

## АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СТАВА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА ТИПА ROPECON®

В.И. Галкин<sup>1</sup>, М.О. Доблер<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИТУ «МИСиС», Москва, Россия, e-mail: Vgalkin07@rambler.ru

**Аннотация:** Одним из способов непрерывного транспортирования насыпных грузов являются ленточные конвейеры на подвесных канатах, позволяющие преодолевать по трассе конвейера различные преграды – природные и искусственные. Описана конструкция линейной секции конвейера, смонтированная на шести канатах, два из которых – несущие, а четыре – направляющие для ходовых роликов. Установлено, что рассматриваемый конвейер имеет те же конструктивные признаки, что и ленточный, и пластинчатый конвейеры, а также канатные подвесные дороги. Линейный став конвейера, состоящий из шестиканатной системы, объединяется в единую конструкцию с помощью специальных опорных рам, закреплённых на канатах с заданным интервалом, поэтому может быть классифицирован как вантовая конструкция. Канатный став опирается на опорные вышки, устанавливаемые с интервалом, зависящим от характера трассы, угла наклона конвейера, и может достигать 1000 м и более. Выполнен анализ особенностей вантовой конструкции става подвесного конвейера, позволивший сформулировать направления дальнейших научных исследований.

**Ключевые слова:** канаты, ходовые ролики, лента, гофроборт, стрела провеса, вантовая система, опорная рама, натяжение, опора, перегиб, трасса.

**Для цитирования:** Галкин В. И., Доблер М. О. Анализ конструктивных особенностей става ленточного конвейера типа Ropcon® // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 8. – С. 85–94. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2022\_8\_0\_85.

### Structural features of belt conveyor of RopeCon® type

V.I. Galkin<sup>1</sup>, M.O. Dobler<sup>1</sup>

<sup>1</sup> National University of Science and Technology «MISS», Moscow, Russia,  
e-mail: Vgalkin07@rambler.ru

**Abstract:** One of the methods of continuous bulkload conveying is overhead belt conveyors capable to overpass various natural and manmade barriers along the route. The structure of the linear conveying section is described; it is mounted on six cables, including two burden cables and four guide cables for running rollers. It is found that this conveyor has the same structural features as the belt conveyor, or apron conveyor, or cableways. The linear structure of six cables is integrated into the whole conveyor structure using special support frames attached to the cables at a preset spacing and, therefore, can be classified as a cable-stayed structure. The cable structure rests on the support towers set at the spaces governed by the route and angle of the conveyor, and can reach 1000 m and more. The implemented analysis of the structural features of the overhead cable-stayed conveyor reveals the further research trends.

**Key words:** cables, running rollers, belt, corrugated sidewall, cable bend, cable-stayed structure, support frame, tension, support, contraflexure, route.

**For citation:** Galkin V. I., Dobler M. O. Structural features of belt conveyor of RopeCon® type. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(8):85-94. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2022\_8\_0\_85.

---

## **Введение**

При транспортировании различных насыпных грузов на большие расстояния в горной и других областях промышленности используют магистральные ленточные конвейеры, которым зачастую приходится преодолевать различные препятствия — овраги, реки, а также строения и коммуникации, созданные в результате деятельности человека. В таких случаях классические ленточные конвейеры не могут быть использованы, поскольку область их применения ограничена углом наклона конвейера до  $\pm 160$ , при условии абсолютной прямолинейности трассы. В результате этого при транспортировании полезного ископаемого на значительные расстояния необходимо проектировать конвейерные линии, имеющие узлы перегрузки, что приводит к увеличению капитальных затрат, возникновению пылеобразования, отрицательному воздействию на окружающую среду и снижению надежности всей транспортной системы.

В связи с этим постоянно осуществляется поиск новых видов непрерывного транспорта для обеспечения наиболее эффективного способа доставки полезного ископаемого потребителю. Одним из таких перспективных специальных типов ленточного конвейера является конвейер RopeCon® австрийской фирмы Doppelmayr, который монтируется на шести подвесных канатах, опирающихся на опорные мачты, устанавливаемые с определенным интервалом по трассе.

Основными преимуществами такого конвейера является возможность прокладывать трассу конвейера независимо от препятствий, высокая экологичность, универсальность использования и энергосбережение за счет применения ленты типа гофроборт, движущейся на ходовых роликах по направляющим канатам вместо перемещения по роликоопорам.

В последнее время область применения данного типа конвейера расширяется за счет возможного применения в качестве подъемного конвейера из карьеров, для транспортирования дробленой руды до обогатительной фабрики или склада, располагаемых на поверхности карьера, а также в шахтах, для транспортирования угля по магистральным выработкам.

Поскольку в зарубежных публикациях ограничен доступ к материалам по определению основных конструктивных параметров конвейера RopeCon®, влияющих на его эксплуатационные параметры, в данной статье мы постараемся обозначить основные приоритеты для решения проблем, связанных с их дальнейшим расчетом.

## **Материалы и методы**

Первый специальный тип описываемого ленточного конвейера был запущен в эксплуатацию в 2001 г., при реализации проекта «Strengen» по строительству туннеля в районе Штрэнген-ам-Арльберг в Австрийских Альпах для транспортирования кварцитов с произ-

водительностью 600 т/ч на расстояние 270 м [1].

До реализации этого проекта в течение нескольких лет проводились теоретические и экспериментальные исследования, выполненные в различных странах Европы, результаты которых были опубликованы в статьях [2 – 6].

В работе [7] была разработана и предложена расчетная модель по анализу и определению нагрузок, возникающих в ленте, ходовых роликах и направляющих канатах конвейера RopeCon®, в зависимости от заданных эксплуатационных параметров.

Для моделирования использовалась программа PTC Creo Parametric 3.0 M070. Исследуемый конвейер типа RopeCon® имел следующие исходные данные: длина конвейера 248,9 м; лента тип EP 1250/4-7T/3T, шириной 800 мм, рабочая ширина ленты 630 мм, высота гофроборта – 200 мм; транспортируемый материал – филлит с насыпной плотностью 1666 кг/м<sup>3</sup> и максимальным размером куска 250 мм; направляющие канаты – 4 шт.×42 мм, тип каната WS 1670 Н/мм, разрывное усилие 4×475 т, погонная масса направляющего каната 39 кг/м; погонная масса опорной рамы, связывающей 6 канатов, 56 кг/м.

Предложенная модель идентична реальной конструкции, однако следует отметить, что некоторые ее параметры не соответствуют реальным размерам из-за отсутствия данных в свободном доступе, например – геометрические формы и размеры гофроборта ленты, геометрические размеры и конструктивные особенности ходовых роликов, опорных рам, а также расстояния между ними.

В результат расчета были получены: деформации конвейерной ленты в полете между ходовыми роликами при транспортировании филлита; деформации ленты по продольной оси конвейера, а также под гофробортом; определены

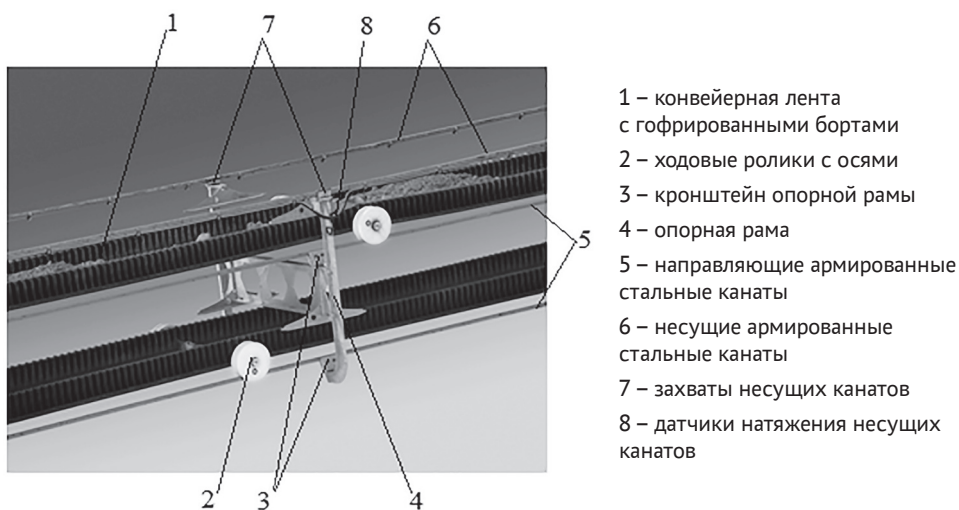
контактные напряжения в зоне «ходовой ролик – направляющий канат»; деформация направляющего стального каната под действием собственного веса и веса транспортируемого груза [7].

Результаты моделирования представляют важную информацию, которая может быть использована в дальнейших исследованиях, однако следует отметить, что практически не изучен вопрос возникновения и распределения нагрузок в шести несущих канатах, на которых подвешен конвейер, а также их влияния на методику тягового расчет конвейера, по которой определяются его основные конструктивные и эксплуатационные параметры.

К большому сожалению, в России данный тип конвейера долгое время не исследовался. Только в 2017 г. на кафедре ГОТиМ НИТУ «МИСиС» начались работы по его изучению, а в 2019 г. была опубликована обзорная статья [8], подготовленная на основе результатов анализа зарубежных научных статей и реализованных проектов с применением конвейеров RopeCon®.

В качестве схожих по конструктивному исполнению непрерывных подвесных транспортных средств с канатным ставом были рассмотрены конвейеры, описанные в работах [9 – 11], что позволило нам более детально изучить интересующие нас вопросы. Кроме того, в работе [9] рассмотрен ленточный конвейер с подвесной лентой, которая перемещается с помощью ходовых роликов по направляющим трубам, принцип работы которого идентичен рассматриваемому конвейеру RopeCon®.

Целью работы является обоснованное описание актуальной научной проблемы и последующего ее исследования для изучения конструктивных особенностей основных узлов вантовой конструкции става конвейера RopeCon®, с использованием аналитического метода.



- 1 – конвейерная лента с гофрированными бортами
- 2 – ходовые ролики с осями
- 3 – кронштейн опорной рамы
- 4 – опорная рама
- 5 – направляющие армированные стальные канаты
- 6 – несущие армированные стальные канаты
- 7 – захваты несущих канатов
- 8 – датчики натяжения несущих канатов

Рис. 1. Конструкция линейного става ленточного конвейера типа RopeCon® [8]  
 Fig. 1. Linear structure of belt conveyor of RopeCon® type [8]

Рассматриваемый конвейер (рис. 1) представляет собой достаточно сложную конструкцию, сочетающую в себе конвейерную ленту типа гофроборт «Flexowell®» или «Maxoflex®» германской фирмы ContiTech, к которой с определенным интервалом прикреплены поддерживающие ходовые ролики, движущиеся по направляющим канатам, что является главным отличием от традиционного ленточного конвейера, у которого лента движется по стационарным роликам. В связи с этим коэффициент сопротивления движению роликов по направляющим канатам принимается равным 0,006, что намного меньше, чем коэффициент при движении ленты по стационарным роликам, который при расчетах ленточного конвейера обычно принимают в диапазоне 0,03÷0,025.

Гофрированная лента имеет такую же геометрическую форму, как грузонесущее полотно пластинчатого конвейера, описанного в работе [12]. На основании этого можно утверждать, что конвейер RopeCon® является облегченной конструкцией пластинчатого конвейера, у которого направляющие рельсы заменены

канатами, а вся конструкция подвешена на двух несущих канатах, опирающихся на мачты опор, установленных с расчетным интервалом.

Из рис. 1 видно, что вся конструкция конвейера смонтирована на шести канатах, из которых два верхних — несущие (6), а оставшиеся четыре являются направляющими (5) для ходовых роликов грузовой и порожней ветви конвейера.

Особенностью конструкции является то, что направляющие опорные канаты 5 уложены без фиксации в кронштейны опорных рам 3, поэтому при температурных колебаниях не происходит аварийных ситуаций, связанных с их удлинением или сжатием. В то же время каждая опорная рама 4 при помощи специальных захватов 7 жестко закреплена на несущих канатах 6.

Шестиканатная система, объединенная в единое целое с помощью опорных рам (см. рис. 1, 4), располагаемых на канатах с интервалом от 6 до 12 м, может быть классифицирована как вантовая конструкция [13].

Рассматриваемая висячая канатная система, по которой движется ленточный

контур конвейера, представляет собой трехмерную вантовую систему по стандартному определению [14], в которой первый, верхний, пояс составляют несущие канаты, а второй и третий — направляющие канаты (см. рис. 1, 5, 6) для движения ходовых роликов грузовой и порожней ветви конвейера. В классических вантовых системах рассматриваются либо двояковогнутые, либо двояковыпуклые системы поясов, т.е. имеющие взаимно противоположные направления кривизны, причем ванты предварительно напряжены. В нашем случае все пояса канатов имеют одинаковое направление кривизны, поэтому рассматриваемая подвеска конвейера имеет общее сходство с системой канатов подвесных канатных дорог, у которых отсутствуют ванты — опорные рамы [15]. В связи с этим при разработке тягового расчета висячей системы подвесного канатного конвейера необходимо учитывать основные положения расчета как вантовой системы, так и подвесной канатной дороги [16, 17].

Конвейеры вантового типа достаточно часто используются для транспортирования насыпных грузов на значительные расстояния (5000 м и более),

особенно когда их траса проходит по местности с гористым ландшафтом и преградами. Так, например, вантовый конвейер Flyingbelt, установленный в Бразилии для перемещения известняка, имеет длину 7500 м, его производительность — 1500 т/ч. Расстояние между несущими опорами вантового става этого конвейера составляет 650 м [18].

На рис. 2 представлена линейная секция такого конвейера, из которой видно, что на четырех несущих канатах закреплены роlikоопоры грузовой и порожней ветви, а также опорные рамы, выполняющие функции связующего звена между канатами.

Основными, принципиальными отличиями от конвейера RopeCon® являются наличие четырех несущих канатов для поддержания грузовой и порожней ветви конвейера, применение обычной ленты и стандартных поддерживающих роlikоопор вместо ходовых роликoв, закрепленных на ленте типа «гофроборт».

Поскольку конструкция конвейера монтируется на шести канатах, обоснованный их выбор влияет на надежность эксплуатации конвейера в достаточно сложных условиях и имеет свои особенности. При эксплуатации вантовых си-

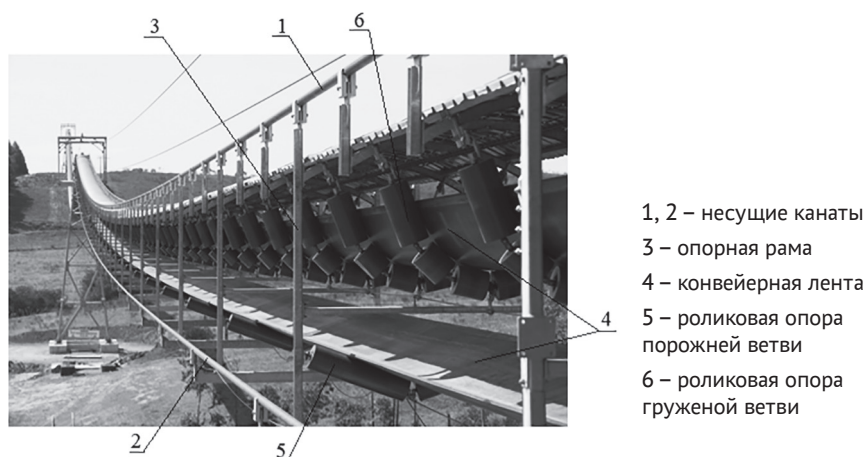


Рис. 2. Канатный став вантового ленточного конвейера с 5-роlikовыми шарнирными опорами  
 Fig. 2. Cable structure of cable-stayed belt conveyor with 5-roller hinged supports

**Закрýтый канат с двумя слоями клиновидной и одним слоем Z-образной проволоки, по ГОСТ 7676**  
**Closed cable with two layers of tapered wire and one layer of Z-shaped wire by State Standard GOST 7676**

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм <sup>2</sup>	Расчетная масса 100 м смазанного каната, кг	Расчетное разрывное усилие, кН, не менее, для маркировочной группы, Н/мм <sup>2</sup>	$\lambda_p$ , км
			1270	
50,0	1713,8	1469,51	2180	14,8
52,0	1846,2	1582,83	2350	14,9
54,0	1988,1	1704,37	2525	14,9
55,0	2016,3	1728,06	2565	14,8
60,0	2408,7	2063,60	3065	14,9
65,0	2764,0	2367,31	3515	14,9
70,0	3231,8	2767,12	4115	14,9

стем в основном применяют канаты закрытого типа, с различными геометрическими параметрами свивки проволок (Z-образной и омегаобразной проволоки), которые изготавливаются в соответствии с ГОСТ 7676 (таблица), ГОСТ 18901, а также в соответствии с другими стандартами типа ТУ 14-171-16-2001 и EN 12385-2:2002.

При выборе каната необходимого диаметра (несущего или направляющего) исходят из того, что

$$T_p \geq T_{\max} \quad (1)$$

где  $T_p$  – расчетное допустимое натяжение данного каната диаметром  $d_k$  и погонным весом  $q_k$ , с учетом нормативного запаса прочности;  $T_{\max}$  – максимальное натяжение в канате, которое определяется из формулы

$$T_{\max} = P + q_k h_{\max} \quad (2)$$

где  $P$  – вес натяжного груза для каната, который определяется допустимым максимальным провесом в первом от натяжной станции пролете, кН;  $q_k$  – погонный вес рассматриваемого каната, кН;  $h_{\max}$  – разность высот между опорой для грузового натяжного устройства и

самой высокой точкой трассы подвешенной системы (для конвейера RopeCon® обычно не превышает 700 м).

В соответствии с таблицей для выбора канатов можно использовать предложенное авторами и рассчитанное отношение  $\lambda_p = T_p / q_k$ , которое называется разрывной длиной каната (длина вертикально подвешенного каната, при которой он разрывается под действием собственного веса). Величина  $\lambda_p$  изменяется в небольших пределах (от 11,4 до 15,4 км) и зависит только от типа и маркировочной группы стали проволок (основная группа – 1270 Н/мм<sup>2</sup>) [19, 20]. С помощью таблицы, а также таблиц, найденных по ГОСТам и стандартам, описанным выше, в которых нами рассчитаны значения  $\lambda_p$  для упомянутых типов канатов, можно определить расчетное допустимое натяжение каната  $T_p$  с учетом нормативного запаса прочности для соответствующего диаметра каната  $d_k$ .

### Выводы

Приведенный в статье анализ конструктивного исполнения достаточно сложной вантовой конструкции линейного

става подвешенного конвейера, опирающегося на шесть канатов, связанных между собой опорными рамами, позволяет сформулировать направления дальнейших научных исследований:

- обоснование оптимальных параметров пролетов канатов между опорами, а также между опорными рамами, располагаемыми внутри этих пролетов;
- обоснование распределения натяжений между несущими и направляющими канатами вантовой системы конвейера;
- регламентирование углов перегиба канатов на опорных вышках при выпуклых, вогнутых и ровных участках трассы конвейера;
- обоснование обеспечения надежного прилегания несущих канатов к опорным башмакам вышек, устанавливаемых на вогнутых участках трассы конвейера;
- определение условий, обеспечивающих надежное прилегание направляющих канатов к башмакам, располагаемым на опорных вышках.

### **Заключение**

Изложенные в статье материалы позволяют сделать следующие выводы.

1. Рассматриваемый в статье специальный тип ленточного конвейера RopeCon® сочетает в себе функции нескольких видов непрерывного транспорта — традиционного ленточного конвейера, так как тяговым и грузонесущим

элементом является гофрированная лента; пластинчатого конвейера, поскольку грузонесущий элемент — лента — имеет ходовые ролики, движущиеся по направляющим канатам и кольцевой канатной дорожке — из-за конструкции става, опирающегося на шесть канатов.

2. Анализ научных работ, посвященных канатному ставу рассматриваемого конвейера, показал, что его конструкция относится к трехмерной вантовой системе, требующей специального расчета по определению нагрузок, действующих на канаты, и распределения натяжений между ними в зависимости от погонных масс канатов, веса грузовой и порожней ветви конвейера, перепада высот и радиуса кривизны провеса каната в пролетах между опорами.

3. Представленные таблицы типов канатов, используемых в вантовых конвейерах, а также их характеристик позволяют осуществить выбор несущих и направляющих канатов — обычно выбираются канаты одного типа. Кроме того, с помощью величины  $\lambda_p$  возможно определить расчетное допустимое натяжение каната  $T_p$  с учетом нормативного запаса прочности для соответствующего диаметра каната  $d_k$ .

4. Представленный в статье анализ конструктивных особенностей подвешенной вантовой системы конвейера позволил сформулировать основные направления дальнейших научных исследований по рассматриваемой проблеме.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Neradilova N., Stolarik J. Ropecon — progressive transportation system for continuous raw materials transportation / 17th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2017. Conference proceedings. 2017, pp. 789 — 796. DOI: 10.5593/sgem2017/13/S03.100.

2. Pillichshammer C., Trieb H., Flebbe H. RopeCon — the new road conveyor belt // Schüttgut. 2003, vol. 9, no. 2, pp. 108 — 111.

3. Кроммер Х. Подвешенная система транспортировки сырья для цементного завода в Судане // Цемент и его применение. — 2014. — № 3. — С. 54 — 56.

4. Семенкин А. В. Обзор применения крутонаклонных конвейеров в качестве карьерного и магистрального транспорта // Проблемы недропользования. — 2020. — № 2. — С. 25—36. — DOI: 10.25635/2313-1586.2020.02.025.

5. Kessler F. Recent developments in the field of bulk conveying // Schüttgut. 2006, vol. 34, no 4, pp. 213—220.

6. Diethardt P., Kessler F., Stoschka M. Calculation of the drive power for RopeCon systems // Schüttgut. 2004, vol. 10, no. 4, pp. 288—293.

7. Fedorko G., Molnár V., Kopas M. Calculation and Simulation Model of a System Rope Con // TEM Journal. 2018, vol. 7, no. 3, pp. 480—487. DOI: 10.18421/TEM73-02.

8. Галкин В. И. Новый тип ленточных конвейеров ROPECON®, реальность и перспективы. Анализ конструктивных и эксплуатационных параметров специальных ленточных конвейеров с подвеской на канатах // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2019. — № 6. — С. 136—146. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-136-146.

9. Лагерев А. В., Толкачев Е. Н., Бословяк П. В. Проектирование и исследования конвейеров с подвесной грузонесущей лентой. — Брянск: БГУ, 2016. — 303 с. DOI: 10.5281/zenodo.1197308.

10. Пачина О. В., Юдаев И. А. Подвесной грузонесущий конвейер / Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий. Сборник трудов V Международной научно-практической конференции. — М.: НИЯУ «МИФИ», 2019. — С. 69—73.

11. Цыпкина В. В., Иванова В. П., Исамухамедов Д. Н., Хайитмурадова С. М., Бердиев Ш. Р. У. Обобщенная математическая модель подвесной канатной дороги, обеспечивающая повышение энергоэффективности // Universum: технические науки. — 2021. — № 6-4(87). — С. 90—98. DOI: 10.32743/UniTech.2021.87.6.12004.

12. Droettboom M. Beumer group: belt apron conveyors for reliable and cost-efficient transport of cement clinker [Электронный ресурс] / Bulk-online: [сайт]. [2019]. URL: <https://news.bulk-online.com/case-studies/beumer-group-belt-apron-conveyors-for-reliable-and-cost-efficient-transport-of-cement-clinker.html> (дата обращения 03.10.2021).

13. Котлярова Е. В., Козаченко Т. О. Конструктивные особенности вантовых систем // Машиностроение и техносфера XXI века: Сборник статей Международной научно-практической конференции. — Омск: ООО «Аэтерна», 2017. — С. 26—30.

14. Кирсанов Н. М. Висячие и вантовые конструкции. — М.: Стройиздат, 1981. — 158 с.

15. Jian Q., Liang Q., Jun C., Jiancheng W., Ming J., Chunhua H. Analysis of the working cable system of single-span circulating ropeway // MATEC Web of Conferences. 2017, vol. 136. DOI: 10.1051/mateconf/201713602003 22.

16. Аверченко Г. А., Васильев К. А., Рудакова Е. А. Регулирование усилий в балочно-вантовых системах // Инновационные транспортные системы и технологии. — 2021. — Т. 7. — № 4. — С. 5—13. DOI: 10.17816/transssyst2021745-13.

17. Лагерев А. В., Таричко В. И., Лагерев И. А. Определение оптимальных параметров грузовых подвесных канатных дорог с различной проектной производительностью // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2019. — № 10. — С. 443—451.

18. Droettboom M. Belt conveying — as the crow flies: belt conveyor truss suspended on ropes [Электронный ресурс] // Bulk-online : [сайт]. [2019]. URL: <https://news.bulk-online.com/bulk-solids-handling-archive/belt-conveying-as-the-crow-flies-belt-conveyor-truss-suspended-on-ropes.html> (дата обращения 03.10.2021).

19. Дукельский А. И. Подвесные канатные дороги и кабельные краны. — М.—Л.: Машиностроение, 1966. — 484 с.

20. Воронцов А. Н., Волоховский В. Ю. Оценка прочности и ресурса канатов вантовых систем / Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред. Материалы XXVII Международного симпозиума им. А.Г. Горшкова. — М.: ООО «ТРП», 2021. — С. 66—68. **ИДБ**



## REFERENCES

1. Neradilova N., Stolarik J. Ropecon – progressive transportation system for continuous raw materials transportation. *17th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2017. Conference proceedings*. 2017, pp. 789–796. DOI: 10.5593/sgem2017/13/S03.100.
2. Pillichshammer C., Trieb H., Flebbe H. RopeCon – the new road conveyor belt. *Schüttgut*. 2003, vol. 9, no. 2, pp. 108–111.
3. Kromer H. Suspended system of transportation of raw materials for a cement plant in Sudan. *Tsement i ego primenenie*. 2014, no. 3, pp. 54–56. [In Russ].
4. Semenkin A. V. Review of the use of steep-slope conveyors as quarry and mainline transport. *Problems of Subsoil Use*. 2020, no. 2, pp. 25–36. [In Russ]. DOI: 10.25635/2313-1586.2020.02.025.
5. Kessler F. Recent developments in the field of bulk conveying. *Schüttgut*. 2006, vol. 34, no. 4, pp. 213–220.
6. Diethardt P., Kessler F., Stoschka M. Calculation of the drive power for RopeCon systems. *Schüttgut*. 2004, vol. 10, no. 4, pp. 288–293.
7. Fedorko G., Molnár V., Kopas M. Calculation and Simulation Model of a System RopeCon. *TEM Journal*. 2018, vol. 7, no. 3, pp. 480–487. DOI: 10.18421/TEM73-02.
8. Galkin V. I. New RopeCon® belt conveyors, actuality and prospects. Design and operating parameters of special ropeway belt conveyors. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019, no. 6, pp. 136–146. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-136-146.
9. Lagerev A. V., Tolkachev E. N., Boslovyak P. V. *Proektirovanie i issledovaniya konveyerov s podvesnoy gruzonesushchey lentoy* [Design and research of conveyors with suspended load-bearing belt], Bryansk, BGU, 2016, 303 p. DOI: 10.5281/zenodo.1197308.
10. Pachina O. V., Yudaev I. A. Suspended cargo-carrying conveyor. *Aktual'nye problemy i puti razvitiya energetiki, tekhniki i tekhnologii. Sbornik trudov V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Actual problems and ways of development of power engineering, engineering and technologies. Proceedings of the Vth International Scientific and Practical Conference], Moscow, NIYAU «MIFI», 2019, pp. 69–73. [In Russ].
11. Tsyapkina V. V., Ivanova V. P., Isamukhamedov D. N., Khayitmuradova S. M., Berdiev Sh. R. U. Generalized mathematical model of a suspended cable car providing energy efficiency improvement. *Universum: tekhnicheskije nauki*. 2021, no. 6-4(87), pp. 90–98. [In Russ]. DOI: 10.32743/UniTech.2021.87.6.12004.
12. Droettboom M. *Beumer group: belt apron conveyors for reliable and cost-efficient transport of cement clinker*, available at: <https://news.bulk-online.com/case-studies/beumer-group-belt-apron-conveyors-for-reliable-and-cost-efficient-transport-of-cement-clinker.html> (accessed 03.10.2021).
13. Kotlyarova E. V., Kozachenko T. O. Design features of cable-stayed systems. *Mashinostroenie i tekhnosfera XXI veka: Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Mechanical engineering and technosphere of the XXI century: collection of articles of the International Scientific and practical Conference], Omsk, OOO «Aeterna», 2017, pp. 26–30. [In Russ].
14. Kirsanov N. M. *Visyachie i vantovye konstruksii* [Hanging and cable-stayed structures] Moscow, Stroyizdat, 1981, 158 p.
15. Jian Q., Liang Q., Jun C., Jiancheng W., Ming J., Chunhua H. Analysis of the working cable system of single-span circulating ropeway. *MATEC Web of Conferences*. 2017, vol. 136. DOI: 10.1051/mateconf/201713602003 22.
16. Averchenko G. A., Vasiliev K. A., Rudakova E. A. Regulation of efforts in beam-cable systems. *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2021, vol. 7, no. 4, pp. 5–13. [In Russ]. DOI: 10.17816/transsyst2021745-13.
17. Lagerev A. V., Tarichko V. I., Lagerev I. A. Determination of optimal parameters of cargo suspended cable cars with different design performance. *Izvestiya Tula State University. Technical sciences*. 2019, no. 10, pp. 443–451. [In Russ].

18. Droettboom M. *Belt conveying – as the crow flies: belt conveyor truss suspended on ropes*, available at: <https://news.bulk-online.com/bulk-solids-handling-archive/belt-conveying-as-the-crow-flies-belt-conveyor-truss-suspended-on-ropes.html> (accessed 03.10.2021).

19. Dukel'skiy A. I. *Podvesnye kanatnye dorogi i kabel'nye krany* [Suspended cable cars and cable cranes], Moscow-Leningrad, Mashinostroenie, 1966, 484 p.

20. Vorontsov A. N., Volokhovskiy V. Yu. Assessment of the strength and resource of ropes of cable-stayed systems. *Dinamicheskie i tekhnologicheskie problemy mekhaniki konstruktivnykh i sploshnykh sred. Materialy XXVII Mezhdunarodnogo simpoziuma im. A.G. Gorshkova* [Dynamic and technological problems of mechanics of structures and continuous media: Materials of the XXVII International Symposium named after A.G. Gorshkov], Moscow, OOO «TRP», 2021, pp. 66–68. [In Russ].

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Галкин Владимир Иванович<sup>1</sup> – д-р техн. наук,

профессор, e-mail: [Vgalkin07@rambler.ru](mailto:Vgalkin07@rambler.ru),

Доблер Максим Олегович<sup>1</sup> – аспирант,

e-mail: [m.dobler@yandex.ru](mailto:m.dobler@yandex.ru),

<sup>1</sup> НИТУ «МИСиС».

**Для контактов:** Галкин В.И., e-mail: [Vgalkin07@rambler.ru](mailto:Vgalkin07@rambler.ru).

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

V.I. Galkin<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Eng.), Professor,

e-mail: [Vgalkin07@rambler.ru](mailto:Vgalkin07@rambler.ru),

M.O. Dobler<sup>1</sup>, Graduate Student,

e-mail: [m.dobler@yandex.ru](mailto:m.dobler@yandex.ru),

<sup>1</sup> National University of Science and Technology «MISIS»,

119049, Moscow, Russia.

**Corresponding author:** V.I. Galkin, e-mail: [Vgalkin07@rambler.ru](mailto:Vgalkin07@rambler.ru).

Получена редакцией 29.11.2021; получена после рецензии 14.06.2022; принята к печати 10.07.2022.

Received by the editors 29.11.2021; received after the review 14.06.2022; accepted for printing 10.07.2022.



---

## НОВИНКИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ГОРНАЯ КНИГА»

---



Авдохин В.М.

**Основы обогащения полезных ископаемых.**

**Т. 2. Технологии обогащения полезных ископаемых**

Год: 2022

Страниц: 312

ISBN: 978-5-98672-556-7

UDK: 622.7

Даны основные сведения о вещественном составе полезных ископаемых, методах и процессах их обогащения. Изложены основы теории разделения минералов по их физическим свойствам в различных обогащительных машинах и аппаратах. Описаны устройство и принцип действия основного обогащительного оборудования, методы контроля и автоматизации технологических процессов. Рассмотрены технологии переработки и обогащения основных типов руд черных, цветных, редких, благородных металлов и алмазов, горно-химического сырья, углей и строительных материалов. Приведены структуры типовых горно-обогащительных предприятий, их технико-экономические показатели и направления охраны окружающей среды. Приложения включают базу данных для выбора технологии обогащения руд, методики расчета схем дробления, измельчения и обогащения.