

Код МРНТИ 52.13.05:52.01.77

Б. Хусан, Ж.Б. *Нығыметов, Ж.А. Азимбаева, Е. Бекболат

НАО Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ

Аннотация. Целью настоящего исследования является оценка целесообразности и ожидаемой эффективности внедрения автоматизированной системы управления (АСУ) компании ROGR Electronics на золоторудном месторождении Ашиктас. В статье рассматриваются возможные изменения в организации труда, повышение точности технологических операций и улучшение взаимодействия между подразделениями предприятия при условии внедрения АСУ. Проводится анализ предполагаемого влияния системы на ключевые производственные и экономические показатели, такие как коэффициент использования оборудования (КИО) и коэффициент технической готовности (КТГ). На основе опыта других предприятий в Казахстане, успешно внедривших аналогичные системы, обосновывается эффективность предлагаемых цифровых решений. В заключение подчеркивается необходимость внедрения подобных технологий для обеспечения устойчивого развития горнодобывающей отрасли.

Ключевые слова: цифровизация, автоматизированная система управления (АСУ), эффективность, коэффициент использования оборудования, коэффициент технической готовности, месторождение полезных ископаемых.

Цифрлық технологияларды ашық тау-кен жұмыстарында қолданудың тиімділігі

Аннотация. Осы зерттеудің мақсаты Ашықтас алтын кен орнында rogr Electronics компаниясының автоматтандырылған басқару жүйесін (АБЖ) енгізудің орындылығы мен күтілетін тиімділігін бағалау болып табылады. Мақалада сәйкесті ұйымдастырудағы ықтимал өзгерістер, технологиялық операциялардың дәлдігін арттыру және АБЖ енгізілген жағдайда кәсіпорын бөлімшелері арасындағы өзара әрекеттесуді жақсарту қарастырылады. Жабдықты пайдалану коэффициенті (КБТ) және техникалық дайындық коэффициенті (КТГ) сияқты негізгі өндірістік және экономикалық көрсеткіштерге жүйенің болжамды әсеріне талдау жүргізіледі. Осындай жүйелерді сәтті енгізген Қазақстандағы басқа кәсіпорындардың тәжірибесі негізінде ұсынылатын цифрлық шешімдердің тиімділігі негізделеді. Қорытындылай келе, тау-кен өнеркәсібінің тұрақты дамуын қамтамасыз ету үшін осындай технологияларды енгізу қажеттілігі атап өтілді.

Түйінді сөздер: цифрландыру, басқарудың автоматтандырылған жүйесі (АБЖ), тиімділік, жабдықты пайдалану коэффициенті, техникалық дайындық коэффициенті, пайдалы қазбалар кен орны.

Effectiveness of the application of digital technologies in open-pit mining operations

Abstract. The purpose of this study is to assess the feasibility and expected effectiveness of implementing the automated control system (ACS) of ROGR Electronics at the Ashiktas gold mine. The article discusses possible changes in labor organization, increasing the accuracy of technological operations and improving interaction between the enterprise departments subject to the implementation of the ACS. An analysis is made of the expected impact of the system on key production and economic indicators, such as the equipment utilization rate (EUR) and the technical readiness rate (TRR). Based on the experience of other enterprises in Kazakhstan that have successfully implemented similar systems, the effectiveness of the proposed digital solutions is substantiated. In conclusion, the need to implement such technologies to ensure sustainable development of the mining industry is emphasized.

Key words: digitalization, automated control system (ACS), efficiency, equipment utilization rate, technical readiness factor, mineral deposit.

Введение

Цифровизация горных работ становится важным направлением для будущего развития горнодобывающей отрасли. В условиях современного рынка, где высокая конкуренция, изменяющиеся экологические требования, стандарты безопасности, а также необходимость повышения производительности и снижения затрат становятся важнейшими вызовами, автоматизация процессов может стать ключевым фактором для успешной адаптации и улучшения результатов. Внедрение автоматизированных систем управления (АСУ) предлагает значительные возможности для повышения эффективности работы предприятий, улучшения уровня безопасности, сокращения операционных расходов и повышения конкурентоспособности. В частности, использование системы АСУ от компании ROGR Electronics на золоторудном месторождении Ашиктас рассматривается как один из перспективных вариантов внедрения таких технологий.

Ожидается, что внедрение АСУ в будущем позволит оптимизировать важнейшие процессы, такие как управление горнотранспортным комплексом (ГТК), планирование технического обслуживания и ремонтов, а также координацию производственных потоков. Основной целью настоящего исследования является оценка потенциального воздействия системы АСУ на ключевые производственные и экономические показатели горнодобывающего предприятия, включая коэффициенты использования оборудования (КИО), коэффициенты технической готовности (КТГ) и возможные потери и разубоживание (ПиР). Также

рассматривается анализ ожидаемого экономического эффекта от внедрения цифровых решений.

В рамках работы приводится теоретическое обоснование преимуществ цифровых технологий в горном производстве, а также анализ их возможного воздействия на деятельность предприятий в Казахстане. Предполагается, что результаты исследования помогут сформировать обоснованные выводы о целесообразности внедрения подобных систем на других горнодобывающих предприятиях как в Казахстане, так и за рубежом, а также будут способствовать дальнейшему развитию и совершенствованию технологических процессов в отрасли.

Методы исследования

Внедрение АСУ ROGR Electronics на месторождении Ашиктас

Золоторудное месторождение Ашиктас представляет собой один из ключевых объектов горнодобывающей отрасли Казахстана, где в условиях сложной геологической структуры осуществляется разработка руд открытым способом. Для эффективного управления таким комплексным производством требуется постоянная координация между подразделениями, точный оперативный контроль технологических процессов и высокий уровень планирования [1, 2]. Внедрение АСУ от компании ROGR Electronics рекомендуется как стратегический шаг, направленный на повышение технологической и экономической эффективности добычи, сокращение потерь, минимизацию влияния человеческого фактора и обеспечение промышленной безопасности.

АСУ ROGR Electronics представляет собой интегрированную цифровую платформу, которая будет обеспечивать сбор, анализ и визуализацию производственных данных в режиме реального времени. В случае внедрения, система должна охватить все ключевые производственные участки месторождения, включая диспетчерскую службу, горный участок, геологический отдел, планово-технический отдел и маркшейдерскую службу. В работе представлено описание предполагаемых функций каждого подразделения в рамках системы, а также анализ возможных изменений в их работе после внедрения АСУ.

Диспетчерская служба. На предприятии Ашиктас диспетчерская служба выполняет координационную функцию, обеспечивая оперативное управление всеми производственными процессами, связанными с добычей, транспортировкой, техническим обслуживанием оборудования. Основными задачами службы являются распределение техники по участкам, контроль выполнения сменных заданий, обеспечение безопасности производственных операций и взаимодействие между службами предприятия.

В случае внедрения АСУ ROGR Electronics, планируется радикальное изменение работы диспетчерской службы. Вместо использования разрозненных источников информации и бумажной документации, диспетчеры смогут получить доступ к централизованной цифровой панели управления, которая будет отображать в реальном времени текущее состояние оборудования, перемещение техники, производственные показатели и статус работ на каждом

участке. Система будет интегрирована с устройствами, установленными на всей технике, что позволит получать точные координаты машин, фиксировать простои, а также контролировать расход топлива и техническое состояние узлов.

АСУ также будет обеспечивать автоматизированное формирование отчетов, прогнозирование отклонений и расчет ключевых производственных индикаторов, таких как коэффициент использования парка, время цикла, уровень выполнения плана. Ожидается, что благодаря внедрению алгоритмов анализа данных повысится скорость и точность принятия управленческих решений. Система также предполагает реализацию модуля голосовой связи и обмена сообщениями между диспетчерами и машинистами, что улучшит оперативность реагирования на внештатные ситуации и повысит коммуникацию на производстве.

Горный участок. Горный участок месторождения Ашиктас осуществляет непосредственную добычу полезного ископаемого в пределах проектного карьера. В обязанности участка входят выполнение вскрышных и добычных работ, организация работы экскаваторов и самосвалов, контроль над соблюдением параметров уступов, а также обеспечение соблюдения техники безопасности при проведении горных работ [3].

В случае внедрения АСУ, планируется использование системы REACS (Rogr Electronics Automatic Controlling System) – высокотехнологичной платформы для управления процессом экскавации. Эта система будет интегри-

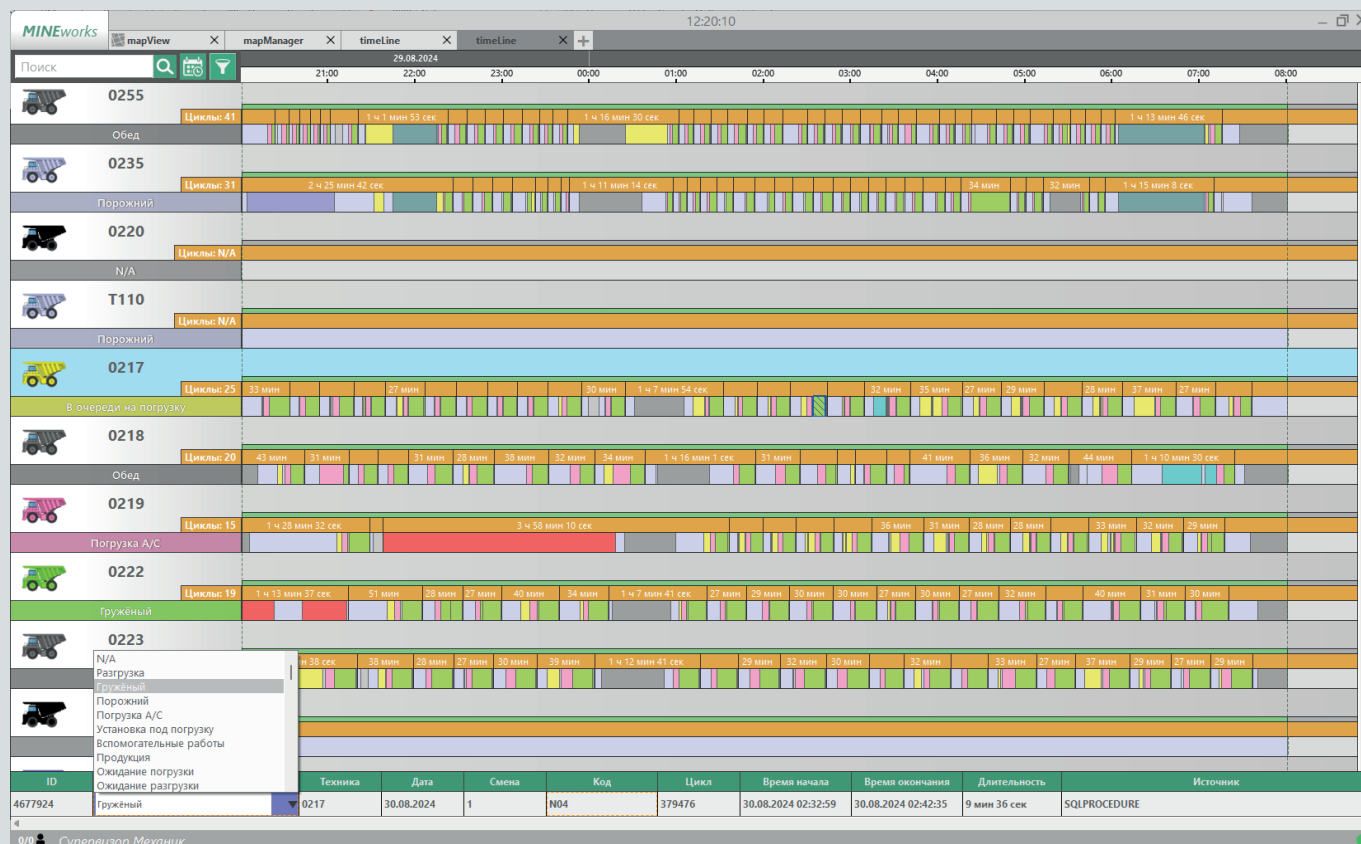


Рис. 1. Мониторинг работы автосамосвалов.
Сурет 1. Автосамосвалдардың жұмысын бақылау.
Figure 1. Monitoring the operation of dump trucks.

рована в архитектуру ROGR Electronics и позволит в реальном времени контролировать положение ковша экскаватора относительно проектного контура, глубины и угла откоса. С помощью GNSS-навигации и бортовых датчиков REACS обеспечит точность экскавации до 20 см, что снизит переработку лишней массы и уменьшит вероятность значительного отклонения от проектных параметров бортов карьера.

Автоматизация функций экскаватора предполагает отображение проектной поверхности [4], подсказки оператору по ведению черпания, автоматическое определение зон перегрузки материала, а также идентификацию типа выемки (руда, вскрыша, забой). Это повысит точность выполнения сменных заданий и упростит контроль качества работ. Данные об объемах извлеченной массы, времени работы, состоянии оборудования и эффективности машинистов будут поступать в диспетчерскую систему, позволяя анализировать производительность по сменам, недогруз или перерасход техники.



Рис. 2. Визуализация процесса погрузки.
Сурет 2. Жүктеу процесін визуализациялау.
Figure 2. Visualization of the loading process.

Геологический отдел предприятия отвечает за изучение геологической структуры месторождения, построение трехмерных моделей рудных тел, анализ данных разведки и подготовку информации для планирования выемки. В сферу его задач также входит контроль над качеством добываемой руды, анализ проб и ведение геологической документации.

До внедрения АСУ большая часть геологических работ выполняется вручную или с использованием обособленных программных решений. Однако при внедрении ROGR Electronics геологический отдел получит доступ к единому пространству данных, в которое будут поступать сведения от буровых установок, экскаваторов и маркшейдерской службы.

С использованием цифровой платформы геологи смогут визуализировать рудные тела в трехмерной среде, анализировать контактные зоны и задавать сортовые планы. Это будет важно для выстраивания сценариев оптимального выбора направления экскавации. АСУ также позво-

лит передавать актуальные геологические границы в систему REACS, что поможет экскаваторам избежать смещения руды и вскрыши.

Это будет способствовать улучшению рудоконтроля со стороны геологов, так как оператор экскаватора, не являясь специалистом в области геологии, сможет в реальном времени видеть сортовые планы геологов и свое местоположение относительно них. Таким образом, он будет точно понимать, какую руду он в данный момент отгружает, и сможет направить ее на рудный склад по сортам, определенным геологами. Это снизит необходимость постоянного присутствия геологов на забоях экскаваторов и позволит более эффективно использовать время работы отдела. Также это сократит вероятность ошибок из-за человеческого фактора, которые могут привести к потерям и разубоживанию руды [5].

Маркшейдерская служба. Маркшейдерская служба предприятия Ашиктас выполняет пространственно-геодезический контроль всех этапов горных работ. Сюда входит вынос проектных контуров в натуру, контроль над соблюдением проектных параметров уступов, анализ смещения массива после буровзрывных работ и построение фактических моделей выемки. Эти данные критически важны для всех производственных и проектных подразделений.

С внедрением АСУ ROGR Electronics маркшейдерская служба получит доступ к системе спутникового позиционирования высокой точности (RTK) и цифровым моделям местности [6-8]. Измерения будут проводиться в автоматическом режиме, а результаты мгновенно передаваться в систему для анализа. Фактические отметки будут сравниваться с проектными благодаря позиционированию экскаватора, что позволит оператору экскаватора видеть отклонения от проектных параметров задолго до повторной съемки и своевременно корректировать выемку [9, 10]. Это снизит необходимость постоянного присутствия маркшейдеров на забоях экскаваторов и позволит более эффективно использовать время работы отдела.

Система сбора и анализа данных в реальном времени будет играть ключевую роль в АСУ на месторождении Ашиктас. Основной задачей будет являться получение и обработка больших объемов данных, поступающих от различных сенсоров, датчиков, а также других информационных источников, установленных в процессе добычи. Эти данные будут включать параметры работы оборудования, состояния горных машин, транспортных средств, а также технологические показатели, такие как температура, давление, вибрации, расход топлива и другие.

Результаты

Оценка эффективности АСУ на основе производственных и экономических показателей

Для обоснования целесообразности внедрения АСУ на горнодобывающем предприятии была проведена аналитическая оценка ожидаемых изменений ключевых производственных и экономических показателей. В рамках данного анализа рассмотрены такие параметры, как КИО, КТГ, а также Пир, которые являются одними из важнейших индикаторов эффективности производственной деятельности. Анализ основан на сравнении текущего состояния показа-

телей с предполагаемыми значениями, достижимыми при условии внедрения АСУ. Прогнозные значения определены на основании моделей функционирования аналогичных цифровых решений в горнодобывающей отрасли, а также с учетом технических возможностей предлагаемой системы автоматизации (таблица 1).

Таблица 1
Прогнозные значения моделей функционирования цифровых решений в горнодобывающей отрасли

Кесте 1
Тау-кен өндіру саласындағы цифрлық шешімдердің жұмыс істеу модельдерінің болжамды мәндері

Table 1
Predicted values of the models of functioning of digital solutions in the mining industry

Показатель	Текущее значение	Ожидаемое значение	Изменение
КИО	76,8%	85,7%	+8,9%
КТГ	85,9%	86,2%	+0,3%
Потери	4,2%	4,0%	-0,2%
Разубоживание	7,1%	6,0%	-1,1%

КИО отражает долю времени, в течение которого техника используется по прямому назначению. Предполагаемое увеличение на 8,9 процентных пункта обусловлено возможностью системного управления загрузкой оборудования, точного распределения техники и автоматизированного учета простоев.

КТГ характеризует долю времени, в течение которого техника находится в исправном состоянии. Небольшое, но положительное изменение (+0,3 п.п.) ожидается вследствие внедрения регулярного мониторинга технического состояния и оптимизации графиков технического обслуживания.

Показатель потерь полезного ископаемого может быть снижен с 4,2% до 4,0% за счет более точного позиционирования техники, исключения ошибок при экскавации, а также сокращения объемов недоизвлеченной руды.

Разубоживание, то есть извлечение материала с пониженным содержанием полезного компонента, может быть снижено на 1,1 процентных пункта (с 7,1% до 6,0%) благодаря улучшению рудоконтроля, точному следованию проектными границами и оперативной передаче геологических данных операторам техники [11, 12].

Закключение

Внедрение АСУ на месторождении Ашиктас представляет собой важный шаг на пути к модернизации и цифровизации процессов добычи и переработки полезных ископаемых. Ожидаемые изменения в производственных и экономических показателях подтверждают высокий потенциал АСУ в повышении общей эффективности работы предприятия. Прежде всего, система обеспечит значительное улучшение в управлении горной техникой. Это проявится в росте КИО, который, по прогнозам, увеличится на 8,9%, а также в повышении КТГ на 0,3%. Эти улучшения обеспечат большую стабильность в работе техники, сокращение времени простоя и более эффективное распределение ресурсов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация: М.: URSS, 2014. 548 с. (на русском языке)
2. Рославцева Ю.Г., Орлова З.А. Технология и комплексная механизация открытых горных работ: Иркутск: ИРНТУ, 2020. 168 с. (на русском языке)
3. Ялтанец И.М. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Гидромеханизированные и подводные горные работы: М.: Горная книга, 2017. 220 с. (на русском языке)
4. Корнилов С.В., Наговицын О.В., Славиковская Ю.О. и др. Планирование открытых горных работ: М.: Ай Пи Ар Медиа, 2021. 346 с. (на русском языке)
5. Аброськин А.С. Применение современных систем автоматизации на открытых горных работах: Томск: ТПУ, 2015. с. 122–130 (на русском языке)
6. Клебанов А.Ф. Автоматизация и роботизация открытых горных работ: опыт цифровой трансформации // Горная промышленность. 2020. № 1. С. 8–12 (на русском языке)
7. Трубецкой К.Н., Клебанов А.Ф., Владимиров Д.Я. Разработка, развитие и применение информационных систем управления в горнодобывающей промышленности России и других странах: от ГИС-технологий до интеллектуального горного предприятия: М.: ИПКОН РАН, 2017. с. 308–323 (на русском языке)
8. Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю. Технология открытых горных работ: М.: Горное дело, 2008. 471 с. (на русском языке)
9. Ондар Э.-Д.В., Чооду О.А. Технология и комплексная механизация открытых горных работ: Кызыл: ТувГУ, 2019. 96 с. (на русском языке)
10. Клейн Б., Альтун Н.Э., Бамбер А.С. Новая эра открытой добычи полезных ископаемых: интеграция горнодобывающих предприятий и передовые технологии: Бока-Ратон: CRC Press, 2014. 28 с. (на английском языке)
11. Мюллер С., Ассибей-Бонсу У., Бафи Э. и др. Добыча полезных ископаемых становится цифровой / Труды 39-го Международного симпозиума, Бока-Ратон: CRC Press, 2020. 400 с. (на английском языке)

12. Хуструлид У.А., Кухта М., Мартин Р.К. Планирование и проектирование открытых горных работ, комплект из двух томов и компакт-дисков: Бока-Ратон: CRC Press, 2013. 1308 с. (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ржевский В.В. Ашық тау-кен жұмыстары. Технология және кешенді механикаландыру: М.: URSS, 2014. 548 б. (орыс тілінде)
2. Рославцева Ю.Г., Орлова З.А. Ашық тау-кен жұмыстарының технологиясы және кешенді механикаландыруы: Иркутск: ИРНТУ, 2020. 168 б. (орыс тілінде)
3. Ялтәнец И.М. Ашық тау-кен жұмыстарының технологиясы және кешенді механикаландыруы. Гидромеханизацияланған және су астындағы тау-кен жұмыстары: М.: Тау кітабы, 2017. 220 б. (орыс тілінде)
4. Корнилков С.В., Наговицын О.В., Славиковская Ю.О. және т. б. Ашық тау-кен жұмыстарын жоспарлау: М.: Ай Пи Ар Медиа, 2021. 346 б. (орыс тілінде)
5. Аброскин А.С. Ашық тау-кен жұмыстарында заманауи автоматтандыру жүйелерін қолдану: Томск: ТПУ, 2015. Б. 122–130 (орыс тілінде)
6. Клебанов А.Ф. Ашық тау-кен жұмыстарын Автоматтандыру және роботтандыру: цифрлық трансформация тәжірибесі // Тау-кен өнеркәсібі. 2020. № 1. Б. 8–12 (орыс тілінде)
7. Трубецкой К.Н., Клебанов А.Ф., Владимиров Д.Я. Ресейдің және басқа елдердің тау-кен өнеркәсібінде басқарудың ақпараттық жүйелерін әзірлеу, дамыту және қолдану: ГАЗ технологиясынан бастап Зияткерлік тау-кен кәсіпорнына дейін: М.: ИПКОН РАН, 2017. Б. 308–323 (орыс тілінде)
8. Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю. Ашық тау-кен жұмыстарының технологиясы: М.: Тау-кен, 2008. 471 б. (орыс тілінде)
9. Ондар Е.-Д.В., Чооду О.А. Ашық тау-кен жұмыстарының технологиясы және кешенді механикаландыруы: Қызыл: ТувГУ, 2019. 96 б. (орыс тілінде)
10. Клейн Б., Альтун Н.Э., Бамбер А.С. Жер үсті өндірудің жаңа дәуірі: тау-кен интеграциясы және озық технологиялар: Бока Ратон: CRC Press, 2014. 28 б. (ағылшын тілінде)
11. Мюллер С., Ассибей-Бонсу В., Бафи Э. және т. б. Тау-кен өнеркәсібі цифрлық жолмен жүреді / 39-шы халықаралық симпозиум материалдары, Бока Ратон: CRC Press, 2020. 400 б. (ағылшын тілінде)
12. Хуструлид В.А., Кухта М., Мартин Р.К. Ашық шұңқырды жоспарлау және жобалау, екі томдық жиынтық және CD-ROM пакеті: Бока Ратон: CRC Press, 2013. 1308 б. (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Rzhovsky V.V. Otkrytye gornye raboty. Tekhnologiya i kompleksnaya mekhanizatsiya [Open-Pit Mining: Technology and Integrated Mechanization], Moscow: URSS, 2014. 548 p. (in Russian)
2. Roslavtseva Y.G., Orlova Z.A. Tekhnologiya i kompleksnaya mekhanizatsiya otkrytykh gornykh rabot [Technology and Integrated Mechanization of Open-Pit Mining], Irkutsk: IRNITU, 2020. 168 p. (in Russian)
3. Yaltanets I.M. Tekhnologiya i kompleksnaya mekhanizatsiya otkrytykh gornykh rabot. Gidromekhanizirovannye i podvodnye gornye raboty [Technology and Integrated Mechanization of Open-Pit Mining: Hydromechanized and Underwater Mining Operations], Moscow: Gornaya Kniga, 2017. 220 p. (in Russian)
4. Kornilkov S.V., Nagovitsyn O.V., Slavikovskaya Y.O. et al. Planirovanie otkrytykh gornykh rabot [Open-Pit Mining Planning], Moscow: IPiR Media, 2021. 346 p. (in Russian)
5. Abroskin A.S. Primenenie sovremennykh sistem avtomatizatsii na otkrytykh gornykh rabotakh [Application of Modern Automation Systems in Open-Pit Mining], Tomsk: TPU, 2015. 122–130 pp. (in Russian)
6. Klebanov A.F. Avtomatizatsiya i robotizatsiya otkrytykh gornykh rabot: opyt tsifrovoi transformatsii [Automation and Robotization of Open-Pit Mining: Experience of Digital Transformation], Gornaya promyshlennost' [Mining industry]. 2020. No. 1. 8–12 pp. (in Russian)
7. Trubetskoy K.N., Klebanov A.F., Vladimirov D.Ya. Razrabotka, razvitie i primeneniye informatsionnykh sistem upravleniya v gornodobyvayushchei promyshlennosti Rossii i drugikh stranakh: ot GIS-tekhnologii do intellektual'nogo gornogo predpriyatiya [Development and Application of Information Management Systems in the Mining Industry in Russia and Abroad: From GIS Technologies to Intelligent Mining Enterprises], Moscow: IPKON RAS, 2017. 308–323 pp. (in Russian)
8. Anistratov Y.I., Anistratov K.Y. Tekhnologiya otkrytykh gornykh rabot [Open-Pit Mining Technology], Moscow: Gornoe Delo, 2008. 471 p. (in Russian)

9. Ondar E.-D. V., Choodu O.A. *Tekhnologiya i kompleksnaya mekhanizatsiya otkrytykh gornykh rabot [Technology and Integrated Mechanization of Open-Pit Mining]*, Kyzyl: TuvSU, 2019. 96 p. (in Russian)
10. Klein B., Altun N.E., Bamber A.S. *A New Era in Open Pit Mining: Mine-Mill Integration and Enabling Technologies*: Boca Raton: CRC Press, 2014. 28 p. (in English)
11. Mueller C., Assibey-Bonsu W., Baafi E. et al. *Mining Goes Digital | Proceedings of the 39th International Symposium*, Boca Raton: CRC Press, 2020. 400 p. (in English)
12. Hustrulid W.A., Kuchta M., Martin R.K. *Open Pit Mine Planning and Design, Two Volume Set & CD-ROM Pack*: Boca Raton: CRC Press, 2013. 1308 p. (in English)

Сведения об авторах:

Хусан Б., старший преподаватель кафедры РМПИ, Ph.D, НАО Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), husanb@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0996-348X>

Ныгыметов Ж.Б., магистрант 2-го курса кафедры РМПИ, НАО Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), nygymetovzh@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-0356-7423>

Азимбаева Ж.А., к.п.н., старший преподаватель, НАО Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), zh.azimbayeva@ktu.edu.kz; <https://orcid.org/0000-0002-9247-1138>

Бекболат Е., ассистент кафедры РМПИ, магистр технических наук, НАО Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), yerkegul.10@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0003-9255-0543>

Авторлар туралы мәліметтер:

Хусан Б., ПҚКӨ кафедрасының аға оқытушысы, Ph.D, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті КЕАҚ (Қарағанды қ., Қазақстан)

Ныгыметов Ж.Б., ПҚКӨ кафедрасының 2 курс магистранты, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті КЕАҚ (Қарағанды қ., Қазақстан)

Азимбаева Ж.А., п.ғ.к., аға оқытушысы, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті КЕАҚ (Қарағанды қ., Қазақстан)

Бекболат Е., РМПИ кафедрасының ассистенті, техника ғылымдарының магистрі, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті КЕАҚ (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Khussan B., senior lecturer of the Department of Working out of mineral deposits, Ph.D, Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

Nygymetov Zh.B., 2nd year master's student of the Department of the Department of Working out of mineral deposits, Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

Azimbayeva Zh., Candidate of Pedagogical Sciences, Senior Teacher, Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

Bekbolat Ye., Assistant Professor of the Department of the Russian Academy of Medical Sciences, Master of Technical Sciences, NAO Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov (Karaganda, Kazakhstan)