} - \sum_{i=1}^m b_{ni}k_{in}\right)x_n \end{cases} \quad (11)$$

(11)-ден Ляпунов функциясын келесі түрде көрсете аламыз:

$$\begin{aligned} V(x) = & \frac{1}{2} \left(\sum_{i=1}^m b_{1i}k_{i1} - a_{11} + \sum_{i=1}^m b_{2i}k_{i1} - a_{21} + \dots + \right. \\ & \left. + \sum_{i=1}^m b_{ni}k_{i1} - a_{n1} \right) x_1^2 + \frac{1}{2} \left(\sum_{i=1}^m b_{1i}k_{i2} - a_{12} + \sum_{i=1}^m b_{2i}k_{i2} - \right. \\ & \left. - a_{22} + \dots + \sum_{i=1}^m b_{ni}k_{i2} - a_{n2} \right) x_2^2 + \dots + \frac{1}{2} \left(\sum_{i=1}^m b_{1i}k_{in} - \right. \\ & \left. - a_{1n} + \sum_{i=1}^m b_{2i}k_{in} - a_{2n} + \dots + \sum_{i=1}^m b_{ni}k_{in} - a_{nn} \right) x_n^2. \end{aligned} \quad (12)$$

Ляпунов функциясының оң анықталғандығы келесі шарттардан анықталады

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^m b_{1i}k_{i1} - a_{11} + \sum_{i=1}^m b_{2i}k_{i1} - a_{21} + \dots + \sum_{i=1}^m b_{ni}k_{i1} - a_{n1} > 0 \\ \sum_{i=1}^m b_{1i}k_{i2} - a_{12} + \sum_{i=1}^m b_{2i}k_{i2} - a_{22} + \dots + \sum_{i=1}^m b_{ni}k_{i2} - a_{n2} > 0 \\ \sum_{i=1}^m b_{1i}k_{in} - a_{1n} + \sum_{i=1}^m b_{2i}k_{in} - a_{2n} + \dots + \sum_{i=1}^m b_{ni}k_{in} - a_{nn} > 0 \end{cases} \quad (13)$$

«Идеал» регуляторды алу үшін, яғни A^* және B^* матрицалық элементтердің берілген мәндерінде (1) немесе (10) жүйе берілген қасиеттерге ие болуы үшін (7) және (13) теңсіздіктің сол жағын теңестіріп және сол жерден B^* матрицаның элементтерінің белгілі мәндерімен K матрицаның коэффициенттерінің қажетті мәндерін таба аламыз:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^m b_{1i}^*k_{i1} - a_{11}^* + a_{11}^M = 0 & \sum_{i=1}^m b_{1i}^*k_{in} - a_{1n}^* + a_{1n}^M = 0 \\ \sum_{i=1}^m b_{2i}^*k_{i1} - a_{21}^* + a_{21}^M = 0 & \sum_{i=1}^m b_{2i}^*k_{in} - a_{2n}^* + a_{2n}^M = 0 \\ \dots & \dots \\ \sum_{i=1}^m b_{ni}^*k_{i1} - a_{n1}^* + a_{n1}^M = 0 & \sum_{i=1}^m b_{ni}^*k_{in} - a_{nn}^* + a_{nn}^M = 0 \end{cases} \quad (14)$$

Алгебралық теңдеулердің осы n -жүйесінен идеалды регулятордың K матрицасының n^2 элементтерінің мәнін табуға болады (k_{ij} , $i=1, \dots, n$, $j=1, \dots, n$). K матрицасының және B^* басқарудың күшейту коэффициенттері егер диагональды матрица түрінде берілген болса:

$$B^* = \begin{bmatrix} b_{11}^* & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & b_{22}^* & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & b_{nn}^* \end{bmatrix}, \quad K = \begin{bmatrix} k_{11} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & k_{22} & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & k_{nn} \end{bmatrix},$$

$$k_{11}^* = \frac{a_{11}^* - a_{11}^M}{b_{11}^*}, \quad k_{22}^* = \frac{a_{22}^* - a_{22}^M}{b_{22}^*}, \quad \dots, \quad k_{nn}^* = \frac{a_{nn}^* - a_{nn}^M}{b_{nn}^*}.$$

Қорытынды

Адаптивті басқару жүйелерінің синтезі адаптация тізбегі бар тұйық объектінің орнықтылығын қамтамасыз етумен тығыз байланысты. Ляпунов функциясы тәсілі-сызықтық және бейсызықты жүйелердің орнықтылығы мен қозғалыс сапасын зерттеудің негізгі әдістерінің бірі. Дегенмен Ляпунов функцияларын құруда әмбебап тәсілдердің болмауына байланысты, тәсіл адаптивті басқару жүйелерін зерттеу үшін шектеулі қолданылады. Қазіргі уақытта бұл тәсіл негізінен теориялық зерттеулердің құралы болып табылады және нақты жағдайларда адаптивті регулятордың орнықтылығы мен сапасына қатысты барлық сұрақтарға жауап бере алмайды. Эталондық модель мен басқарудың негізгі контурын градиенттік жүйелер ретінде, ал Ляпунов функцияларын потенциалды функциялар ретінде көрсету адаптивті басқару жүйесінің негізгі контурларының жұмыс сапасын, орнықтылығын және робастылығын зерттеу үшін Ляпуновтың градиентті-жылдамдықтық вектор-функциясы тәсілін қолдануға мүмкіндік береді. Мұнда басқару объектісі параметрлерінің бекітілген мәндерінде адаптивті басқару жүйесінің эталондық моделі және негізгі контурдың аперидоттық робасты орнықтылығының шарттарынан адаптивті басқару жүйесінің негізгі контурларының тиісті кері байланыс коэффициенттері есептелінеді. Бұл ретте адаптивті басқару жүйесінің негізгі контурларының кері байланыс коэффициенттерін жүйедегі орнықтылық, робастылық, тербелгіш, тезәрекеттілік, қайта реттеудің болмауы, статикалық дәлдік, өтпелі процестердің қажетті түрі және т.б. сияқты сапа көрсеткіштерінің кешенімен анықтауға болады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и т. Т5: Методы современной теории автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 784 с.
2. Петров Б.Н., Рутковский В.Ю., Крутова И.Н., Земляков С.Д. Принципы построения и проектирования самонастраивающихся систем управления. – М.: Машиностроение, 1972. – 260 с.
3. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Избранные главы теории автоматического управления. Гл.13. Управление нелинейными колебательными и хаотическими системами. СПб: Наука, 1999.
4. Фрадков А.Л. Адаптивное управление в сложных системах. – М.: Наука, 1990. – 292 с.
5. Козлов Ю.М., Юсупов Р.М. Беспорядочные самонастраивающиеся системы. – М.: Наука, 1969. – 456 с.
6. Бейсенби М.А. Исследование робастной устойчивости систем автоматического управления методом функции А.М. Ляпунова. – Астана, 2015. – 204 с.
7. Beisenbi, M., Kaliyeva, S. The solution to the problem of synthesis of control of multidimensional objects. International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2019; Tashkent; Uzbekistan; 4 November 2019.
8. Beisenbi, M., Sagymbay, A., Satybalдина, D., Kissikova, N. Velocity gradient method of Lyapunov vector functions. ACM International Conference Proceeding Series 10 January 2019, Pages 88-92th International Conference on e-Society, e-Learning and e-Technologies, ICSLT 2019; Vienna; Austria.
9. Beisenbi, M., Kaliyeva, S. Synthesis of the control systems by the state of an object with input and single output by a gradientvelocity method of A.M. Lyapunov vector functions. International Journal of Civil Engineering and Technology Volume 9, Issue 10, October 2018, Pages 2080-2086.
10. Гилмор Р. Прикладная теория катастроф. В 2-х томах. Т.1. – М.: Мир, 1984.
11. Постон Т., Стюарт И. Теория катастроф и ее приложения. – М.: Наука, 2001.

Синтез настраиваемого регулятора основного контура адаптивной системы управления с m -входами и n -выходами

¹**БЕЙСЕНБИ Мамырбек Аукбаевич**, д.т.н., профессор, beisenbi@mail.ru,

¹***ТЕМИРБЕК Айжан**, докторант, aiku08@mail.ru,

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, 010008, Нур-Султан, ул. Сатпаева, 2,
*автор-корреспондент.

Аннотация. Статья посвящена постановке задачи адаптивного управления и решению задачи синтеза настраиваемого регулятора основного контура адаптивной системы управления с m -входами и n -выходами, градиентно-скоростным методом вектор-функции Ляпунова. Для исследования устойчивости, робастности и качества работы основного контура адаптивной системы управления предлагается новый градиентно-скоростной метод вектор-функции Ляпунова, где эталонная модель и основной контур управления рассматриваются как градиентные системы, а функции Ляпунова как потенциальные функции. Из условий аperiodической робастной устойчивости эталонной модели и основного контура адаптивной системы управления при фиксированных значениях параметров объекта управления вычисляются соответствующие коэффициенты обратной связи основного контура адаптивной системы управления.

Ключевые слова: адаптивное управление, эталонная модель, система с m -входами и n -выходами, градиентно-скоростной метод вектор-функции Ляпунова.

Synthesis of a Tunable Controller of the Main Loop of an Adaptive Control System with m -inputs and n -outputs

¹**BEISENBI Mamyrbek**, Dr. Tech. Sci., Professor, beisenbi@mail.ru,

¹***TEMIRBEK Aizhan**, doctoral student, aiku08@mail.ru,

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, 010008, Nur-Sultan, Satpayev Street, 2,
*corresponding author.

Abstract. The article is devoted to the formulation of the adaptive control problem and the solution of the problem of synthesis of a tunable controller of the main loop of an adaptive control system with m -inputs and n -outputs, using the gradient-velocity method of the Lyapunov vector function. To study the stability, robustness and quality of the main loop of the adaptive control system, a new gradient-velocity method of the Lyapunov vector function is proposed, where the reference model and the main control loop are considered as gradient systems, and the Lyapunov functions as potential functions. Where, from the conditions of the aperiodic robust stability of the reference model and the main loop of the adaptive control system at fixed values of the parameters of the control object, the corresponding feedback coefficients of the main loop of the adaptive control system are calculated.

Keywords: adaptive control, reference model, system with m -inputs and n -outputs, gradient-velocity method of the Lyapunov vector function.

REFERENCES

1. Metody klassicheskoj i sovremennoj teorii avtomaticheskogo upravlenija: Uchebnik v 5-i t. T5: Metody sovremennoj teorii avtomaticheskogo upravlenija/ Pod red. K.A. Pupkova, N.D. Egupova [Methods of classical and modern theory of automatic control: Textbook in 5 vols. vol.5: Methods of modern theory of automatic control]. – Moscow: Publ. MGТУ im. N. E. Baumana, 2004. – 784 p.
2. Petrov B.N., Rutkovskij V.Ju., Krutova I.N., Zemljakov S.D. Printsipy postroenija i proektirovanija samonastraivajuschisja sistem upravlenija [Principles of construction and design of self-adjusting control systems]. – Moscow: Mashinostroenie, 1972. – 260 p.
3. Andrievskij B.R., Fradkov A.L. Izbrannye glavy teorii avtomaticheskogo upravlenija. Gl.13. Upravlenie nelinejnymi kolebatel'nymi i haoticheskimi sistemami [Selected chapters of automatic control theory. Chapter.13, Control with nonlinear oscillatory and chaotic systems]. Saint Petersburg: Nauka, 1999.
4. A.L. Fradkov Adaptive control in complex systems [Adaptive control in complex system]. – Moscow: Science, 1990. – 292 p.
5. Kozlov Ju.M., Jusupov R.M. Bespoiskovyje samonastraivajuschiesja sistemy [Searchless self-tuning systems]. – Moscow: Nauka, 1969. – 456 p.
6. Beisenbi M.A. Issledovanie robstnoj ustojchivosti sistem avtomaticheskogo upravlenija metodom funktsii A.M. Ljapunova [Investigation of the robust stability of automatic control system by the function method A.M. Lyapunov]. – Astana, 2015. – 204 p.
7. Beisenbi, M., Kaliyeva, S. The solution to the problem of synthesis of control of multidimensional objects. International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2019; Tashkent; Uzbekistan; 4 November 2019.
8. Beisenbi, M., Sagymbay, A., Satybaldina, D., Kissikova, N. Velocity gradient method of Lyapunov vector functions. ACM International Conference Proceeding Series 10 January 2019, Pages 88-92th International Conference on e-Society, e-Learning and e-Technologies, ICSLT 2019; Vienna; Austria.
9. Beisenbi, M., Kaliyeva, S. Synthesis of the control systems by the state of an object with input and single output by a gradientvelocity method of A.M. Lyapunov vector functions. International Journal of Civil Engineering and Technology Volume 9, Issue 10, October 2018, Pages 2080-2086.
10. Gilmor R. Prikladnaja teorija katastrof. V 2-tomah. T.1 [Applied Catastrophe Theory, in 2 vol. vol. 1]. – Moscow: Mir, 1984.
11. Poston T., Stjuart I. Teorija katastrof i ee prilozhenija [The theory of catastrophes and its applications]. – Moscow: Nauka, 2001.

Информационное сообщение

Республиканский научно-технический журнал «Университет еңбектері – Труды университета» Карагандинского технического университета входит в перечень изданий, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки МОН РК для публикации основных результатов научных диссертаций (регистрационное свидетельство № 15375-ж от 27.05.2015 г.).

Результаты реформы высшей школы и системы научной аттестации в Республике Казахстан, основанные на трехуровневой системе образования, в соответствии с принципами Болонского процесса: академической мобильностью, международным обменом, дублированным образованием, множественностью траекторий обучения в бакалавриате, магистратуре и докторантуре, развитием системы дистанционного образования, положительно влияют на все сферы жизни университета, в том числе и на содержание статей в журнале.

Проблемы высшей школы в рамках Болонского процесса, инновационное развитие профессионального образования на базе специализированных программно-аппаратных комплексов и телекоммуникационных средств, с последующим созданием систем дистанционного образования, не ограниченных в географических границах, стали платформой, объединяющей ученых и преподавателей высших учебных заведений Республики Казахстан, стран ближнего и дальнего зарубежья.

Примерами являются международные контакты ученых, преподавателей, студентов, магистрантов и докторантов с коллегами из России, Германии, Чехии, Японии, Китая и других стран, участие КарТУ в международных программах «Синергия», «ТЕМПУС», УШОС.

Известные в РК, СНГ и дальнем зарубежье ученые университета продолжают плодотворную работу по подготовке магистров и докторов:

в области геотехнологий, геолого-геофизических исследований, безопасности жизнедеятельности – доктора наук: Дрижд Н.А., Демин В.Ф., Исабек Т.К., Ибраев М.К., Низаметдинов Ф.К., Пак Ю.Н., Портнов В.С.;

в области машиностроения и металлургии – доктора наук: Глотов Б.Н., Жетесова Г.С., Исагулов А.З., Николаев Ю.А., Шеров К.Т.;

в области строительства и транспорта – доктора наук: Байджанов Д.О., Бакиров Ж.Б., Ибатов М.К., Кадыров А.С., Малыбаев С.К., Нугужинов Ж.С.;

в области проблем высшей школы и экономики – доктора наук: Ахметжанов Б.А., Аубакирова Г.М., Бирюков В.В., Головачева В.Н., Ибатов М.К., Исмакова Б.С., Кошебаева Г.К., Пак Ю.Н., Стеблякова Л.П.;

в области автоматизации и электроэнергетики – доктора наук: Брейдо И.В., Николаев Ю.А., Фешин Б.Н.

Своими научными достижениями и публикациями, культурой и инновационной направленностью статей, публикуемых в журнале на момент его становления и в настоящее время, ученые университета помогли журналу приобрести новое качество.

АО «Национальный центр государственной научно-технической экспертизы» определил импакт-фактор научного журнала «Университет еңбектері – Труды университета» за 2018 г., который по Казахстанской базе цитирования составляет величину, равную 0,02, импакт-фактор журнала по РИНЦ составляет 0,031.

Воплощая государственную политику триединства языков, журнал предоставляет возможность публикации статей на казахском, русском или английском языке.

Основная тематическая направленность журнала определена в публикации материалов по следующим разделам:

1. Проблемы высшей школы.
2. Машиностроение. Металлургия.
3. Геотехнологии. Геолого-геофизические исследования. Безопасность жизнедеятельности.
4. Строительство. Транспорт.
5. Экономика.
6. Энергетика. Автоматика. Информационно-коммуникационные технологии.

Собственник журнала: Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет» (КарТУ) (г. Караганда).

Территория распространения журнала: Республика Казахстан, страны СНГ.

Почтовый адрес КарТУ: 100027 г. Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56.

Факс: (8-7212)-56-03-28.

Журнал выходит 4 раза в год – ежеквартально.

Адрес редакционно-издательского отдела (РИО):

100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 60, IV корп., ауд. 208.

Электронный сайт журнала: <http://tu.kstu.kz/>.

E-mail редакционно-издательского отдела: rio_kstu@mail.ru

Тел.: 8-7212-56-75-94 + 1057

Правила оформления и представления статей

Статья представляется в редакцию в электронном виде только через сайт журнала <http://tu.kstu.kz/>. Структура статьи должна включать: **введение, методы исследования, научные результаты, выводы**. Статья должна иметь: УДК, резюме, содержащее не более 300 слов (**обязательно должно включать цели и методы исследования**), ключевые слова – не более 15 слов и словосочетаний, сведения об авторах (**ФИО полностью, должность, регалии, страна, почтовый индекс, город, место работы, полный адрес организации**) – всё на русском, казахском и английском языках, а также положительную рецензию специалиста по тематике статьи. Список литературы должен быть **дополнительно транслитерирован**. Объем статьи должен быть не менее 6-ти и не более 8 страниц машинописного текста. Текст статьи печатается через один интервал форматом А4, страницы нумеруются. Текст необходимо набирать в редакторе Word шрифтом Times New Roman, размер шрифта (кегель) – 14. Все буквенные обозначения, приведенные на рисунках, необходимо пояснять в основном или подрисуночном тексте. Рисунки должны иметь расширения, совместимые с Word, т.е. CDR, JPG, PCD, TIF, BMP. Рисунки должны быть хорошего качества. Формулы должны быть набраны в формуляторе **MathMagic**, совместимом с программой **InDesign**, и дополнительно сохранены отдельным файлом. Нумеровать следует только те формулы и уравнения, на которые есть ссылка в последующем изложении. В статье не должно быть сложных и громоздких формул и уравнений, особенно формульных таблиц, а также промежуточных математических выкладок. **Количество формул не более 10**. Все сокращения и условные обозначения в формулах следует расшифровать, размерности физических величин давать в системе СИ, названия иностранных фирм, их продуктов и приборов – в транскрипции первоисточника с указанием страны. Список литературы (**за последние 10-15 лет, только органически связанной со статьей, не более 7-8**) составляется в порядке цитирования и дается в конце статьи. Ссылки на литературу в тексте отмечаются порядковыми цифрами в квадратных скобках, а именно [1, 2]. Авторские свидетельства в списке литературы оформляются следующим образом: номер а.с., название, год и № «Бюллетеня изобретений».

После регистрации на сайте каждая статья проходит **проверку на антиплагиат и слепое рецензирование** ведущими экспертами по тематическим направлениям. Каждой статье, получившей положительное заключение, присваивается DOI (ДОИ) – цифровой идентификатор объекта для уникальной и постоянной онлайн-идентификации содержания журнала и ссылок в Интернете.

Статья должна носить авторский характер, т.е. принадлежать лично автору или группе авторов, причем количество последних не должно быть более пяти. В одном номере журнала может быть напечатано не более одной статьи одного автора. В исключительных случаях, по решению редакционного совета, может быть опубликовано более одной статьи одного автора.

Предпочтение отдается статьям, имеющим исследовательский характер и содержащим элементы научной новизны. Рекомендуются аналитические результаты научных исследований подтверждать экспериментальными данными или результатами имитационного моделирования.

Статья должна иметь законченный характер, то есть в ней рекомендуется отобразить кратко историю рассматриваемого вопроса, поставить задачу, определить методику ее решения, привести результаты решения задачи, сделать выводы и заключение, привести список литературы. Не допускается использование в статьях фрагментов текстов, рисунков или графиков из работ других авторов (или из Internet) без ссылки на них.

Стоимость 1 экземпляра сборника трудов 6516 тенге.

Адрес редакционно-издательского отдела (РИО):

100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 60, IV корп., ауд. 208.

E-mail: rio_kstu@mail.ru

Тел.: 8-7212-56-75-94 + 1057

Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет»

100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56

Тел.: 8-7212 (56-51-92), (56-88-95)

ИИК KZ63856000000147366

АО Банк ЦентрКредит

БИК KСJBKZKX

КБЕ 16

БИН 000240004524

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ • ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА 2021. №3. 293 с.

№ 15375–ж тіркеу қуәлігін 2015 жылдың 27 мамырында Қазақстан Республикасының Инвестициялар және даму министрлігінің жанындағы Байланыс, ақпараттандыру және ақпарат комитеті берген

Регистрационное свидетельство № 15375–ж от 27 мая 2015 года выдано Комитетом связи, информатизации и информации при Министерстве по инвестициям и развитию Республики Казахстан

Әдеби редакторлар – Литературные редакторы

Р.С. Искакова, К.К. Сагадиева

Аудармашылар – Переводчики

Г.Г. Нурсейтова, Н.М. Драк

Компьютерлік ажарлау және беттеу – Компьютерный дизайн и верстка

М.М. Утебаев, У.Е. Алтайбаева

Жарыққа шыққан күні	23.09.2021	Дата выхода в свет
Пішімі	60×84/8	Формат
Көлемі, б.т.	36,8	Объем, п.л.
Таралымы	300	Тираж
Тапсырыс	185	Заказ
Индексі	74379	Индекс

Электронный сайт журнала: <http://tu.kstu.kz/>

E-mail редакции: rio_kstu@mail.ru

Отпечатано в типографии Карагандинского технического университета.
Адрес типографии и редакции: 100027, г. Караганда, пр. Н. Назарбаева, 60.