

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ: ПОДЗЕМНАЯ, ОТКРЫТАЯ, СТРОИТЕЛЬНАЯ

УДК 622.647.2

DOI: 10.21440/0536-1028-2019-8-5-13

Перспективы применения грузовых подвесных канатных дорог для условий Севера

Земсков А. Н.^{1*}, Бехер А. В.²

¹ Группа «КАНЕКС», г. Пермь, Россия

² Компания «Канекс Технологии», г. Пермь, Россия

*e-mail: a.zemskov@kanekgroup.ru

Реферат

Введение. Грузовые подвесные канатные дороги (ГПКД) широко применялись в СССР и зарубежных странах во второй половине XX-го века. Количество ГПКД только в СССР достигало 190 единиц, объем перевозок – 116 млн т в год, протяженность дорог – 600 км.

Цель работы. Определение перспектив использования грузовых подвесных канатных дорог в северных регионах.

Методология и результаты. Сопоставление технико-экономических показателей автомобильного, железнодорожного, конвейерного транспорта и ГПКД показало, что канатные дороги имеют ряд стратегических преимуществ перед другими видами транспортирования твердых полезных ископаемых, особенно в отдаленных северных районах и на Дальнем Востоке. Достоинства ГПКД: независимость от профиля местности, атмосферных условий, возможность прокладки трассы по кратчайшему расстоянию между пунктами погрузки и разгрузки и др. С учетом реально достигнутых показателей ГПКД можно применять при транспортировании от 0,5 до 7 млн т грузов в год на расстояния в несколько десятков километров. При примерно одинаковых первоначальных капитальных вложениях в автотранспорт и канатные дороги ГПКД имеют преимущество по эксплуатационным расходам в 4–5 раз.

Выводы. Выполненные в России в последние годы конструкторские и технологические разработки (использование автоматизированного управления подвижным составом, новые материалы и т. д.) позволяют считать ГПКД самым современным и технологичным видом транспортирования сыпучих грузов, вписывающимся в концепцию четвертой индустриальной революции промышленности.

Ключевые слова: грузовая подвесная канатная дорога; эксплуатационная долговечность; область применения; перепад высот; экономия транспортировки; автоматизация; перспективность.

Введение. Использование северных территорий в качестве стратегической ресурсной базы, обеспечивающей социально-экономическое развитие России, признано одним из основных национальных интересов страны (в соответствии с «Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» (утв. Распоряжением Правительства РФ от 17 ноября 2008 г. № 1662-р)).

Не секрет, что российская экономика несет большие потери (имеет серьезные издержки) из-за холодного климата, в особенности в Сибири и на Дальнем Востоке.

Целью работы является научно обоснованный выбор транспортных средств для перемещения сыпучих материалов в условиях Севера.

Американские экономисты Ф. Хилл и К. Гэдди провели интересное исследование, в котором, отказавшись от традиционного показателя – ВВП на душу населения, они предложили ввести дополнительный критерий – показатель температуры на душу населения (ТДН) [1]. ТДН рассчитывается на основе средних январских температур, взвешенных относительно распределения населения той или иной страны.

Россия оказалась самой холодной страной в мире ($-12,6^{\circ}\text{C}$), обгоняя Канаду ($-8,9^{\circ}\text{C}$) и другие северные страны.

Исторически вопрос «стоимости холода» для экономики – будь то ускоренный износ техники или затраты на отопление – в расчет не брался. В советское время на обогрев сибирских городов с развитой промышленностью тратилось 5 % ВВП СССР, и до сих пор издержки сибирских промышленных предприятий в четыре раза выше, чем в европейской части страны, что сказывается на конкурентоспособности компаний.

Поддержание на плаву промышленности в Сибири, с учетом траты огромных энергоресурсов, поддержания здравоохранения и остальных социальных факторов, по расчетам американских экономистов Ф. Хилл и К. Гэдди, может вызвать недобор в 75 % роста ВВП.

Любопытны данные американских авторов о температурном пороге устойчивости стандартной техники российского производства [2] (табл. 1).

Таблица 1. Температурный порог устойчивости
Table 1. Temperature threshold of stability

Температура, °C	Эффект воздействия на стандартную технику
-10	Физические дефекты на металлических частях землечерпалок и драг
-15	Разрывы в высокоуглеродной стали, первый критический порог для стандартного оборудования
-20	Прекращение работы обычных компрессоров, проблемы с экскаваторными ковшами
-25...-30	Разрывы в нелегированной стали; необходима инсультация автомобильных двигателей и топливных баков; необходимо применение морозоустойчивой резины; разрывы в неморозоустойчивых конвейерных лентах и в обычных пневматических насосах
-30	Минимальная температура, при которой может использоваться обычное оборудование
-30...-35	Отказ работы боккранов, поломка тракторных гусениц
-35...-40	Разрывы в стальных деталях (подшипники и т. д.) из легированной оловом стали, отказ работы обычных компрессоров, масштабные разрывы в изделиях из обычной стали

Согласно требованиям к оборудованию, поставляемому, например, в подразделение АК «АЛРОСА», оно должно работать при температуре -45°C . Далеко не все виды горного оборудования могут соответствовать этому жесткому требованию.

Наличие в Сибири горно-металлургических отраслей промышленности (горнодобывающие предприятия, металлургические заводы и т. д.) требует, может быть, даже более интенсивного, чем в европейской части России, внедрения новых технологических решений, направленных на создание максимально автоматизированных производств.

Серьезной проблемой разработки северных месторождений полезных ископаемых является эффективная транспортировка сырья от рудников и карьеров до обогатительных фабрик. И достойное место здесь должны занимать грузовые подвесные канатные дороги (ГПКД) [3–7].

В настоящее время ГПКД успешно эксплуатируются во всем мире, как в южных широтах, так и на севере, в том числе за полярным кругом, например, на острове Шпицберген. В Норвегии за полярным кругом построена канатная дорога «Скороват» длиной 44,5 км для транспортирования пирита. Канатная дорога «Кристанберг Болиден» (Швеция) длиной 96 км служит для транспортирования рудного концентрата. В Чили на высоте 5900 м над уровнем моря с помощью ГПКД перевозят сырую серу. В качестве примера можно также привести канатную дорогу, построенную в Индии (штат Бихар). Общая длина дороги 53,5 км. Она состоит из восьми секций. Производительность – 400 т/ч. Эксплуатационная долговечность ГПКД исчисляется 30 годами и более. ГПКД являются, по сути, самым серьезным конкурентом автомобильному транспорту.

Вопрос целесообразности (конкурентоспособности) использования того или иного вида транспорта для различных горнотехнических условий неоднократно ставился перед производственниками и ранее. Выборка по рациональной области применения различных видов транспортных комплексов, исходя из анализа их работы на действующих предприятиях и из научно-технической литературы, представлена в табл. 2.

Элементы ГПКД в наименьшей степени из конкурирующих видов оборудования подвержены негативному влиянию отрицательных температур.

Сравнение способов транспортирования полезных ископаемых. Сравнение ГПКД с другими видами транспорта показывает следующее. Исходя из материалов исследований по технико-экономическому сравнению вариантов транспортирования сыпучих полезных ископаемых при длинах доставки более 10–12 км использование автомобильного транспорта экономически невыгодно. Тем более в районах с суровыми климатическими условиями. Несмотря на значительные первоначальные капитальные вложения, ГПКД имеет серьезное преимущество в стоимости транспортирования полезных ископаемых по сравнению с автотранспортом. Так, по данным специалистов фирмы РНВ Weserhuttle (Германия), даже при транспортировке грузов на 10 км стоимость 1 т материала по приведенным затратам составляет 1,1 и 3,9 евро для ГПКД и автотранспорта соответственно. Более высокие первоначальные капитальные вложения на ГПКД оправдывают себя уже через 2,5 года. Следует также иметь в виду дефицит и постоянно возрастающие цены на дизельное топливо.

Железнодорожный транспорт экономически выгоден только при объемах перевозки более 10 млн т сыпучих материалов в год. Имеются ограничения и при использовании конвейерного транспорта.

Опыт работы подвесных канатных дорог за полярным кругом в Швеции, Канаде и на Шпицбергене, где ГПКД успешно работают в суровых условиях низких температур, является предпосылкой успешного применения ГПКД и в северных регионах России.

История создания ГПКД такова. В 70-х годах XIX в. появились первые образцы современных подвесных дорог.

В России в то время были построены три грузовые канатные дороги: в Москве для вывоза отбросов и мусора; там же для обслуживания ситцепечатной фабрики; на станции Покровская Нижегородской железной дороги для транспортировки леса.

К 1904 г. в России было построено более 80 грузовых подвесных канатных дорог общей протяженностью около 190 км, что составляет около 10 % общей протяженности таких дорог на земле в то время.

К 1983 г. количество действующих в СССР ГПКД достигло 190 шт., объем перевозок составлял 116 млн т/год, а общая протяженность линий канатно-под-

весного транспорта превышала 600 км. К сожалению, в постсоветское время объемы перевозок различных материалов с помощью ГПКД значительно снизились.

В свое время для АК «АЛРОСА» встал вопрос по выбору способа транспортировки кимберлитовой руды из карьера «Зарница» до обогатительной фабрики № 12.

Таблица 2. Сравнительные характеристики видов транспортирования полезных ископаемых

Table 2. Comparative characteristics of various types of transportation of minerals

Показатель	Вид транспорта			
	Железнодорожный	Автомобильный	Конвейерный	Подвесные канатные дороги
Рациональная длина транспортирования, км	Более 10	1–10	До 4–12	1–100
Угол подъема трассы, град	До 2,5	До 6	До 16–18	До 28 с гравитационным замком До 45 с пружинным замком
Кусковатость материала, мм	Практически без ограничений	До 600–700	До 350	До 600–700
Производительность, млн т/год	15–150	До 15	До 20	До 6
Коэффициент перемещения	Единица груза перемещается посредством 1,2 единицы веса транспортного средства	1/1	1/0,7	1/0,5
Энергетические затраты	Средний расход энергии	Высокие	Выше среднего	Низкие
Влияние на экологию	Малая зависимость от климата	Зависимость от климата, высокое газопылевыделение в окружающую среду	Высокое пылеобразование при транспортировании. Необходимость возведения транспортных галерей	Минимальное воздействие на окружающую среду. Малая зависимость от климата
Стоимость перевозок	Низкие удельные затраты	В 3–6 раз выше, чем на железнодорожном транспорте (до 35 % от себестоимости руды или угля)	При увеличении длины конвейера затраты резко возрастают	При производительности более 1 млн т/год и расстоянии больше 2 км самая низкая себестоимость
Недостатки	Необходимость возведения мостов, большие капитальные затраты	Необходимость возведения переходов через преграды. Высокие эксплуатационные расходы	Трудность транспортирования влажных пород, ограничение по крупности грузов	Ограниченная производительность

Проблемой эффективного освоения запасов бедно-товарной руды трубки «Зарница» являются большие затраты на доставку руды на обогатительную фабрику. Варианты предварительного обогащения руды в больших объемах на борту карьера осуществить не удалось. Для перевозки всего объема руды трубки «Зарница» на обогатительную фабрику автомобильным транспортом требуется

выполнить около 30 млрд тонно-километров [3]. Эксплуатационные затраты на транспорт составят 0,5 млрд дол. США, а с учетом затрат на приобретение автосамосвалов суммарные затраты достигнут 0,6 млрд дол. США.

Исходные данные для проектирования транспортной схемы: производительность по руде – 5 млн т в год; режим работы – 330 дней в году, в 2 смены, по 12 ч; длина транспортировки – 16,5 км; перепады высот по трассе – от 320 до 452 м; максимальная крупность куска – 0,3 м; влажность руды – 10–17 %.

Главными недостатками железнодорожного транспорта, исходя из условий места расположения карьера «Зарница» и обогатительной фабрики № 12, являются:

- необходимость строительства мостов через водные преграды;
- большие капитальные вложения;
- ограничения по профилю трассы (подъемы 40–50 %).

Исходя из профиля трассы (от карьера «Зарница» до обогатительной фабрики) абсолютный перепад высот составляет 132 м, а угол подъема на отдельных участках достигает 6° (108 ‰).

В настоящее время единственным видом транспорта, используемым на кимберлитовых карьерах Якутии, является автомобильный транспорт. Ограничениями в работе автотранспорта являются зависимость работы автомобилей от климатических условий, высокая трудоемкость работ при снегопадах, гололедице, дождях.

К технико-экономическому сравнению были представлены следующие варианты транспортных схем:

1. *Автомобильный транспорт.* Перевозка руды осуществляется круглогодично (8760 часов) большегрузными автосамосвалами САТ-785.

2. *Комбинированный автомобильно-конвейерный вариант.* Руда большегрузными автосамосвалами доставляется в зимнее время (5760 часов) из карьера на склад, расположенный на борту карьера. В летний период (3000 часов) руда перегружается в бункер дробильно-перегрузочной установки (ДПУ), где измельчается до куска крупностью 400 мм, подается на конвейер и транспортируется на промежуточный склад, расположенный рядом с фабрикой № 12, откуда автосамосвалами доставляется до приемных бункеров фабрики. В этот же период (3000 часов) параллельно осуществляется перевозка руды автосамосвалами из карьера и перегрузка ее в бункер ДПУ. Вариант имеет подварианты по месту расположения ДПУ:

- ДПУ располагается на борту карьера;
- ДПУ располагается внутри карьера на глубине 90 м;
- ДПУ располагается внутри карьера, на глубине 90 м, а через пять лет переносится на глубину 180 м. Вариантом принято конвейерное оборудование фирмы MAN TAKRAF с полумобильной дробильно-перегрузочной установкой.

3. *Вариант автомобильно-железнодорожного транспорта.* Руда большегрузными автосамосвалами доставляется из забоев на борт карьера, где складировается в промежуточный склад. Со склада руда перегружается в железнодорожные думпкары ВС-105 и перевозится на промежуточный склад, расположенный рядом с фабрикой № 12, откуда доставляется до бункеров фабрики. Режим работы автосамосвалов и железнодорожного транспорта круглогодичный.

4. *Вариант автомобильно-трубопроводный (гидравлический).* Руда большегрузными автосамосвалами из забоев доставляется на борт карьера, где складировается в промежуточный склад. Со склада руда перегружается в дробилку крупного дробления ККД-1200/150, а затем в дробилку среднего дробления КСД-2200, с доведением куска до крупности 50 мм, и через промежуточный зумпф транспортируется по пульповоду длиной 15 км в отстойник, расположенный около

фабрики № 12, откуда подается на фабрику. Режим работы автосамосвалов и гидротранспорта круглогодичный.

5. *Вариант транспортирования руды с использованием грузовой канатной подвесной дороги.* Руда большегрузными автосамосвалами из забоев доставляется на борт карьера, где складывается на промежуточный склад руды. Со склада руда подается в дробилку крупного дробления и дробится до куска 200 мм, откуда перегружается в подвесные вагонетки, которые по подвесной канатной дороге доставляются до промежуточного склада руды фабрики № 12, и далее автотранспортом руда подается в бункеры фабрики. Режим работы сборочного большегрузного автотранспорта круглогодичный – 8760 часов, подвесной канатной дороги – 5140 часов.

Экономическое сравнение альтернативных схем транспортирования было выполнено по суммам единовременных и текущих затрат на период отработки запасов карьера и строительства, а также по расчету приведения разновременных затрат к начальному периоду оценки с использованием процедуры дисконтирования.

Результаты. Как показали расчеты, наиболее капиталоемкая схема перевозки руды для гидротранспортной и конвейерной схемы (*вариант 4*) – 4 333,1 млн р. (в ценах 2001 г.), из них на строительство объектов гидротранспорта приходится 1 763,5 млн р. Минимальный объем инвестиций потребуется для варианта с использованием ГПКД – 1 367,3 млн р. и конвейерной линии с установкой ДПУ на борту карьера (*вариант 2*) – 1 929,2 млн р. (в 1,41 раза дороже ГПКД).

Эксплуатационные затраты по предлагаемым вариантам транспортирования руды определены по изменяющимся статьям и элементам затрат по энергетическим, материальным и трудовым ресурсам.

По текущим затратам за весь период обработки карьера наиболее выгодными оказались варианты с ГПКД и автомобильно-железнодорожный (*вариант 3*). Себестоимость транспортирования 1 т руды составила 100,9 р. для ГПКД, 115,0 р. – для конвейерной доставки с ДПУ на борту карьера, 142,4 р. для автомобильного транспорта.

Учитывая, что по варианту транспорта руды с применением ГПКД получены высокие технико-экономические показатели, специалисты компании «АЛРОСА» ознакомились с работой подобной линии на предприятии ОАО «Магнит» (г. Сатка Челябинской области). Данные линии действительно надежны и просты в эксплуатации и в условиях сильнопересеченной местности очень эффективны. Коэффициент технической готовности линии ГПКД достаточно высок и составляет 0,80–0,95, а себестоимость транспортирования в два-три раза меньше, чем при использовании автомобильного транспорта. Преодолевая практически любые уклоны, трасса ГПКД проходит по кратчайшему пути, через водные и другие преграды, в том числе и в обустроенной местности, в результате чего затраты на строительство будут наименьшими.

К сожалению, наиболее экономичный вариант транспортировки руды трубки «Зарница» с помощью ГПКД не был принят по причине неподтверждения кондиционности качества кимберлитовой руды на новых участках месторождения и отсутствия необходимости увеличения объемов перевозки – справляется и автомобильный транспорт [8, 9].

Однако выводы компетентных специалистов института «Якутнипроалмаз» об экономичности и перспективности использования ГПКД для северных территорий Якутии много значат. Особенно это актуально в связи со стратегической программой Правительства России освоения территорий вдоль побережья Северного Ледовитого океана. Это касается в первую очередь российской угледобывающей

отрасли на полуострове Таймыр, где компания «Востокуголь» с 2015 г. осваивает месторождения высококачественных антрацитов.

Малолемберовское месторождение – пилотный проект «Востокугля» на Таймыре, этот участок небольшой по запасам (2 млн т), но ближайший к побережью и поселку Диксон. Прогнозные запасы другого участка – Лемберовского, составляют около 100 млн т. Всего же запасы таймырских месторождений составляют более 10 млрд т. Руководители «Востокугля» планируют выйти к 2023 г. на 30 млн т общей добычи.

Отгрузка угля в морской транспорт будет вестись через два глубоководных морских порта на Таймыре пропускной способностью по 10 млн т каждый, причем порт «Чайка» уже начал свою работу.

Грузовые подвесные канатные дороги – идеальный вид транспорта полезных ископаемых для условий Севера и для территорий со сложным рельефом и наличием водных преград.

В перспективе ГПКД могут быть спроектированы и построены для транспортировки руды и на других новых кимберлитовых трубках Якутии и Архангельской области.

Группа «КАНЕКС» активно занимается вопросами проектирования и создания производственных мощностей в этом сегменте горного машиностроения [10–12], нацелена на актуализацию и развитие современных грузовых подвесных канатных систем.

Выводы. Грузовые подвесные канатные дороги являются современным высокотехнологичным видом транспорта с широким диапазоном применения. Они практически являются самым рациональным способом транспортирования в районах со сложными (северными) климатическими условиями, составляя достойную конкуренцию автомобильному и конвейерному видам транспорта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хилл Ф. Цена холода // Эксперт. № 10. 15–21 марта 2004. С. 72–78.
2. Hill F., Gaddy C. The Siberian curse. 2003. P. 24–30.
3. Ведин А. Т., Петров Ю. А., Монастырский В. Ф., Земсков А. Н., Акишев А. Н., Бахтин В. А., Монтянов С. Н., Бондаренко Е. В. Обоснование эффективной транспортной схемы доставки кимберлитовой руды с месторождения трубки «Зарница» на обоганительную фабрику № 12 Удачинского ГОК АК «АЛРОСА» // Сб. докладов междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы карьерного транспорта». Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2002. С. 49–55.
4. Земсков А. Н., Полетаев И. Г. Особенности применения грузовых подвесных канатных дорог на открытых горных работах // Горная промышленность. 2004. № 5. С. 30–32.
5. Alexander James Wallis-Taylor. Aerial or wire rope-ways, their construction and management. Book on Demand Ltd, 2013. P. 121–124.
6. Michael Shaw, David Poynor, Robert Evans. Aerial ropeways of shropshire. Shrophshire Caving & Mining Club, 2015. С. 34–36.
7. Peter von Bleichert. Bleichert's wire ropeways. 2014. С. 97–99.
8. Тарасов П. И., Зырянов И. В., Тарасов А. П. Многозвенные автопоезда на горных работах. Екатеринбург: Джи Лайм, 2018. 268 с.
9. Зырянов И. В., Попов Д. К. Нормативы технического обслуживания и ремонта технологического автотранспорта АК «АЛРОСА» (ПАО) // Наука и инновационные разработки – Северу: сб. докладов II-й междунар. науч.-практ. конф., 14–15 марта 2019 г. Ч. 1. Мирный: Мирнинская типография, 2019. С. 51–53.
10. Земсков А. Н., Иванов А. В. Современные тенденции развития отечественного горного машиностроения // Горная промышленность. 2018. № 3. С. 50–53.
11. Земсков А. Н., Кузнецов Б. А. Применение грузовых подвесных канатных дорог для транспортирования угля и руды // Наукоёмкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2016. № 3. С. 554–557.
12. Брюзгин А. Е., Чернышев В. В. К вопросу о безопасности грузовых подвесных канатных дорог // Безопасность труда в промышленности. 2018. № 10. С. 60–65.

Сведения об авторах:

Земсков Александр Николаевич – доктор технических наук, советник председателя совета директоров Группы «КАНЕКС». E-mail: a.zemskov@kanekgroup.ru

Бехер Александр Владимирович – директор направления канатных транспортных систем компании «Канекс Технологии». E-mail: bav@kanex-t.ru

DOI: 10.21440/0536-1028-2019-8-5-13

The future of freight cable cars application in the conditions of the North**Aleksandr N. Zemskov¹, Aleksandr V. Bekher²**¹ KANEX Group, Perm, Russia.² KANEX TECHNOLOGY, Perm, Russia.**Abstract**

Introduction. Freight cable cars (FCC) were widely used in the USSR and other countries in the first part of the 20th century. Only in the USSR the number of FCC amounted to 190 pieces, freight volume – 116 million tons per year, ropeways length – 600 km.

Research aim is to define the perspectives of using freight cable cars in the northern regions.

Methodology and results. Comparison of engineering and economic indicators of motor, railway, conveyor transport, and FCC has shown that ropeways have a number of strategic advantages over other ways of transporting solid minerals, especially in the remote northern regions and the Far East. FCC advantages: independence from the surface relief and air conditions, good opportunity to track via the shortest distance between the points of loading and unloading, etc. With the account of the achieved performance targets, FCC can be used to transport from 0.5 to 7 million tons of load per year at a distance of several tens of kilometers. With almost similar capital cost of motor transport and ropeways, FCC have an advantage by a factor of 4–5 as soon as operational costs are concerned.

Summary. Recent Russian engineering and technological solutions (application of rolling stock automated control, new materials, etc.) make it possible to consider FCC the most modern and manufacturable type of solid minerals transportation, which is easily integrated in the concept of the fourth industrial revolution.

Key words: freight cable cars; useful life; area of application; elevation change; transportation economy; automation; prospectiveness.

REFERENCES

1. Hill F. The price of cold. *Expert*. 2004; 10 (15th–21st March): 72–78.
2. Hill F., Gaddy C. *The Siberian curse*. 2003. p. 24–30.
3. Vedin A. T., Petrov Iu. A., Monastyrskii V. F., Zemskov A. N., Akishev A. N., Bakhtin V. A., Montianov S. N., Bondarenko E. V. Rationale for efficient transportation scheme of kimberlite delivery from the deposit of Zarnitsa pipe to the processing plant no. 12 of ALROSA's Udachny MPD. In: *Proceedings of international science to practice conference "Problems of Quarry Haulage"*. Ekaterinburg: IM UB RAS Publishing; 2002. p. 49–55. (In Russ.)
4. Zemskov A. N., Poletaev I. G. Application features of freight cable cars in opencast mining. *Gornaia promyshlennost = Mining Industry Journal*. 2004; 5: 30–32. (In Russ.)
5. Alexander James Wallis-Taylor. *Aerial or wire rope-ways, their construction and management*. Book on Demand Ltd, 2013. P. 121–124.
6. Michael Shaw, David Poyner, Robert Evans. *Aerial ropeways of shropshire*. Shrophshire Caving & Mining Club, 2015. p. 34–36.
7. Peter von Bleichert. *Bleichert's wire ropeways*. 2014. p. 97–99.
8. Tarasov P. I., Zyrianov I. V., Tarasov A. P. *Multilink articulated lorries in mining*. Ekaterinburg: GLime Publishing; 2018. (In Russ.)
9. Zyrianov I. V., Popov D. K. Maintenance standards for process motor transport of PJSC ALROSA. In: *Science and innovative solution for the North: proceedings of the 2nd science to practice conference, 14th–15th March 2019. Part 1*. Mirny: Mirninskaia tipografiia Publishing; 2019. p. 51–53. (In Russ.)
10. Zemskov A. N., Ivanov A. V. Current trends of the national mining machinery manufacture development. *Gornaia promyshlennost = Mining Industry Journal*. 2018; 3: 50–53. (In Russ.)
11. Zemskov A. N., Kuznetsov B. A. Freight cable cars application for coal and ore transportation. In: *Hi-Tech technologies in minerals processing and application*. 2016; 3: 554–557. (In Russ.)
12. Briuzgin A. E., Chernyshev V. V. To the issue of safety of cargo cableways. *Bezopasnost truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2018; 10: 60–65. (In Russ.)

Information about authors:

Aleksandr N. Zemskov – DSc (Engineering), Counselor to the Chairman, KANEX Group.
E-mail: a.zemskov@kanekgroup.ru

Aleksandr V. Bekher – Director of Rope Transport Systems, KANEX TECHNOLOGY. E-mail:
bav@kanex-t.ru

Для цитирования: Земсков А. Н., Бехер А. В. Перспективы применения грузовых подвесных канатных дорог для условий Севера // Известия вузов. Горный журнал. 2019. № 8. С. 5–13. DOI: 10.21440/0536-1028-2019-8-5-13

For citation: Zemskov A. N., Bekher A. V. The future of freight cable cars application in the conditions of the North. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal.* 2019; 8: 5–13 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2019-8-5-13