ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
GIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2019;3:175-183

УДК 625.57 DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-175-183

ВТОРАЯ ЖИЗНЬ ГРУЗОВЫХ ПОДВЕСНЫХ КАНАТНЫХ ДОРОГ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ И СРЕДНЕЙ АЗИИ

А.Н. Земсков[1], А.А. Оверин[2], А.В. Бехер[2]

[1] Обособленное структурное подразделения Группы «Канекс», Пермь, Россия,
e-mail: a.zemskov@kanekgroup.ru,
[2] ТОП АО «Канекс технология», Пермь, Россия

Аннотация: Грузовые подвесные канатные дороги (ГПКД) широко применялись в СССР и в зарубежных странах во второй половине XX-го века. При сопоставлении технико-экономических показателей автомобильного, железнодорожного, конвейерного транспорта и ГПКД выявлено, что ГПКД имеет ряд стратегических преимуществ перед другими видами транспортирования твердых полезных ископаемых. Особенно для отдаленных северных районов и Дальнего Востока. Достоинства ГПКД: независимость от профиля местности, от атмосферных условий, возможность прокладки трассы по кратчайшему расстоянию между пунктами погрузки и разгрузки и др. С учетом реально достигнутых показателей ГПКД целесообразно применять при транспортировании от 0,5 до 5 млн т в год на расстоянии в несколько десятков километров. При примерно одинаковых первоначальных капитальных вложениях с автотранспортом, ГПКД имеет преимущество по эксплуатационным расходам в 4—5 раз. Строительство российскими организациями уникальной ГПКД в сложнейших горнотехнических условиях в Кашкадарьинской области Узбекистана свидетельствует о наличии значительного технического и технологического потенциала у специалистов и предприятий России. Выполненные в России в последние годы конструкторские и технологические разработки позволяют считать ГПКД самым современным и технологичным видом транспортирования сыпучих грузов, вписывающимся в концепцию 4-й индустриальной революции промышленности.

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

Для цитирования: *Земсков А. Н., Оверин А. А., Бехер А. В.* Вторая жизнь грузовых подвесных канатных дорог в горнодобывающей промышленности России и Средней Азии // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 3. – С. 175–183. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-175-183.

Second life for aerial ropeways in mining in Russia and in Central Asia

A.N. Zemskov, A.A. Overin, A.V. Bekher[1]

[1] Separate Structural Division of the «Kanex Group», Perm, Russia, e-mail: a.zemskov@kanekgroup.ru,
[2] SSD JSC «Kanex Technology», Perm, Russia

Abstract: Aerial ropeways enjoyed wide application in the USSR and in other countries in the second half of the 20th century. In the USSR, the number of aerial ropeways reached 190 at the cargo transport volume of 116 Mt yearly and the ropeway length of 60 km. The comparison of the technical and economic performance of motor, railway, conveyor transport with aerial ropeways shows

© А.Н. Земсков, А.А. Оверин, А.В. Бехер. 2019.

that the latter has some strategic advantages over the other types of solid mineral transportation. Furthermore, these advantages are of the primary concern for the remote areas in the North and Far East of Russia. The benefits of the aerial ropeways include independence fro relief and atmospheric conditions, feasibility of routing along the shortest distance between the loading and unloading points, etc. Regarding actual performance, the aerial ropeways are recommended for transportation of cargo in amount from 0.5 to 5 Mt/yr for a distance to a few kilometers. Subject to approximately equal initial capital investment with motor transport, aerial ropeways are advantageous in terms of operating cost by a factor of 4–5. Construction of a unique aerial ropeway undertaken by Russia in the extremely difficult mining ad technical conditions of the Kashkadarya Region in Uzbekistan is reflective of the large scientific and technological potential offered by experts and companies from Russia. R&D projects accomplished in Russian in the late years (automated control of hauling equipment, new materials, etc.) allow the aerial ropeways to be assumed as advanced and efficient type of transportation for granular (loose) materials compliable with the concept of the Fourth Industrial Revolution.

Key words: aerial ropeway, operational durability, application field, height difference, transportation savings, automation, exploitability.

For citation: Zemskov A. N., Overin A. A., Bekher A. V. Second life for aerial ropeways in mining in Russia and in Central Asia. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2019;3:175-183. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-175-183.

Грузовые подвесные канатные дороги (ГПКД) широко применялись в СССР и за рубежом в семидесятые-восьмидесятые годы прошлого столетия. Количество ГПКД только в СССР в эти годы достигло 190 единиц, объем перевозок — 116 млн т в год, а общая протяженность линий канатно-подвесного транспорта достигла 600 км.

В 1976—1990 гг. были разработаны проекты увеличения объемов строительства ГПКД благодаря применению круп-

Рис. 1. Якорная станция строящейся ГПКД, Узбекистан
Fig. 1. Anchor station of material ropeway

ноблочного монтажа элементов ГПКД, безъякорному монтажу опор высотой 25—40 м, новых схем установки и подъема в вертикальное положение собранных на земле опор и станций высотой 70—150 м, а также вертолетов для транспортировки опор в труднодоступной местности с одновременной установкой их на фундаменты.

Эксплуатационная долговечность ГПКД исчисляется 30-ю годами и более [10]. Наиболее широко ГПКД используют в горных, пересеченных, труднодоступных, густозаселенных местностях, где они обеспечивают перевозки с наибольшей быстротой и наименьшими затратами. В этих условиях применение ГПКД удешевляет перевозки в 10 и более раз [1]. Подвесные канатные дороги могут транспортировать любые грузы при использовании минимального количества опорных систем при преодолении водных преград, линий электропередач, засеянных площадей, всевозможных массовых застроек и других препятствий [2—4].

Достоинства ГПКД: независимость от профиля местности (рис. 1) и от атмосферных условий (гололед, снежные заносы), возможность прокладки трассы по кратчайшему пути между пунктами

Таблица 1

Технические характеристики зарубежных ГПКД
Technical characteristics of foreign material ropeways

Страна	Фирма-поставщик оборудования	Тип дороги и транспортируемый материал	Полезная грузоподъемность вагонетки, т	Производительность, т/ч	Протяженность, км	Скорость движения вагонеток, м/с
1	2	3	4	5	6	7
Франция	«ПХБ» (ФРГ)	кольцевая двухканатная, руда	—	500	2,17	—
Индия	«Ушна Бреко» (Индия)	кольцевая двухканатная, известняк	3	650	4,9	5
	«ПХБ» (ФРГ)	кольцевая двухканатная, уголь	—	400	53,5	—
	PHB Weserhuttle (ФРГ) Damoder (Индия)	кольцевая двухканатная, уголь	2,6	300	9,7	4
	«Бреко» (Англия)	кольцевая одноканатная, песок	0,9	200	1,9	5
Италия	«Нуово Агудио» (Италия)	кольцевая двухканатная, известняк	—	530	5,9	4
Тайвань	«Бритиш Роулвей инжиниринг»	кольцевая двухканатная, известняк	—	450	7	—
Бразилия	«Нуово Агудио» (Италия)	кольцевая двухканатная, известняк	2,0	600	14,5	5
Швеция	«Бреко» (Англия)	кольцевая двухканатная, руда	1,4	80	96	2,4
Иран	«Бритиш Роулвей инжиниринг»	кольцевая двухканатная, сыпучие материалы	—	550	1—100	—
	«Нуово Агудио» (Италия)	маятниковая двухканатная, бетон	20	450	0,7	10

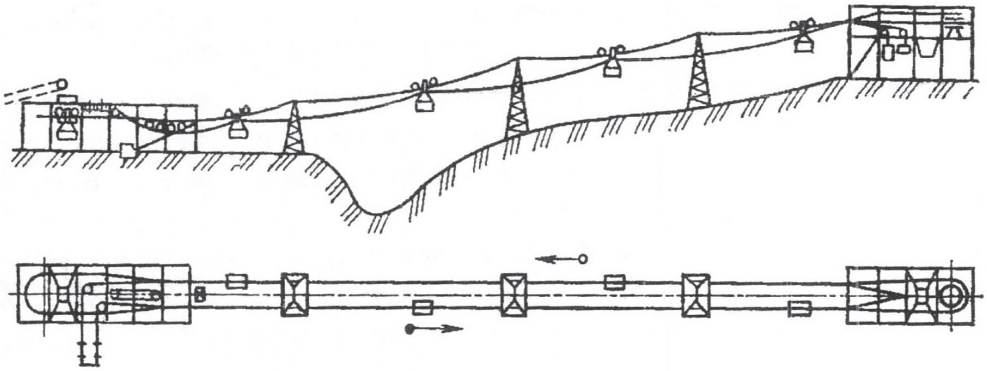

Рис. 2. Двухканатная грузовая подвесная дорога с кольцевым движением вагонеток с тяговым и несущим канатами
Fig. 2. Two-cable material ropeway with ring motion of trolleys with traction and carrying ropes

погрузки и разгрузки и др. С учетом реальной производительности (630 т/ч) их рационально применять при годовой перевозке от 0,5 до 4—5 млн т груза на расстояния 15—20 и более километров. 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 транспортировки пирита. Канатная дорога «Кристенберг Болиден» (Швеция) длиной 96 км служила 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). Оборудование этой дороги поставлено фирмой ПХБ (ФРГ). Общая длина дороги 53,5 км. Она состоит из восьми секций. Производительность транспортирования — 400 т/ч [2].

Технические характеристики ряда зарубежных ГПКД приведены в табл. 1.

В выборе транспортирования полезных ископаемых, на наш взгляд, периодически проявляются определенные тенденции, обусловленные либо лоббированием интересов производителей тех или иных горнотранспортных систем, либо другими причинами. В частности, такая тенденция отмечается и в вопросе применения грузовых подвесных канатных дорог. В семидесятые-восьмидесятые годы имел место всплеск спроса на ГПКД, который в девяностые годы по экономическим и конъюнктурным соображениям пошел на убыль. В начале XXI столетия снова отмечается возрастающий интерес к ГПКД.

Наибольшее распространение в мире получили двухканатные кольцевые дороги (рис. 2), достигнутая производительность которых равна 650 т/ч. Такие дороги применяются практически при любых условиях местности (рис. 1). Возможности одноканатных кольцевых дорог, т.е. дорог с совмещенными опорной и тяговой функциями каната, ограничены по сравнению с двухканатными дорогами.

ГПКД имеет значительное преимущество перед другими средствами транспортирования сыпучих грузов и по экономическим критериям. Специалисты фирмы «PHB Weserhuttle» (Германия) сравнили стоимость перевозок сыпучих материалов самосвалами грузоподъемностью 30 т и подвесными канатными дорогами для довольно типичных условий, выдвигаемых заказчиками: объем перевозки 1,3 млн т в год (300 т/ч), расстояние 10 км, перепад высот между

Таблица 2

Сравнительные экономические показатели перевозки грузов ГПКД и автомобильным транспортом

Comparative economic indicators for the carriage of goods by material ropeway and road transport

Показатели	Вид транспорта			
	ГПКД	%	Автомобильный	%
Капиталовложения на строительство, млн немецких марок	17,5	100	10	57,5
Годовые эксплуатационные расходы, млн немецких марок	7,5	100	8,8	117
Стоимость транспортирования 1 т материала по приведенным расходам, немецких марок	1,9	100	6,7	350

погрузочным и разгрузочным пунктами 700 м [12]. Сравнение показало, что несмотря на большую разницу высот, канатная дорога может пролегать по прямой «воздушной» линии, и путь транспортирования составит 10 км. Грунтовая автодорога будет значительно длиннее (примерно 18 км).

Экономические показатели перевозки грузов в вышеуказанных условиях приведены в табл. 2. Как видно из табл. 2, по первоначальным капиталовложениям выгоднее применение грузового автотранспорта. Однако по приведенным эксплуатационным расходам, стоимости транспортирования 1 т материала, несомненное преимущество имеют канатные дороги. Более высокие капиталовложения на ГПКД оправдают себя уже через 2,5 г. Следует также иметь в виду дефицит и постоянно возрастающие цены на дизельное топливо (средний грузовой автомобиль расходует почти 3 тыс. т дизельного топлива в год).

Сопоставительные характеристики различных видов транспортирования

Рис. 3. Испытательный полигон ГПКД

Fig. 3. Testing ground of material ropeway

Таблица 3

Сравнительные характеристики различных видов транспортирования полезных ископаемых

Comparative characteristics of various types of transportation of minerals

Вид транспорта / Показатель	Железнодорожный	Автомобильный	Конвейерный	Подвесные канатные дороги
1	2	3	4	5
Рациональная длина транспортирования, км	>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/г	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 экологических факторов и экология	малая зависимость от климата	зависимость от климата, высокое газопылевыделение в окружающую среду	высокое пылеобразование при транспортировке; 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 ж.-д. 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

Рис. 4. Монтаж якорно-натяжной станции ГПКД, Узбекистан
Fig. 4. Installation of anchor tensioning station of material ropeway

полезных ископаемых приведены в табл. 3.

При транспортировании грузов с помощью ГПКД под уклон торможение осуществляется посредством двигателя, работающего как генератор, т.е. ток подается в сеть [9]. Но и при транспортировании в гору подвесная канатная дорога — очень экономичный потребитель энергии вследствие небольшого сопротивления передвижению вагонеток [11]. Коэффициент общего трения канатной дороги обычно равен 0,007, а при очень низкой температуре он повышается до 0,02. Сначала структуры «Группы предприятий ЗУМК» (г. Пермь), а позже Группы компаний «КАНЕКС» (г. Москва-Пермь-Красноярск) со своими коллегами — проектировщиками из Москвы, Минска и Екатеринбурга на базе своих машиностроительных заводов стали проектировать, конструировать и изготавливать узлы самых современных ГПКД [5, 6] (рис. 3).

На Дехканабадском заводе калийных удобрений в Кашкадарьинской области Республики Узбекистан строится 30-ти километровая ГПКД. ГПКД включает шесть приводных участков, 120 опор, погрузочную и разгрузочную станции (рис. 4). Уникальность данной дороги заключается в том, что линия ГПКД загружена в обе стороны. В одну сторону — с рудника на обогатительную фабрику доставляется калийная руда, обратно — отходы обогатительной фабрики в хвостохранилище. Процесс управления ГПКД полностью автоматизирован. Программное обеспечение управления дорогой сводит к минимуму вероятность ошибок операторов.

Помимо строительства ГПКД на Дехканабадском заводе калийных удобрений планируются работы по восстановлению канатной дороги для «Шаргуньугля» (Узбекистан). Длина трассы ГПКД — 18 км, перепад высот — около 800 м. Трасса характеризуется очень сложным профилем, необходимостью установки ряда опор на отрогах гор.

Еще более перспективным вариантом использования ГПКД для транспортировки полезного ископаемого является перемещение кимберлитовой руды от карьера «Зарница» до обогатительной фабрики Удачнинского ГОКа АК «АЛРОСА». Длина трассы — 16,5 км, планируемый объем перевозок — до 5 млн т/год.

Спецификой этого проекта является установка фундаментов в зоне вечной мерзлоты и транспортировка руды через водные преграды. На наш взгляд, именно ГПКД по сравнению с традиционно используемым автотранспортом позволит добиться безостановочной и безопасной работы транспортной магистрали. Проектно-конструкторское подразделение ГК «КАНЕКС» продолжает работы по поиску новых технических решений по ГПКД [6, 7].

Интересным техническим решением является крепление тягового и несущего канатов не к опорам, размещенным на земле, а к устройствам, закрепленным... к воздуху. Нами совместно со специалистами Ракетного центра в г. Миассе проработан вариант использования надувных гондол длиной 60 м, диаметром 4 м и грузоподъемностью 40 т, которые выпускаются в России, для закрепления на них тягового и несущего канатов.

В случае использования этого технического решения передислокация линии ГПКД от одного края разреза (карьера) к другому будет осуществляться только переносом якорных устройств и это мероприятие не вызовет больших временных и производственных затрат.

Для справки. В настоящее время в связи с углублением большинства действующих разрезов (карьеров) время транспортировки полезного ископаемого со дна разреза до прибортовых бункеров доставляет до часа и даже более. Кроме того, автотранспортировка сопряжена еще и с безопасностью движения по трассе. На наш взгляд, грузовые подвесные канатные дороги, в условиях четвертой индустриальной революции, — перехода на полностью автоматизированное управление, — являются современным и технологичным видом транспорта, имеющим большие перспективы [6, 8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зенков Р. Л., Иванов И. И., Колобов Л. Н.* Машины непрерывного транспорта. Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование». 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1987. — 432 с.

2. *Земсков А. Н., Полетаев И. Г.* Особенности применения грузовых подвесных канатных дорог на открытых работах // Горная промышленность. — 2004. — № 5. — С. 30—32.

3. *Кулешов А. А., Васильев К. А., Докукин В. П., Коптев В. Ю.* Анализ вариантов транспортирования руды от карьера до обогатительной фабрики в условиях АК «АЛРОСА» // Горный журнал. — 2003. — № 6. — С. 13—16.

4. *Ромакин Н. Е.* Машины непрерывного транспорта: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. — М.: Издательский центр «Академия», 2008. — 432 с.

5. *Земсков А. Н., Полетаев И. Г., Цветкова Л. К.* Патент РФ № 2292280. Подвесная канатная дорога. Бюллетень № 3, 2007. Срок действия до 20.12.2024 г.

6. *Земсков А. Н., Иванов А. В.* Современные тенденции развития отечественного горного машиностроения // Горная промышленность. — 2018. — № 3. — С. 50—53.

7. *Земсков А. Н., Кузнецов Б. А.* Применение грузовых подвесных канатных дорог для транспортировки угля и руды // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов. — 2016. — № 3. — С. 554—557.

8. *Земсков А. Н., Полетаев И. Г.* Перспективы использования грузовых подвесных канатных дорог // Горная промышленность. — 2004. — № 2. — С. 32—34.

9. *Кузнецов Б. А., Бехер А. В., Оверин А. А., Духно Е. Н., Симановский А. А., Поздеев А. А.* Патент РФ № 2619352. Мобильный буксировочный бугельный подъемник.

10. *Alexander James Wallis-tayler* aerial or wire rope-ways their construction and management. Book on Demand Ltd., 2013, pp. 121—124.

11. *Michael Shaw, David Poyner, Robert Evans* Aerial ropeways of shropshire. Shrophshire caving & mining club, 2015, pp. 34—36.

12. *Peter von Bleichert* Bleichert's wire ropeways. 2014, pp. 97—99. ГИАБ

REFERENCES

1. Zenkov R. L., Ivanov I. I., Kolobov L. N. *Mashiny nepreryvnogo transporta*. Uchebnik dlya studentov vuzov, 2-e izd. [Continuous vehicles. Textbook for high schools, 2nd edition], Moscow, Mashinostroenie, 1987, 432 p.
2. Zemskov A. N., Poletaev I. G. Features of the use of cargo cableways in the open work, *Gornaya promyshlennost'*. 2004, no 5, pp. 30—32. [In Russ].
3. Kuleshov A. A., Vasil'ev K. A., Dokukin V. P., Koptev V. Yu. Analysis of options for the transportation of ore from the quarry to the processing plant under the conditions of AK ALROSA. *Gornyy zhurnal*. 2003, no 6, pp. 13—16. [In Russ].
4. Romakin N. E. *Mashiny nepreryvnogo transporta: uchebnoe posobie dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy* [Continuous vehicles: Higher educational aid], Moscow, Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2008, 432 p.
5. Zemskov A. N., Poletaev I. G., TSvetkova L. K. *Patent RU 2292280*, 2007.
6. Zemskov A. N., Ivanov A. V. Modern trends in the development of domestic mining engineering, *Gornaya promyshlennost'*. 2018, no 3, pp. 50—53.
7. Zemskov A. N., Kuznetsov B. A. The use of cargo cable cars for the transportation of coal and ore. *Naukoemkie tekhnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nykh resursov*. 2016, no 3, pp. 554—557. [In Russ].
8. Zemskov A. N., Poletaev I. G. Prospects for the use of freight cable cars, *Gornaya promyshlennost'*. 2004, no 2, pp. 32—34. [In Russ].
9. Kuznetsov B. A., Bekher A. V., Overin A. A., Dukhno E. N., Simanovskiy A. A., Pozdeev A. A. *Patent RU 2619352*.
10. Alexander James *Wallis-tayler aerial or wire rope-ways their construction and management*. Book on Demand Ltd., 2013, pp. 121—124.
11. Michael Shaw, David Poyner, Robert Evans *Aerial ropeways of shropshire*. Shrophshire caving & mining club, 2015, pp. 34—36.
12. Peter von Bleichert *Bleichert's wire ropeways*. 2014, pp. 97—99.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Земсков Александр Николаевич — доктор технических наук,
член Высшего горного совета России,
директор Обособленного структурного подразделения
Группы «Канекс» в г. Пермь, e-mail: a.zemskov@kanekgroup.ru,
Оверин Артём Алексеевич[1] — технический директор,
e-mail: oaa@kanex-t.ru,
Бехер Александр Владимирович[1] — руководитель направления
«Канатные транспортные системы», e-mail: bav@kanex-t.ru,
[1] ТОП АО «Канекс технология» в г. Пермь.
Для контактов: Земсков А.Н., e-mail: a.zemskov@kanekgroup.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

A.N. Zemskov, Doctor of Technical Sciences,
Member of the Higher Mining Council of Russia,
Director of the Separate Structural Division of the «Kanex» Group,
614045, Perm, Russia, e-mail: a.zemskov@kanekgroup.ru,
A.A. Overin[1], Technical Director, e-mail: oaa@kanex-t.ru
A.V. Bekher[1], Head of the Directions of Rope Transport Systems,
e-mail: bav@kanex-t.ru,
[1] SSD JSC «Kanex Technology», 614045, Perm, Russia.
Corresponding author: A.N. Zemskov, e-mail: a.zemskov@kanekgroup.ru.