

МРНТИ 52.13.17

*Д. Крамсаков¹, И. Столповских¹, С. Кузьмин², С. Мелентьев²
¹Satbayev University (г. Алматы, Казахстан),
²Рудненский индустриальный институт (г. Рудный, Казахстан)

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ГОРНО-ТРАНСПОРТНЫМ СИСТЕМАМ КАРЬЕРОВ

Аннотация. В статье исследуются проблемы повышения технологического и организационного уровня горно-транспортных систем карьеров, доля которых составляет около половины всех трудовых и стоимостных затрат по добыче полезных ископаемых. Целью данной работы является разработка теоретических основ технологических требований при выборе параметров горно-транспортных систем карьеров в увязке с типоразмерами машин. В работе использованы комплексные методы исследований, включающие анализ и научное обобщение научно-технической информации, теоретические исследования, методы математического и компьютерного моделирования и метод научной абстракции. Установлено, что в качестве определяющего признака при выборе стратегии технического и технологического переоснащения карьеров предлагается использовать высоту подъема и средневзвешенный продольный уклон дорог.

Ключевые слова: карьер, технологические требования, горно-транспортные системы, обоснование, метод, структура, переоснащение, проектирование, прибыль.

Карьер пункттерінің тау-көлік жүйелеріне қойылатын технологиялық талаптарды негіздеу

Андатпа. Мақалада карьерлердің тау-кен және көлік жүйелерінің технологиялық және ұйымдастырушылық деңгейін арттыру мәселелері қарастырылған, олардың үлесі тау-кен өндіруге жұмсалатын барлық еңбек және шығындардың жартысына жуығын құрайды. Бұл жұмыстың мақсаты машиналардың стандартты өлшемдеріне байланысты карьерлердің тау-кен және көлік жүйелерінің параметрлерін таңдау кезіндегі технологиялық талаптардың теориялық негіздерін жасау болып табылады. Жұмыста кешенді зерттеу әдістері, соның ішінде ғылыми-техникалық ақпаратты талдау және ғылыми синтездеу, теориялық зерттеулер, математикалық және компьютерлік модельдеу әдістері және ғылыми абстракция әдісі қолданылды. Карьерлерді техникалық және технологиялық қайта жарақтандыру стратегиясын таңдау кезінде анықтаушы белгі ретінде жолдардың көтеру биіктігін және орташа салмақты бойлық еңісін пайдалану ұсынылатыны анықталды.

Түйінді сөздер: карьер, технологиялық талаптар, тау-кен көлік жүйелері, негіздеу, әдіс, құрылым, қайта жабдықтау, жобалау, пайда.

Justification of technological requirements for mining and transport systems of quarry points

Abstract. The article examines the problems of increasing the technological and organizational level of mining and transport systems of quarries, the share of which accounts for about half of all labor and cost costs for mining. The purpose of this work is to develop the theoretical foundations of technological requirements when choosing the parameters of mining and transport systems of quarries in connection with the standard sizes of machines. The work used complex research methods, including analysis and scientific synthesis of scientific and technical information, theoretical research, methods of mathematical and computer modeling and the method of scientific abstraction. It has been established that it is proposed to use the lifting height and the weighted average longitudinal slope of roads as a determining feature when choosing a strategy for the technical and technological re-equipment of quarries.

Key words: career, technological requirements, mining transport systems, justification, method, structure, re-equipment, designing, profit.

Введение

Общепризнанной тенденцией развития мировой горнодобывающей промышленности на обозримую перспективу считается стабильная ориентация на открытый способ разработки месторождений, как обеспечивающий наилучшие экономические показатели.

При открытом способе добычи важнейшую роль играет перемещение горной массы от места выемки до перерабатываемых объектов или в отвал. Затраты на транспортирование достигают на отдельных предприятиях 70% себестоимости добычи полезных ископаемых. По этим причинам поиск эффективных транспортных систем при добыче полезных ископаемых является одной из ключевых задач оптимизации геотехнологий.

Исследованиями проблем по установлению факторов, характеризующих особенности в подходе к разработке научного метода формирования структуры горно-транспортных систем при открытой разработке месторождений занимались многие специалисты и ученые, как в странах СНГ, так и за рубежом [1, 2, 3, 4].

В работах [5, 6] приведена методика обоснования рациональной структуры распределения горно-транспортных машин, которая позволяет учитывать не только оценку влияния различных технико-эксплуатационных факторов, но и долговечность, и живучесть металлоконструкций автосамосвалов.

Анализ работ, вышеупомянутых в настоящем обзоре, показывает, что вопросы, связанные с исследованием и обоснованием структуры горно-транспортных систем в карьерах, к настоящему времени изучены достаточно

широко, однако следует отметить, что применяемые при этом методы определяют структуру горно-транспортных машин на так называемый «расчетный год» и не решают эту задачу в динамике.

В этой связи одним из эффективных решений проблемы совершенствования структуры горно-технологических систем карьеров является проектирование их параметров с учетом изменения конкретных природно-технологических условий разработки месторождения и технико-экономических показателей работы каждой единицы карьерной техники по критерию максимума приведенной прибыли или минимума суммарных затрат на эксплуатацию, технический сервис и владение.

Исходя из этого, целью исследований, отражающей путь решения указанной проблемы, является разработка технологических требований при выборе параметров горно-транспортных систем карьеров в увязке с типоразмерами машин и оценкой их влияния на основные технико-экономические показатели работы карьера в целом.

Для достижения поставленной цели в соответствии с проведенным анализом исследований в работе потребовалось решить следующие задачи: изучить факторы, влияющие на основные параметры горно-транспортных систем; исследовать механизм формирования структуры технологических требований к горно-транспортным системам и обосновать критерий для их оптимизации; установить зависимости факторов применения горно-транспортных систем от горно-геологических и горнотехнических условий разработки месторождений.

Методология

При решении поставленных задач использованы следующие методы научных исследований [7, 8]: анализ и обобщение литературных источников; элементы теории подобия при моделировании базы знаний об экономических показателях работы различного типа карьерных машин и оборудования; методы математической статистики при анализе тенденций развития техники и технологии открытых горных работ; экономико-математическое моделирование при выборе горно-транспортных машин при различных вариантах структуры комплектов технологических потоков и технологических схем ведения горных работ.

Результаты

Установлено, что основными факторами, определяющими развитие карьерного транспорта, являются систематически ухудшающиеся горно-геологические и горнотехнические условия разработки месторождений. И применение того или иного вида карьерного транспорта должно определяться с учетом его технологических и экономических преимуществ.

Разброс условий эксплуатации автомобильного транспорта на карьерах велик. Даже один карьер в разные периоды существования может характеризоваться различными условиями. Так, для карьеров глубиной 300 ÷ 500 м высота рабочей зоны может составлять от 100 м до полной глубины карьера. Тем не менее, можно выделить наиболее характерные группы условий.

В качестве определяющего признака предлагается использовать высоту подъема и средневзвешенный продольный уклон автодорог, в значительной мере определяющий условия эксплуатации автотранспорта. Область существующих и перспективных условий эксплуатации автотранспорта представлена на рисунке 1 [9].

При использовании в карьере автосамосвалов большой единичной мощности огрубляется точность оперативного регулирования обеспеченности экскаватора транспортными средствами в соответствии с оптимальной потребностью. При плавном изменении расстояния доставки горной массы от экскаватора его обеспеченность транспортом может изменяться скачкообразно. Влияние этого процесса на эффективность работы экскаваторно-автомобильного комплекса требует дополнительных исследований.

Выполненные исследования позволили установить, что:

– с увеличением дальности транспортировки горной массы капитальные и эксплуатационные затраты наиболее интенсивно растут при конвейерном транспорте, несколько менее – при автомобильном транспорте и еще в меньшей степени – при железнодорожном;

– с ростом глубины карьеров относительное приращение затрат происходит в обратной зависимости, хотя и в меньшей степени; совокупный учет технических, технологических и экономических факторов, влияющих на сравнительную оценку эффективности различных видов транспорта, позволил выделить предпочтительные условия их применения в глубоких карьерах.

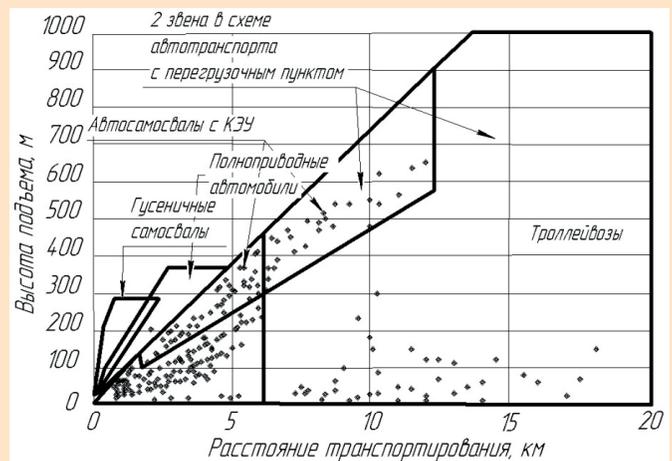


Рис. 1. Существующие и перспективные условия эксплуатации мобильного транспорта на карьерах. Расстояние транспортирования, км. Классические автосамосвалы 4 x 2 (точками обозначены конкретные примеры существующих условий эксплуатации).

Сурет 1. Ағымдағы және болашақтағы жұмыс жағдайлары карьерлердегі жылжымалы көлік.

Тасымалдау қашықтығы, км. Классикалық 4 x 2 самосвалдар (нүктелер қолданыстағы жұмыс жағдайларының нақты мысалдарын көрсетеді).

Figure 1. Current and future operating conditions mobile transport in quarries. Transportation distance, km. Classic 4 x 2 dump trucks (the dots indicate specific examples of existing operating conditions).

Вышесказанное свидетельствует о том, что добиться оптимального экономически выгодного состояния экскаваторно-автомобильных комплексов даже в пределах одного карьера весьма непросто, и это является еще одним серьезным недостатком в использовании карьерного автотранспорта.

Обсуждение результатов

С целью расширения области применения автотранспорта в глубоких карьерах, повышения его эффективности не прекращаются поиски новых технологических схем, а также путей его развития и совершенствования. Одним из основных направлений считается электрификация карьерного автотранспорта. Дизель-троллейвозный транспорт обеспечивает повышение производительности при транспортировании горной массы на 10 ÷ 12% при увеличении скорости движения на подъеме на 20 ÷ 30%, сокращение расхода дизельного топлива на 50 ÷ 70%, сокращение общей стоимости энергозатрат, улучшение санитарно-гигиенических условий работы в глубоких карьерах, сокращение эксплуатационных расходов на 15 ÷ 20%.

В современных условиях на крупных карьерах Казахстана и стран СНГ одним из основных видов технологического транспорта продолжает оставаться железнодорожный. Многолетний опыт применения электрифицированного железнодорожного транспорта на глубоких карьерах показывает его высокую эффективность при использовании в предпочтительных горнотехнических условиях эксплуатации. Анализ

Таблица 1

Технологические требования к горно-транспортным системам карьеров

Кесте 1

Карьерлердің тау-кен және көлік жүйелеріне қойылатын технологиялық талаптар

Table 1

Technological requirements for mining and transport systems of quarries

Горно-транспортные системы карьеров должны обеспечивать:	Достижимый эффект
Свободное развитие карьерного пространства в соответствие с горно-геологическими условиями залегания полезного ископаемого и распределением его качественных показателей	Охрана недр через стабилизацию качества и полноту извлечения полезного ископаемого. Минимизация затрат на разработку месторождения за счет обеспечения оптимального текущего коэффициента вскрыши
Возможность использования выемочного оборудования в соответствие с горно-геологическими и горнотехническими условиями	Охрана недр через снижение потерь и разубоживания
Стимулирование роста единичной мощности транспортного оборудования	Экономия людских ресурсов
Максимально возможную по горнотехническим условиям производительность выемочного и транспортного оборудования	Экономия людских и финансовых ресурсов
Исключение жесткой взаимосвязи параметров выемочных и транспортных машин между емкостью ковша экскаватора и грузоподъемностью автосамосвала через время погрузки	Резерв повышения производительности оборудования
Максимальную степень автоматизации транспортного процесса	Экономия людских ресурсов
На каждом этапе транспортирования горной массы применение вида транспорта с минимальным удельным расходом энергии и минимальными вредными воздействиями на окружающую среду	Минимальная энергоемкость производства и охрана окружающей среды
Передачу транспортируемой горной массы между звеньями транспортной цепочки без ее перевалки	Охрана окружающей среды через снижение пылевыведения, возможность автоматизации технологического процесса

научно-технических и проектных решений позволяет утверждать, что в перспективе как на действующих, так и на вновь вводимых в эксплуатацию карьерах большой производительности электрифицированный железнодорожный транспорт будет оставаться одним из главных.

Преимущества железнодорожного транспорта выгодно отличают его от других видов карьерного транспорта. Однако с ростом глубины разработки карьеров технико-экономические показатели железнодорожного транспорта резко ухудшаются, а его функциональные возможности ограничиваются.

Конвейерный транспорт нашел применение на открытых горных работах, в основном, при отработке горизонтальных или пологопадающих месторождений. Он хорошо сочетается с экскавационным оборудованием непрерывного действия и обеспечивает грузопотоки горной массы больших объемов.

Преимущества конвейерного транспорта являются возможность высокой степени автоматизации процесса транспортировки, высокая производительность.

Недостатки обусловлены необходимостью предварительного измельчения горной массы перед погрузкой на ленту конвейера, что повышает энергоемкость процесса, сложность удержания транспортируемого материала на ленте при подъеме горной массы из карьера.

Скиповой транспорт нашел применение в карьерах в виде подъемного звена по борту карьера. Для его работы требуется сборочный автомобильный транспорт в карьере и транспорт для доставки горной массы на дневной поверхности: руды – на склад, породы – на отвал.

Достоинства скипового транспорта в низкой энергоемкости подъема, в возможности транспортировки крупнокускового материала без предварительного дробления.

Один из основных недостатков скипового подъемника состоит в необходимости наличия участков постоянного борта карьера для его размещения, что обычно нарушает оптимальный режим горных работ и приводит к повышению текущего коэффициента вскрыши. Производительность скипового подъемника ограничивается емкостью скипа и длительностью рабочего цикла.

Комбинация автомобильного и конвейерного транспорта применяется с целью снижения объема работы автотранспорта по подъему горной массы по борту карьера. Так же, как и при скиповом подъемнике и железнодорожном транспорте, для размещения конвейерного подъемника требуется участок постоянного борта карьера. Применяется специальный крутонаклонный конвейер с устройствами, удерживающими транспортируемый материал на ленте конвейера. Загрузка конвейера выполняется на концентрационном горизонте, куда горная масса достав-

ляется автосамосвалами от экскаваторных забоев. При разработке скальных и полускальных пород требуется их дробление. На дневной поверхности возможна перегрузка горной массы на магистральный горизонтальный конвейер и дальнейшая транспортировка.

Достоинства этой технологии состоят в возможности обеспечения высокой производительности карьера, снижается загазованность атмосферы карьера, подъем горной массы осуществляется по кратчайшему пути.

Основными недостатками технологии являются необходимость дробления скальной горной массы, сложность устройства трассы конвейерного подъемника в условиях геомеханических деформаций прибортового породного массива при углубке карьера, стимулируемой взрывными работами в карьере.

Пути развития данного вида транспортирования заключаются [10]:

- в совершенствовании конструкции подъемника по удержанию материала на ленте конвейера,
- в возможности транспортировки крупнокускового материала.

На основе анализа и обобщения недостатков существующих горных технологий и современных критериев эффективности промышленных технологий, сформулированы основные требования к горно-транспортным системам карьеров при добыче твердых полезных ископаемых открытым способом (таблица 1).

Заключение

В результате выполненных исследований предложено решение актуальной научно-практической задачи по обоснованию технологических требований к горно-транспортным системам карьеров.

Основные научные результаты, выводы и рекомендации состоят в следующем:

1. Доказано, что выбор вариантов структуры горно-транспортной системы карьера характеризуется системной работой по формированию базы знаний о карьерной технике и реализуется построением статистических моделей изменения показателей работы карьерных машин в течение срока их эксплуатации.

2. Установлено, что структура горно-транспортных систем карьеров определяется природно-технологическими условиями, а динамика структуры обусловлена изменениями условий разработки в процессе развития карьерного пространства во времени.

3. Разработанные требования к формированию структуры горно-транспортных систем позволяют с высокой точностью подбирать комплекты карьерной техники для отдельных технологических потоков карьеров на основе прогноза изменений показателей работы каждой единицы техники в зависимости от изменения природно-технологических условий и технического состояния карьерных машин и оборудования.

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант №АР 19675410).

Благодарности

Авторы выражают благодарность и признательность сотрудникам и профессорско-преподавательскому составу кафедр: «Горные машины» Рудненского индустриального института и «Технологические машины и оборудование» Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева за оказанную помощь при обсуждении и написании текста статьи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Потапов М.Г. Экологическая оценка технологических схем открытых горных работ. / М.Г. Потапов, А.Н. Комраков. // Горный журнал. 2003. №3. С. 81-86 (на русском языке)
2. Акишев А.Н. Управление развитием рабочей зоны кимберлитовых карьеров. / А.Н. Акишев, В.А. Бахтин, Е.В. Бондаренко, С.Л. Бабаскин. // Горная промышленность. 2004. №1. С. 53-59 (на русском языке)
3. Камнев Е.Н. Вклад ВНИПИпромтехнологии в становление и развитие карьера Мурунтау. / Е.Н. Камнев, А.В. Селезнев, С.К. Рубцов, А.М. Иоффе. // Горный журнал. 2007. №5. С. 14-18 (на русском языке)
4. Кулешов А.А. Анализ вариантов транспортирования руды от карьера до обогатительной фабрики в условиях АК «АЛРОССА». / Кулешов А.А., Васильев К.А., Докукин В.П. // Горный журнал. 2003. №6. С. 13-16 (на русском языке)
5. Зырянов И.В. Опыт эксплуатации карьерных самосвалов на Нюрбинском ГОКе. / И.В. Зырянов, С.П. Маев. // Горный журнал. 2006. №2. С. 69-72 (на русском языке)
6. Хохряков В.С., Лель Ю.И., Ворошилов Г.А. и др. К оценке энергетической эффективности транспортных систем карьеров в условиях рыночной экономики. // Материалы VIII Международной научно-практической конференции 20-23 сентября 2005г. Проблемы карьерного транспорта, УрОРАН ИГД, Екатеринбург, 2005. – С. 18-24 (на русском языке)
7. Ахметова М. Усовершенствование парка автомобильного транспорта при перевозке горнорудной массы в карьерах. / М. Ахметова, О.Н. Вуейкова, А.В. Сладковский, И.Н. Столповских. // Транспортные проблемы. 2016. №1. С. 79-85 (на английском языке)
8. А. Шакенов. Влияние состояния дороги на срок службы шин карьерного самосвала. / А. Шакенов, А. Сладковский, И. Столповских. // Научный вестник Национального городского университета. 2022. №6. С. 25-29 (на английском языке)

9. Кадникова О. Разработка новой экологически чистой технологии транспортировки горной породы при открытых горных работах. / О. Кадникова, С. Кузьмин, Г. Алтынбаева, А. Турбит, З. Хабдуллина. // Экологические и климатические технологии. 2020. №24. С. 341-354 (на английском языке)
10. Сладковский А. Энергетические преимущества технологии контейнерных перевозок в глубоких карьерах. / А. Сладковский, А. Утегенова, С. Кузьмин, Б. Ракишев, И. Столповских. // Научный вестник Национального городского университета. 2019. №5. С. 29-34 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Потапов М.Г. Ашық әдіспен өндірудің технологиялық схемаларының экологиялық бағасы. / Потапов М.Г., Комраков А.Н. // Тау-кен журналы. 2003. №3. Б. 81-86 (орыс тілінде)
2. Акишев А.Н. Кимберлит карьерлерінің жұмыс аймағын дамытуды басқару. / А.Н. Акишев, В.А. Бахтин, Е.В. Бондаренко, С.Л. Бабаскин. // Тау-кен өнеркәсібі. 2004. №1. Б. 53-59 (орыс тілінде)
3. Камнев Е.Н. ВНИПИпромтехнологияның Мұрынтау карьерінің қалыптасуы мен дамуына қосқан үлесі. / Е.Н. Камнев, А.В. Селезнев, С.К. Рубцов, А.М. Иоффе. // Тау-кен журналы. 2007. №5. Б. 14-18 (орыс тілінде)
4. Кулешов А.А. АК ALROSSA жағдайында кенді карьерден өңдеу зауытына тасымалдау нұсқаларын талдау. / А.А. Кулешов, К.А. Васильев, В.П. Докукин. // Тау-кен журналы. 2003. №6. Б. 13-16 (орыс тілінде)
5. Зырянов И.В. Нюрба тау-кен байыту комбинатында тау-кен автосамосвалдарын пайдалану тәжірибесі. / И.В. Зырянов, С.П. Маев. // Тау-кен журналы. 2006. №2. Б. 69-72 (орыс тілінде)
6. Хохряков В.С., Лел Ю.И., Ворошилов Г.А. және т.б. Нарықтық экономика жағдайында карьерлік көлік жүйелерінің энергия тиімділігін бағалау. // VIII Халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары, 20-23 қыркүйек 2005 ж. Карьер көлігінің мәселелері, УрОРАН ИГД, Екатеринбург, 2005. – Б. 18-24 (орыс тілінде)
7. Ахметова М. Карьерлерде тау-кен массасын тасымалдау кезінде көлік паркін жетілдіру. / М. Ахметова, О.Н. Вузэйкова, А.В. Сладковский, И.Н. Столповских. // Көлік мәселелері. 2016. №1. Б. 79-85 (ағылшын тілінде)
8. Шакенов. Тасымалдау жолы және тау-кен автосамосвалының шиналарының қызмет ету мерзіміне әсер ету. / А. Шакенов, А. Сладковский, И. Столповских. // Ұлттық қалалық университетінің ғылыми хабаршысы. 2022. №6. 25-29 (ағылшын тілінде)
9. О. Кадникова. Ашық тау-кен өндірісінде өндірілген тау жыныстарын тасымалдаудың жаңа экологиялық таза технологиясын әзірлеу. / О. Кадникова, С. Кузьмин, Г. Алтынбаева, А. Түрбит, З. Хабдуллина. // Экологиялық және климаттық технологиялар. 2020. №24. Б. 341-354 (ағылшын тілінде)
10. Сладковский А. Терең карьерлердегі контейнерлік тасымалдау технологиясының энергетикалық артықшылықтары. / А. Сладковский, А. Утегенова, С. Кузьмин, Б. Ракишев, И. Столповских. // Ұлттық қалалық университетінің ғылыми хабаршысы. 2019. №5. Б. 29-34 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Potapov M.G. Ekologicheskaya otsenka tekhnologicheskikh skhem otkrytykh gornyykh robot. / M.G. Potapov, A.N. Komrakov. // Gornyy zhurnal. 2003. №3. S. 81-86 [Potapov M.G. Environmental assessment of technological schemes for open-pit mining. / M.G. Potapov, A.N. Komrakov. // Mining Journal. 2003. №3. P. 81-86] (in Russian)
2. Akishev A.N. Upravlenie razvitiem rabochei zony kimberlitovykh kar'erov. / A.N. Akishev, V.A. Bakhtin, E.V. Bondarenko, S.L. Babaskin. // Gornaya promyshlennost'. 2004. №1. S. 53-59 [Akishev A.N. Management of the development of the working zone of kimberlite quarries. / A.N. Akishev, V.A. Bahtin, Y.V. Bondarenko, S.L. Babaskin. // Mining industry. 2004. №1. P. 53-59] (in Russian)
3. Kamnev E.N. Vklad VNIPIpromtekhnologii v stanovlenie i razvitie kar'era Muruntau. / E.N. Kamnev, A.V. Seleznev, S.K. Rubtsov, A.M. Ioffe. // Gornyy zhurnal. 2007. №5. S. 14-18 [Kamnev E.N. The contribution of VNIPIpromtekhnologiya to the formation and development of the Muruntau quarry. / Y.N. Kamnev, A.V. Seleznyov, S.K. Rubcov, A.M. Ioffe. // Mining Journal. 2007. № 5. P. 14-18] (in Russian)
4. Kuleshov A.A. Analiz variantov transportirovaniya rudy ot kar'era do obogatitel'noi fabriki v usloviyakh АК «ALROSSA». / Kuleshov A.A., Vasil'ev K.A., Dokukin V.P. // Gornyy zhurnal. 2003. №6. S. 13-16 [Kuleshov A.A. Analysis of options for transporting ore from a quarry to a processing plant in the conditions of АК ALROSSA. / A.A. Kuleshov, K.A. Vasiliev, V.P. Dokukin. // Mining Journal. 2003. №6. P. 13-16] (in Russian)

5. Zyryanov I.V. Experience in operating mining dump trucks at the Nyurba Mining and Processing Plant. / I.V. Zyryanov, S.P. Mayev. // *Mining Journal*. 2006. №2. P. 69-72 (in English)
6. Khokhryakov V.S., Lel' Yu.I., Voroshilov G.A. i dr. K otsenke energeticheskoi effektivnosti transportnykh sistem kar'erov v usloviyakh rynochnoi ekonomiki. // *Materialy VIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii 20-23 sentyabrya 2005g. Problemy kar'ernogo transporta, UrORAN IGD, Ekaterinburg, 2005.* – S. 18-24 [Khokhryakov V.S., Lel' Yu.I., Voroshilov G.A. and others. To assess the energy efficiency of quarry transport systems in a market economy. // *Materials of the VIII International Scientific and Practical Conference, September 20-23, 2005. Problems of quarry transport, UrORAN IGD, Yekaterinburg, 2005.* – P.18-24] (in Russian)
7. Akhmetova M. Improvement of the vehicle fleet when transporting mining mass in quarries. / M. Akhmetova, O.N. Vueikova, A.V. Sladkovsky, I.N. Stolpovskikh. // *Transport problems*. 2016. №1. P. 79-85 (in English)
8. Shakenov A. Haul road condition impact on tire life of mining dump truck. / A. Shakenov, A. Sladkowski, I. Stolpovskikh. // *Scientific Bulletin of the National City University*. 2022. №6. P. 25-29 (in English)
9. Kadnikova O. Development of a New Environmentally-Friendly Technology for Transportation of Mined Rock in the Opencast Mining. / O. Kadnikova, S. Kuzmin, G. Altynbayeva, A. Turbit, Z. Khabdullina. // *Environmental and Climate Technologies*. 2020. №24. P. 341-354 (in English)
10. Sladkowski A. Energy advantages of container transport technology in deep careers. / A. Sladkowski, A. Utegenova, S. Kuzmin, B. Rakishev, I. Stolpovskikh. // *Scientific Bulletin of the National City University*. 2019. №5. P. 29-34 (in English)

Сведения об авторах:

Крамсаков Д.Е., магистр, докторант кафедры «Технологические машины и оборудование» института Энергетики и машиностроения, Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), kramsakov.d@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-4504-3392>

Столповских И.Н., профессор кафедры «Технологические машины и оборудование» института Энергетики и машиностроения Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), stolpovskikh_i@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2893-5070>

Кузьмин С.Л., к.т.н, доцент Высшей школы «Металлургии и горного дела», Рудненского индустриального университета (г. Рудный, Казахстан), decan_2008@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1934-9408>

Мелентьев С.Ю., магистр, преподаватель Высшей школы «Металлургии и горного дела», Рудненского индустриального университета (г. Рудный, Казахстан), melentev.98@inbox.ru; <https://orcid.org/0009-0000-3221-0131>

Авторлар туралы мәліметтер:

Крамсаков Д.Е., магистр, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық ғылыми-зерттеу техникалық университеті Metallургия және өнеркәсіптік инженерия институтының «Технологиялық машиналар және жабдықтар» кафедрасының докторанты (Алматы қ., Қазақстан)

Столповских И.Н., Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық ғылыми-зерттеу техникалық университеті Энергетика және машина жасау институты «Технологиялық машиналар және жабдықтар» кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Кузьмин С.Л., т.ғ.к, Рудный индустриалды университетінің «Металлургия және тау-кен ісі» Жоғары мектебінің доценті (Рудный қ., Қазақстан)

Мелентьев С.Ю., магистр, Рудный индустриалды университетінің «Металлургия және тау-кен ісі» Жоғары мектебінің мұғалімі (Рудный қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Kramsakov D.E., Master, doctoral student of the department «Technological Machines and Equipment» of the Institute of Energy and Mechanical Engineering, Kazakh National Research Technical University K.I. Satpaev (Almaty, Kazakhstan)

Stolpovskikh I.N., Professor of the Department «Technological Machines and Equipment», Institute of Energy and Mechanical Engineering, Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpaev (Almaty, Kazakhstan)

Kuzmin S.L., c.t.s, associate professor, Higher school of Metallurgy and mining, Rudny Industrial University (Rudny, Kazakhstan)

Melentyev S.Yu., Master, teacher at the Higher school of Metallurgy and mining, Rudny Industrial University (Rudny, Kazakhstan)