

УДК 621.604  
DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-10-32-39

## ГЕНЕЗИС ЭФФЕКТИВНОСТИ КРУТОНАКЛОННОГО ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА

### GENESIS OF EFFICIENCY OF STEEPLY INCLINED BELT CONVEYOR TRANSPORT



**V. N. Макаров,**  
Уральский государственный  
горный университет,  
г. Екатеринбург  
[uk.intlnedra@gmail.com](mailto:uk.intlnedra@gmail.com)



**V. Ya. Потапов,**  
Уральский государственный  
горный университет,  
г. Екатеринбург  
[2c1@inbox.ru](mailto:2c1@inbox.ru)



**N. V. Макаров,**  
Уральский государственный  
горный университет,  
г. Екатеринбург  
[mnikolay84@mail.ru](mailto:mnikolay84@mail.ru)

**V. Makarov,**  
Ural State Mining University,  
Yekaterinburg

**V. Potapov,**  
Ural State Mining University,  
Yekaterinburg

**N. Makarov,**  
Ural State Mining University,  
Yekaterinburg

Статья посвящена исследованию и разработке качественно нового подхода к повышению эксплуатационной эффективности ленточного конвейерного транспорта за счет увеличения угла наклона путем применения веерных поперечных перегородок, позволяющих улучшить заполняемость рабочего пространства ленты и конструктивную схему, минимизирующую негативное влияние силы тяжести.

Анализ используемого ленточного конвейерного транспорта показал неэффективность дальнейшего увеличения угла наклона и массы транспортируемого груза существующими способами.

Предложен защищенный патентом на изобретение крутонаклонный ленточный конвейер с веерными поперечными перегородками, который позволяет значительно увеличить не только угол его наклона, но и массу транспортируемых грузов за счет более эффективного заполнения рабочего пространства ленты и противодействия силам тяжести. Данная конструкция конвейера существенно повысит эффективность пылеподавления в процессе транспортирования сыпучих материалов.

Уточнена методика расчета крутонаклонного ленточного конвейера в части определения действующих на прижимной рычаг усилий и напряжений. Предложены графическая и математическая модели схемы силового взаимодействия элементов конструкции и транспортируемого материала. Получено уравнение максимального изгибающего момента, обусловленного конструктивными особенностями конвейера, что позволяет производить расчет геометрических параметров прижимного рычага, а также необходимого усилия поджатия пружины. Установлена существенная нелинейность зависимости массы крутонаклонного ленточного конвейера от угла его наклона при заданной производительности конвейера и высоте подъема транспортируемого груза. Показано, что с учетом ограничения угла наклона ленточного конвейера, обусловленного снижением положительного трения сил трения с его ростом, при определенном значении угла наклона, масса конвейера увеличивается пропорционально росту высоты подъема транспортируемого материала при сохранении производительности. С учетом влияния коэффициента трения, силы тяжести дополнительно передаваемого усилия на диафрагму, прижимной рычаг и транспортерную ленту определен оптимальный диапазон угла наклона конвейера, обеспечивающего снижение его материалоёмкости при заданной производительности по сравнению с известными конвейерами

**Ключевые слова:** крутонаклонный ленточный конвейер; поперечная веерная перегородка; угол наклона; насыпной транспортируемый материал; прижимной рычаг; эпюра давления; изгибающий момент; коэффициент трения; сила тяжести; материалоемкость

The analysis of the used belt conveyor transport has shown inefficiency of further increase in the angle of inclination and mass of the transported cargo by existing methods.

A steeply inclined belt conveyor with fan-shaped transverse benches is proposed, which allows to increase not only the angle of its inclination, but also the mass of transported cargoes due to more efficient filling of the working space of the tape and counteraction to gravity forces. The proposed design of the conveyor significantly increases the effectiveness of dust suppression in the process of transporting bulk materials.

The construction of the slope belt conveyor is protected as intellectual property in the form of patents for invention.

The method for calculating the steeply inclined belt conveyor in the part of determining the forces and stresses acting on the clamping lever is specified. A graphical and mathematical model of the scheme of force interaction of structural elements and transported material is proposed. The equation of the maximum bending moment due to the structural features of the conveyor is obtained, which makes it possible to calculate the geometric parameters of the clamping lever, as well as the necessary force for the spring. An essential non-linearity of the dependence of the mass of the steeply inclined belt conveyor on its angle of inclination at a given conveyor capacity and the height of the lift of the transported cargo is presented. It is shown that, taking into account the limitation of the angle of inclination of the belt conveyor due to the decrease in the positive friction of frictional forces with its growth, at a certain value of the angle of inclination, the mass of the conveyor increases in proportion to the growth of the lifting height of the transported material while maintaining productivity. Taking into account the influence of the friction coefficient, gravity force of the additional force transferred to the diaphragm, presser lever and conveyor belt, the optimum range of the conveyor angle is determined, which reduces its material capacity at a given capacity in comparison with the known conveyors

**Key words:** steeply inclined conveyor; transverse partitions; tilt angle; bulk material; clamping lever; pressure diagram; bending moment; friction coefficient; gravity force; material intensity

---

**Введение.** Для предприятий с большим объемом транспортирования насыпных материалов требование повышения эффективности использования производственных площадей, снижения материалоемкости основных фондов ставит в ряд первоочередных актуальных задач разработку и внедрение крутонаклонных ленточных конвейеров.

Изучение конструкции и принципа действия известных крутонаклонных конвейеров показало, что в большинстве случаев задача по транспортированию грузов под значительным углом наклона решается за счет обжатия перемещаемого груза, т. е. увеличения силы трения, препятствующей смешению груза под действием силы тяжести. Применяемые подобные типы конвейеров имеют ряд технических ограничений, главными из которых является возможность функционирования при углах наклона не более  $25\ldots 30^\circ$ , а также недостаточная локализация пылеобразования.

**Методология и методика исследования.** Разработка математической модели силовой схемы взаимодействия подпружиненного прижимного рычага, транспортерной ленты, веерной поперечной перегородки и ходовых опор базируется на минимизации длины силовых линий и изгибающих моментов от действия силы тяжести транспортируемого материала при увеличении угла наклона конвейера по отношению к предельному углу терния. Для расчета распределения нагрузки на прижимной рычаг использованы основные положения теории прочности, трения, дифференциального и интегрального исчисления и векторного анализа.

Основными принципами и допущениями методики проведения теоретических и экспериментальных исследований для построения математической модели силовой схемы предлагаемого крутонаклонного конвейера, экспериментальной проверки достаточной достоверности математиче-

ской модели являются следующие положения и допущения:

- транспортируемый материал в результате колебания ленты при движении заполняет объём, ограниченный горизонтальной плоскостью и веерной поперечной перегородкой;
- сила упругости транспортерной ленты не учитывается;
- эквивалентный удельный вес насыпного транспортируемого материала принят равным его удельному весу с поправкой на трение частиц материала между собой и поверхностью транспортерной ленты;
- каждый прижимной рычаг воспринимает полную силу давления от силы тяжести транспортируемого материала в объеме между смежными рычагами;
- транспортерная лента между смежными прижимными рычагами после обжатия принимает форму цилиндра, определяемую формой веерной поперечной перегородки.

Значительную часть транспортируемых грузов перемещают на требуемую, согласно техническому заданию, высоту. При этом в условиях ограниченного пространства возникает необходимость применения крутонаклонных ленточных конвейеров [2; 8].

Изучение конструкции и принципа действия известных крутонаклонных конвейеров показало, что в большинстве случаев задача по транспортированию грузов под значительным углом наклона решается за счет обжатия перемещаемого груза, т. е. увеличения силы трения, препятствующей смещению груза под действием силы тяжести [1; 9; 10] (рис. 1).

С целью увеличения угла наклона и массы транспортируемых грузов ленточного конвейера за счет более эффективного заполнения предложен модернизированный ленточный конвейер [3–6]. Крутонаклонный ленточный конвейер содержит огибающую приводной и натяжной концевые барабаны 1 и 8 транспортерную ленту 6 с грузовой и порожней ветвями 3, 4. Подпружиненные прижимные рычаги 9 шарнирно закреплены по краям ходовых опор 10,

перемещаются между внутренними бортами 2, 5 и предназначены для создания замкнутого контура ленты 6. Поперечные перегородки 7 выполнены из установленных внахлест сегментов 12 и 13 с возможностью обеспечения их подвижности относительно друг друга и поперек транспортерной ленты 6. При этом шаг установки поперечных перегородок 7 равен шагу расположения прижимных рычагов 9.

Для восприятия нагрузок от поперечных сегментов 12 и 13 поперечных перегородок 7 и перемещаемого груза боковые участки транспортерной ленты 6 снабжены упорными элементами 11 из эластичного материала.

Подпружиненные прижимные рычаги 9 предназначены для взаимодействия с боковыми участками грузонесущей ленты 6 на верхней ветви 3 конвейера и поддержки ленты 6 на ее нижней ветви 1 (рис. 1).

Крутонаклонный ленточный конвейер работает следующим образом.

Загрузочное устройство подает насыпной груз на ленту 6, на которой через некоторые промежутки в неизменном вертикальном положении жестко закреплены сегменты 12, 13 поперечной перегородки 7. Загруженная лента поступает на ходовые опоры 10, принимая при этом в поперечном сечении желобчатую форму. Сегменты 12, 13 поперечной перегородки 7 под воздействием изгиба ленты 6 начинают перемещаться навстречу друг другу поперек этой ленты. В этом случае боковые края ленты 6 в сведенном положении вплотную прижимаются к верхнему краю сегментов 12, 13 поперечной перегородки 7 и фиксируются упорными элементами 11 для обеспечения общей жесткости конструкции. Это приводит к формированию профиля максимального заполнения грузонесущей ленты 6 и не позволяет сегментам 12, 13 перегородки 7 опрокинуться под давлением груза. Лента 6 поступает на головной барабан 1 для ее разгрузки, а ходовые опоры поворачиваются по внутренним барабанам 2, 5, переходя от грузовой 3 к порожней 4 ветвям транспортерной ленты. После прохождения головного барабана 1 сегменты 12,

13 поперечной перегородки 7 снова принимают профиль свернутой ленты 6. Лента обжимается прижимными рычагами 9.

Для обеспечения максимальной возможности конструктивных элементов ленточного конвейера противодействовать силам тяжести, действующих на насыпные и кусковые грузы по мере повышения угла наклона грузовой ветви к горизонту, конструкция позволяет обеспечить совме-

щение ходовых опор 10 с груженесущей лентой 6 в месте расположения поперечных перегородок 7 в процессе работы конвейера, поскольку только в данном случае достигается наибольшая прочность и жесткость конструкции, сформированной поперечными перегородками 7, упорными элементами 11, прижимными рычагами 9 и груженесущей лентой 6.

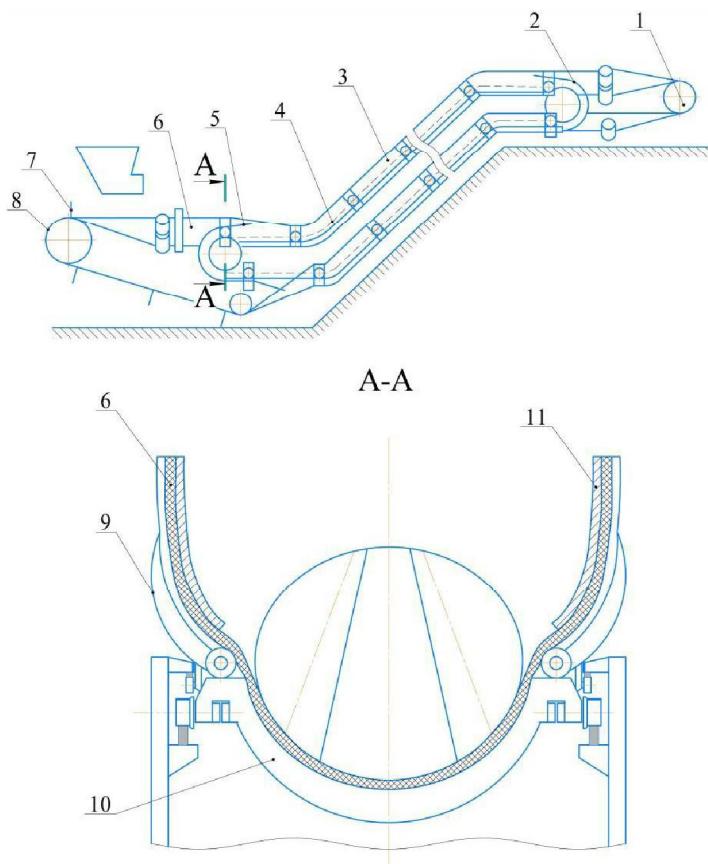


Рис. 1. Общая схема крутонаклонного ленточного конвейера /  
Fig. 1. General scheme of a steeply inclined belt conveyor

Предложена методика расчёта прижимных рычагов, от работоспособности которого зависит замыкание ленты в трубу и сохранение трубчатой формы в процессе транспортирования.

Новизна предложенного технического решения обусловливает разработку методов расчёта основных конструктивных элементов, одним из которых является прижимной рычаг. От работоспособности прижимных рычагов зависит замыкание ленты

в трубу и сохранение трубчатой формы в процессе транспортирования. Поджимающие рычаги должны создавать усилие, способное противодействовать силам давления транспортируемого материала и упругости ленты, а сами рычаги должны обладать достаточно высокой изгибной прочностью.

Эпюра давления материала на ленту, которое воспринимается прижимным рычагом, представляет собой фигуру  $ABB_1A_1A_2B_2$  (рис. 2а).

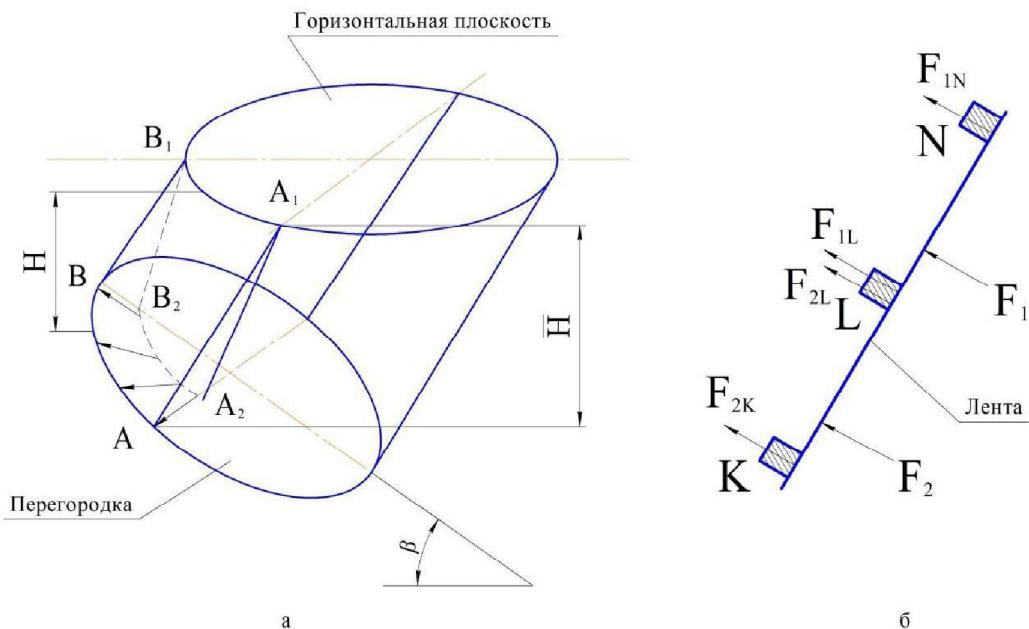


Рис. 2. Давление материала на ленту: а – эпюра давления; б – распределение силы давления между прижимными рычагами К, Л, Н / Fig. 2. Material pressure on the belt: a – pressure diagram; b – distribution of pressure force between the clamping levers K, L, N

Давление материала на прижимной рычаг в его произвольной точке равно

$$p = \gamma_s H = \gamma_s (\bar{H} - r \sin \alpha \sin \beta), \quad (1)$$

где  $\gamma_s$  – эквивалентный насыпной удельный вес, равный насыльному удельному весу с поправками на трение частиц материала между собой и по поверхности ленты [7];

$H$  – глубина расположения точки на прижимном рычаге (рис. 2а);

$\bar{H}$  – среднее значение глубины, соответствующее расположению условной жёсткой заделки прижимного рычага (рис. 2, 3);

$r$  – внутренний радиус прижимного рычага;

$\alpha$  – угол, определяющий расположение точки на прижимном рычаге;

$\beta$  – угол между горизонталью и поверхностью перегородки.

Прижимные рычаги  $K$ ,  $L$ ,  $N$  вместе с лентой образуют два пролёта, в которых действуют силы давления  $F_1$  и  $F_2$ . Сила  $F_1$  передаётся лентой на рычаги  $L$  и  $N$  в виде сил  $F_{1L}$  и  $F_{1N}$ , а сила  $F_2$  – на рычаги  $K$  и  $L$  в виде сил  $F_{2K}$  и  $F_{2L}$  (рис. 2б).

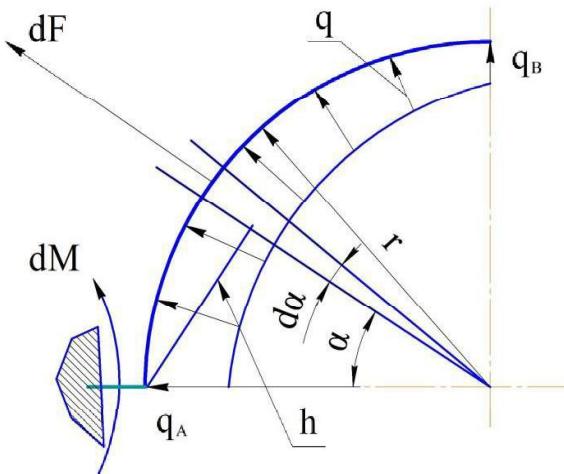


Рис. 3. Сила давления в виде распределённой нагрузки / Fig. 3. Pressure force in a form of distributed load

Распределённая нагрузка  $q$  в радиальном сечении равна площади эпюры  $p$  в сечении, имеющим форму треугольника с основанием, определяемым по формуле (1), и высотой

$$H = \bar{H} - r \sin \alpha \sin \beta,$$

$$q = \frac{1}{2} \gamma_s (\bar{H} - r \sin \alpha \sin \beta)^2. \quad (2)$$

С учетом рис. 4 элементарная сила давления на дуге  $rda$  равна

$$dF = qrda = \frac{1}{2} \gamma_s (\bar{H} - r \sin \alpha \sin \beta)^2 rda. \quad (3)$$

Сила  $dF$  создаёт относительно жёсткой заделки элементарный момент

$$dM = dFh = \frac{1}{2} \gamma_s (\bar{H} - r \sin \alpha \sin \beta)^2 r^2 \sin \alpha da, \quad (4)$$

где  $h$  – плечо силы  $dF$  относительно заделки.

Момент, нагружающий рычаг в заделке, равен [11]

$$\begin{aligned} M &= \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{1}{2} \gamma_s (\bar{H} - r \sin \alpha \sin \beta)^2 r^2 \sin \alpha da = \\ &= \frac{\gamma_s r^2}{2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} (\bar{H}^2 \sin \alpha - 2\bar{H}r \sin^2 \alpha \sin \beta + r^2 \sin^3 \alpha \sin^2 \beta) da = \\ &= \frac{\gamma_s r^2}{2} (\bar{H}^2 - \frac{\pi}{2} \bar{H}r \sin \beta + \frac{2}{3} r^2 \sin^2 \beta). \end{aligned} \quad (5)$$

Формула (5) позволяет определить действующий на прижимной рычаг максимальный изгибающий момент и осуществить расчет потребного усилия поджимающей пружины и элементов конвейера на прочность.

С использованием предложенной математической модели произведен расчет геометрических параметров прижимных рычагов из условия равнопрочности в зависимости от изменения давления транспортируемого материала, зависящего от угла наклона конвейера. При ограничении угла наклона конвейера без веерных перегородок рассчитаны соотношения удельных масс конвейеров с перегородками и без них при заданной высоте подъёма транспортируемого груза. Расчеты показали, что при угле наклона конвейера менее  $29^\circ$  удельная масса конвейера без веерных перегородок меньше, так как конвейер с перегородками имеет дополнительную массу прижимных рычагов, что не компенсируется уменьшением длины конвейера. В диапазоне углов конвейера  $29\dots44^\circ$  конвейер с веерными перегородками имеет существенно меньшую массу, поскольку его длина за счет увеличения угла наклона меньше длины конвейера без перегородок.

На рис. 4 приведен график изменения относительной удельной массы кругонаклонного ленточного конвейера  $\bar{m}$  и приведенного изгибающего момента прижимного рычага  $\bar{M}$  в сравнении с конвейером с углом наклона  $15^\circ$  в зависимости от угла наклона при заданной производительности и высоте подъёма транспортируемого материала [9; 11].

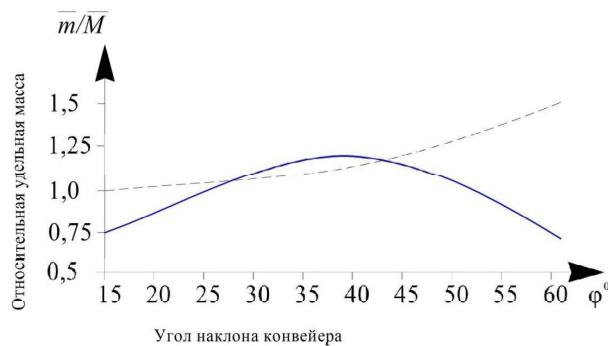


Рис. 4. Изменение относительной массы конвейера  $\bar{m}$  (–); изменение приведенного изгибающего момента прижимного рычага  $\bar{M}$  (– –) / Fig. 4. Change in the relative mass of the conveyor  $\bar{m}$  (–); change of the reduced bending moment of the clamping lever  $\bar{M}$  (– –)

Экспериментальные исследования с использованием промышленных композитов подтвердили возможность снижения материоемкости конвейера до 12 % при угле его наклона  $\phi = 30\ldots46^\circ$ , увеличения производительности и конвейера в среднем на 16 %, что с достаточной для практики точностью соответствует расчетным данным [7].

Использование предлагаемого крутонаклонного ленточного конвейера с попечерными перегородками позволяет снизить материоемкость конвейерного транспорта в условиях ограничения производственных площадей при подъеме транспортируемого материала на заданную высоту.

Кроме того, движение транспортируемого груза в замкнутом объеме за счет смыкания транспортерной ленты, обеспечивающего прижимными рычагами, позволяет на 30...35 % снизить запыленность, что снижает затраты на пылеподавление, обеспечение санитарно-гигиенических требований [11].

### Выходы.

1. Предложенная математическая модель и методика расчета позволяют проектировать основные конструктивные элементы крутонаклонного ленточного конвейера с веерными поперечными перегородками.

2. Исследования показали, что при угле наклона конвейера более  $29^\circ$  материоемкость предложенного крутонаклонного ленточного конвейера снижается на 12 % по сравнению с применяемым в настоящее время конвейерным транспортом при равной производительности и высоте подъема транспортируемого материала. При равной материоемкости производительность предлагаемого конвейера выше в среднем на 16 %.

3. Полное замыкание грузонесущей транспортерной ленты предлагаемого конвейера позволяет существенно снизить запыленность рабочего пространства.

### Список литературы

---

1. Галкин В. И., Дмитриев В. Г., Дьяченко В. П. Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий. М.: МГТУ, 2005. 526 с.
2. Дьяков В. А., Шахмейстер Л. Г., Дмитриев В. Г. Ленточные конвейеры в горной промышленности. М.: Недра, 1982. 349 с.
3. Макаров В. Н., Кокарев К. В., Макаров Н. В., Чуркин В. Н. Крутонаклонный ленточный конвейер для перемещения огнеупорных материалов // Новые огнеупоры. 2017. № 3. С. 31–32.
4. Патент № 152528 RU. Заявка № 201414865 от 02.12.2014. Крутонаклонный ленточный конвейер. С. Я. Давыдов, М. С. Филатов; опубл. 10.06.2015. Бюл. № 16.
5. Патент № 2455216 RU. Заявка № 2010142101 от 13.10.2010. Крутонаклонный ленточный конвейер / К. К. Мулухов, З. П. Беслекосва; опубл. 10.07.2012. Бюл. № 19.
6. Патент № 2589529 RU. Заявка № 2015107158 от 02.03.2015. Крутонаклонный ленточный конвейер / В. П. Макаров, В. Н. Чуркин, К. В. Кокарев, С. Я. Давыдов; опубл. 10.07.2016. Бюл. № 19.
7. Промышленные композиты. Возможности и перспективы / Ю. В. Холдинков [и др.]. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2016. 455 с.
8. Davydov S. Ya., Kashcheev I. D., Sychev S. N., Lyaptsev S. A. Tubular belt conveyer with turnover of the return run of the belt // Refractories and Industrial Ceramics. 2010. Vol. 51. P. 250–255.
9. Davydov S. Ya., Kashcheev I. D. Energy-saving pneumatic lift // Refractories and Industrial Ceramics. 2011. Vol. 1. P. 1–5.
10. Davydov Ya., Kosarev N. P., Valiev N. G., Boyarskikh G. A., Filatov M. S. Prerequisites for the Creation of energy-conserving constructions of tubular belt conveyors // Refractories and Industrial Ceramics. 2017. Vol. 57. No. 5. P. 462–466.
11. Lyashenko V. I., Gurin A. A., Topolniy F. F., Taran N. A. Justification of environmental technologies and means for dust control of trailing dumps surfaces of hydrometallurgical production and concentrating plants // Metallurgical and Mining Industry. 2017. No. 4. P. 8–17.

## References

---

1. Galkin V. I., Dmitriev V. G., Dyachenko V. P. *Sovremennaya teoriya lentochnykh konveyerov gornyh predpriyatiy* (The modern theory of belt conveyors of mining enterprises). Moscow: MCGU, 2005. –526 p.
2. Dyakov V. A., Shakhmeister L. G., Dmitriev V. G. *Lentochnye konveyery v gornoj promyshlennosti* (Belt conveyors in mining industry). Moscow: Nedra, 1982. 349 p.
3. Makarov V. N., Kokarev K. V., Makarov N. V., Churkin V. N. *Novye ogneupory* (New refractories), 2017, no. 3, pp. 31–32.
4. Patent № 152528 RU. Zayavka № 201414865 ot 02.12.2014. Krutonaklonny lentochny konveyer (Patent number 152528 RU. Application No. 201414865 dated 02.12.2014. Steeply inclined conveyor belt); S. Ya. Davydov, M. S. Filatov, published on 10.06.2015. Bul., no. 16.
5. Patent № 2455216 RU. Zayavka № 2010142101 ot 13.10.2010. Krutonaklonny lentochny konveyer (Patent number 2455216 RU. Application No. 2010142101 dated October 13, 2010. Steeply inclined belt conveyor); K. K. Mulukhov, Z. N. Beslekhoeva; publ. 10.07.2012. Bul., no. 19.
6. Patent № 2589529 RU. Zayavka № 2015107158 ot 02.03.2015. Krutonaklonny lentochny konveyer (Patent number 2589529 RU. Application No. 2015107158 dated 02.03.2015. Steeply inclined belt conveyor); V. N. Makarov, V. N. Churkin, K. V. Kokarev, S. Ya. Davydov; Posted. 10.07.2016. Bul., no. 19.
7. *Promyshlennye kompozity. Vozmozhnosti i perspektivy* (Industrial composites. Opportunities and prospects); Yu. V. Kholodnikov (ets). Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2016. 455 c.
8. Davydov S. Ya., Kashcheev I. D., Sychev S. N., Lyaptsev S. A. *Refractories and Industrial Ceramics* (Refractories and Industrial Ceramics), 2010, vol. 51, pp. 250–255.
9. Davydov S. Ya., Kashcheev I. D. *Refractories and Industrial Ceramics* (Refractories and Industrial Ceramics), 2011, vol. 1, pp. 1–5.
10. Davydov Ya., Kosarev N. P., Valiev N. G., Boyarskikh G. A., Filatov M. S. *Refractories and Industrial Ceramics* (Refractories and Industrial Ceramics), 2017, vol. 57, no. 5, pp. 462–466.
11. Lyashenko V. I., Gurin A. A., Topolniy F. F., Taran N. A. *Metallurgical and Mining Industry* (Metallurgical and Mining Industry), 2017, no. 4, pp. 8–17.

## Коротко об авторах

---

**Макаров Владимир Николаевич**, д-р техн. наук, профессор кафедры горной механики, Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия. Область научных интересов: науки о Земле, математическое моделирование uk.intelmedra@gmail.com

**Потапов Валентин Яковлевич**, д-р техн. наук, профессор кафедры горной механики, профессор, Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия. Область научных интересов: науки о Земле, математическое моделирование 2e1@inbox.ru

**Макаров Николай Владимирович**, канд. техн. наук, зав. кафедрой горной механики, Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия. Область научных интересов: науки о Земле, математическое моделирование mnikolay84@mail.ru

## Briefly about the authors

---

**Nikolay Makarov**, candidate of technical sciences, head of the Mining Mechanics department, Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia. Sphere of scientific interests: Earth sciences, mathematical modeling

**Valentin Potapov**, doctor of technical sciences, professor, Technical Mechanics department, Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia. Sphere of scientific interests: Earth sciences, mathematical modeling

**Vladimir Makarov**, doctor of technical sciences, professor, Mining Mechanics department, Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia. Sphere of scientific interests: Earth sciences, mathematical modeling

## Образец цитирования

---

**Макаров В. Н., Потапов В. Я., Макаров Н. В. Генезис эффективности крутонаклонного ленточного конвейерного транспорта // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2018. Т. 24. № 10. С. 32–39. DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-10-32-39.**

**Makarov V., Potapov V., Makarov N. Genesis of efficiency of steeply inclined belt conveyor transport // Transbaikal State University Journal, 2018, vol. 24, no. 10, pp. 32–39. DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-10-32-39.**

Статья поступила в редакцию: 17.05.2018 г.  
Статья принята к публикации: 03.12.2018 г.