

**В.Ф. Монастырский**, д-р техн. наук, профессор,  
**Р.В. Кирия**, канд. техн. наук, ст. научн. сотр.,  
**Д.А. Номеровский**, аспирант,  
**Д.Д. Брагинец**, магистр,  
**А.Ю. Силин**, магистр  
(ИГТМ НАН Украины)

## **ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ КРУТОНАКЛОННЫХ КОНВЕЙЕРОВ**

**В.Ф. Монастирський**, д-р техн. наук, професор,  
**Р.В. Кірія**, канд. техн. наук, ст. наук. співр.,  
**Д.А. Номеровський**, аспірант,  
**Д.Д. Брагінець**, магістр,  
**О.Ю. Сілін**, магістр  
(ІГТМ НАН України)

## **ОБГРУНТОВАННЯ КРИТЕРІЇВ ВИБОРУ ПАРАМЕТРІВ КРУТОПОХИЛИХ КОНВЕЄРІВ**

**V.F. Monastyrsky**, D.Sc. (Tech.), Professor,  
**R.V. Kiriya**, Ph.D. (Tech.), Senior Researcher,  
**D.A. Nomerovsky**, Doctoral Student,  
**D.D. Braginetz**, M.S (Tech.),  
**A. Yu. Silin**, M.S (Tech.)  
(IGTM NAS of Ukraine)

## **GROUND OF CRITERIA OF CHOICE OF PARAMETERS OF SEMI-STEEP CONVEYORS**

**Аннотация.** В работе представлены результаты исследований корреляционной связи между различными внешними факторами и параметрами конвейера общего назначения, которые позволили установить, что из всего числа значимых факторов наибольшее влияние на эффективность его работы оказывает крупность насыпного груза, так как снижается срок службы опорных элементов, повышается сопротивление движению ленты по роликоопорам и увеличиваются затраты на восстановление работоспособности конвейера.

Показано, что с повышением угла наклона конвейера корреляционная связь снижается ( $K_g = 0,3-0,5$ ). Для создания адекватной модели взаимосвязи между параметрами и факторами были обоснованы абсолютные (сложность эксплуатации, безопасность транспортирования насыпных грузов) и относительные (энергопотребление, надежность и стоимость) критерии. Приведены закономерности их изменения в зависимости от условий эксплуатации конвейера и установлены эффективные зоны его применения.

**Ключевые слова:** конвейер, лента, критерий, насыпной груз, крупность груза, тяговый орган, угол наклона, роликоопора, ролик, параметр, условия эксплуатации, закономерности.

Ленточные конвейеры общего назначения, которые обеспечивают транспортирование горной массы при циклично-поточной технологии открытых и подземных разработок, в настоящее время получили распространение в условиях глубоких карьеров с большой производительностью [1, 2].

Установлено, что эффективность их работы существенно зависит от соответствия параметров конвейера (длины транспортирования, мощности привода, надежности оборудования и угла наклона) условиям эксплуатации на горных предприятиях.

В технической литературе приведены результаты многочисленных исследований взаимосвязи указанных параметров с факторами, установленными Стандартом качества продукции [3–5]. Общая методология определения корреляционной связи между параметрами и факторами включает [6]:

- определение значимых факторов для заданных условий;
- исследование корреляционной связи между параметрами и значимыми факторами;
- обоснование критериев выбора конвейеров для заданных условий;
- исследование корреляционной связи между критериями и факторами.

При этом первоначально определяются парная и многофакторная корреляции, а затем, если полученные значения корреляционной зависимости не превышают 0,45, обосновывают критерии выбора конвейеров для заданных условий и определяют их взаимосвязь с исследуемыми факторами.

В работе [7], используя указанную выше методику, было установлено, что из всего числа значимых факторов наибольшее влияние на работу конвейера общего назначения оказывает крупность транспортируемого груза, так как снижается срок службы опорных элементов, повышается сопротивление движению ленты по роликоопорам, увеличивается сход ленты на конвейере и затраты на восстановление его работоспособности. При этом наблюдается тесная корреляционная связь между производительностью конвейера, мощностью, надежностью и крупностью насыпного груза ( $K_g = 0,6–0,75$ ), что позволяет создать адекватную модель взаимосвязи между ними и выбрать рациональные или оптимальные параметры конвейера.

С повышением угла наклона конвейера некоторые из вышеуказанных параметров (энергоёмкость транспортирования, скорость перемещения, длина конвейера, срок службы несущих элементов, шаг расстановки роликоопор и другие) начинают зависеть не только от крупности насыпного груза, но и от группы факторов, которые обусловлены другими условиями эксплуатации.

В этом случае для создания адекватной модели взаимосвязи между параметрами крутонаклонного конвейера (КНК) и различными факторами следует дополнительно использовать в качестве оценочных характеристик абсолютные и относительные критерии выбора КНК для заданных условий: коэффициент сложности эксплуатации КНК ( $K_{сэ}$ ); критерии: безопасности транспортирования крупнокусковых грузов ( $K_{б}$ ); относительного энергопотребления ( $K_{оэнер}$ ); относительной надежности ( $K_{он}$ ); относительной стоимости ( $K_{ок}$ ).

Первый критерий ( $K_{сэ}$ ) учитывает влияние всей совокупности факторов на параметры КНК и устойчивость насыпного груза на ленте. Значение  $K_{сэ}$  определяется для различных условий эксплуатации конвейеров методом экспертных оценок [7]. Установлено, что для предприятий, перерабатывающих руды черных и цветных металлов, значение  $K_{сэ}$  принимается 180 баллов; для предприятий, перерабатывающих бокситы, известняк, доломиты – 160 баллов; для

угольных предприятий – 150 баллов. Получены закономерности изменения показателей надежности, стоимости и качества конвейеров при транспортировании рудных и нерудных материалов.

Критерий безопасности транспортирования насыпного груза на ленте КНК определяется как вероятность появления одного из совмещенных событий:

– событие А – потеря устойчивости мелкокускового груза ( $a_{\max} \leq 0,1B_{л}$ ) на ленте КНК, где  $a_{\max}$  – максимальный размер куска груза;  $B_{л}$  – ширина ленты конвейера;

– событие В – потеря устойчивости крупных кусков ( $a_{\max} > 0,2B_{л}$ ) на ленте конвейера.

Вероятность совмещения двух случайных событий равна произведению вероятности одного из них на условную вероятность другого:

$$P(A \cdot B) = P(A) \cdot P(B/A), \quad (1)$$

где события А и В являются зависимыми случайными событиями;  $P(A)$  – вероятность появления события А;  $P(B/A)$  – условная вероятность события В при условии осуществления события А.

Согласно [8], насыпной груз представляет собой отдельные порции мелкокусковых фракций, между которыми размещены крупные куски  $a_{\max} \geq 0,4B_{л}$ . При разгрузке насыпных грузов с полотна питателя на ленточный конвейер крупные куски покидают питатель с задержкой относительно мелкокусковых фракций и между ними возникает разрыв сплошности грузопотока из-за изменения расхода. Отставание крупных кусков от мелкокусковых фракций существенно зависит от геометрических размеров кусков и параметров загрузочного устройства и может достигать нескольких метров. Образование пустот на ленте конвейера нарушает условие равновесия мелкокускового груза на наклонном конвейере, и под действием тангенциальной составляющей верхние его слои начинают скользить по линиям скольжения. При этом вероятность возникновения потери устойчивости груза определяется из выражения:

$$P(A) = \frac{n_A}{N}, \quad (2)$$

где  $n_A$  – количество крупных кусков  $a_{\max} \geq 0,4B_{л}$  в потоке груза;  $N$  – количество крупных кусков  $a_{\max} \geq 0,2B_{л}$  в потоке груза.

$N$  и  $n_A$  определяют экспериментально из гранулометрического состава поступающего на ленточный конвейер насыпного груза, считая, что 80 % кусков имеют форму параллелепипеда с соотношением сторон  $a:v:c = 1:0,5:0,3$ . При этом для каждой крупной фракции определяют значения  $N$ ,  $n_A$  и  $n_n$  – количество крупных кусков  $a_{\max} > 0,2B_{л}$ , которые при заданных условиях теряют устойчивость.

Вероятность потери устойчивости крупных кусков (условную) определяем из выражения:

$$P(B/A) = \frac{n_n}{n_A} \quad (3)$$

Значение  $n_n$  определяется теоретически. При этом, согласно [9], будем считать, что потеря устойчивости кусками происходит в момент, когда предельный угол транспортирования  $\beta_{Knp}$  станет равным или меньше нуля в выражении:

$$\beta_{Knp} = \varphi_{np} - \varphi_{об} - \psi, \quad (4)$$

где  $\varphi_{np} = 90^\circ$  – предельный угол потери устойчивости куска на ленте конвейера;  $\varphi_{об} = \alpha + \gamma_k$  – сумма угла наклона конвейера и угла, соответствующего отношению  $a/b$ ;  $\psi$  – угол подъема передней грани куска над роликом после его взаимодействия с ним.

Угол  $\psi$  определяется согласно [9]:

$$\sin \psi = \frac{2h_{cp}}{\sqrt{a^2 + b^2} \cos \varphi_{об}}, \quad (5)$$

$$\text{где } h_{cp} = \frac{a^2}{2l_p} (K_d - 1) - V_l^2 \sin^2 \varphi_l \cdot \frac{a^2 + b^2}{6ga^2} \cdot \frac{[3a^2 K_g m_{np} - m_k (a^2 + b^2)]}{[3a^2 m_{cp} + m_k (a^2 + b^2)]};$$

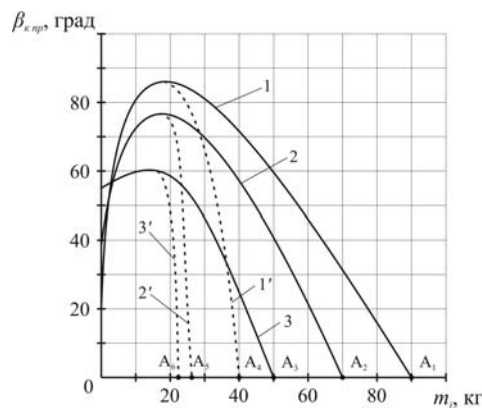
$K_d$  – коэффициент динамичности, значение которого определяется согласно [8];  $l_p$  – расстояние между роликоопорами;  $V_l$  – скорость движения ленты;  $\varphi_l$  – угол набегания куска на ролик;  $K_g$  – коэффициент восстановления после взаимодействия;  $m_{np} = \frac{m_k (a^2 + b^2)}{3a^2}$  – приведенная масса куска;  $m_k$ ,  $m_{cp}$  – соответственно массы куска и средняя для заданной фракции;  $g$  – ускорение свободного падения.

Закономерности изменения предельного угла транспортирования крупных кусков различной массы определяли для угла наклона конвейера 10 и 20 град и скорости движения ленты 1; 2; 3 м/с (рисунок 1). Точками А<sub>1</sub>–А<sub>6</sub> показаны моменты, когда  $\beta_{Knp} \leq 0$  (пересечение оси абсцисс). Этим точкам соответствует минимальная масса куска, при которой он теряет устойчивость. Расчеты по (4) с учетом (5) показывают, что с увеличением угла наклона и скорости движения ленты минимальная масса куска, при которой он теряет устойчивость, снижается от 90 кг (см. рис.1, кривая 1) до 20 кг (см. рис.1, кривая 3).

Согласно [8], масса крупных кусков является случайной величиной, распределение вероятностей которой подчиняется нормальному закону с оценками параметров  $\bar{m}$  и  $\sigma$  для насыпных грузов различного гранулометрического состава (рисунок 2). Если на отрезке  $-\sigma$ ,  $+\sigma$  массы кусков изменяются от  $m_k$  до  $m_{ki}$ , то при решении выражения (4) с учетом (5) всегда в пределах от  $m_k$  до  $m_{ki}$  появится масса  $m_{Knp}$ , при которой кусок потеряет устойчивость. Вероятность потери устойчивости куска на ленте определится из выражения:

$$P(B/A) = \frac{1}{2\pi} \int_{m_k(n_a)}^{m_k(n_n)} e^{-\frac{u^2}{2}} du = \frac{1}{2} [(t_1) - (t_2)], \quad (6)$$

где  $t_1 = \frac{x_1 - \bar{m}}{\sigma}$ ;  $t_2 = \frac{x_2 - \bar{m}}{\sigma}$  – параметры нормального распределения случайной величины;  $x_1, x_2$  – соответственно массы крупного куска, при которых теряется его устойчивость на ленте, и максимальная.



1, 2, 3 – при угле наклона 10 град и скорости 1; 2; 3 м/с;  
 1', 2', 3' – при угле наклона 20 град и скорости 1; 2; 3 м/с

Рисунок 1 – Закономерности изменения предельного угла транспортирования крупных кусков различной массы от угла наклона конвейера и скорости транспортирования

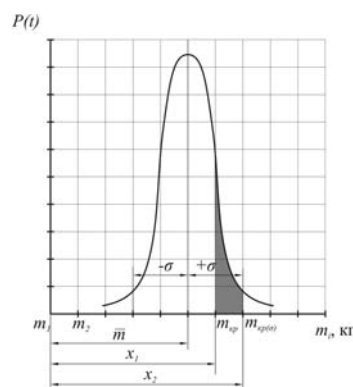


Рисунок 2 – Нормальный закон распределения вероятностей случайной величины массы крупных кусков в заданном объеме насыпного груза

Вероятность потери устойчивости крупных кусков (6) изменяется от 0,05 до 0,95 в зависимости от угла наклона конвейера и скорости транспортирования. Следовательно, критерий безопасности транспортирования насыпного груза на ленте КНК (крупные куски и мелкокусковые фракции), как вероятность совмещения двух случайных событий, оценивается (1) с учетом (2), (3) и (6).

Относительные критерии энергопотребления и надежности представляют собой обобщенные безразмерные величины, используемые при выборе эффективной области применения КНК для различных условий эксплуатации. Указанные величины являются результатом сравнения исследуемого параметра данного и эталонного конвейеров, что в общем виде может быть представлено:

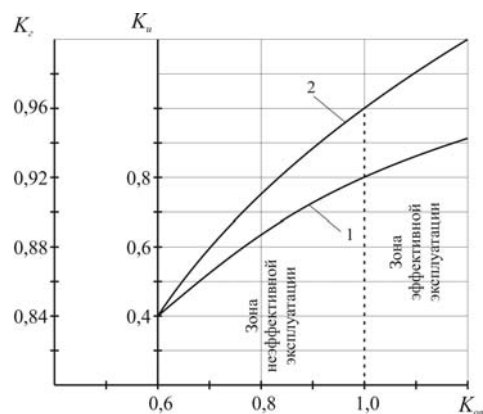
$$K_{om} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{K_i \delta_i}{K_{\text{э}}}}{\sum_{i=1}^n \delta_i}, \quad (7)$$

где  $K_i$ ,  $K_{\text{э}}$  – значения исследуемого параметра соответственно данного и эталонного конвейеров за  $i$ -тый промежуток времени;  $\delta_i$  – продолжительность работы конвейера в  $i$ -тый промежуток времени;  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  – порядковый номер промежутка времени.

Для использования формулы (7) необходимо иметь исходные данные, которые могут быть представлены в виде, например, диаграмм потребления энергии, изменения показателей надежности во времени или в виде выборок «параметр – доленое значение». При выборе эффективной области применения КНК необходимо учитывать достоверные граничные значения параметров, полученные на основании опыта эксплуатации и промышленных испытаний: коэффициент использования конвейера по энергопотреблению  $K_u = 0,8$  и коэффициент готовности  $K_g = 0,96$ . На рисунке 3 представлены закономерности изменения критериев энергопотребления и надежности с учетом граничных значений. Относительный критерий стоимости определяется из выражения:

$$K_{omc} = \frac{K_g K_3 + \mathcal{E}_3}{\mathcal{E}_\phi} / [K_{ок}], \quad (8)$$

где  $K_g = 0,15$  – коэффициент годовых отчислений;  $K_3$  – капитальные затраты на приобретение конвейера;  $\mathcal{E}_3$  – эксплуатационные затраты;  $\mathcal{E}_\phi$  – эффективность применения конвейера в заданных условиях;  $[K_{ок}]$  – достигнутый уровень окупаемости КНК. Граничные значения для срока окупаемости были установлены по опытным данным и составили 5 лет, ниже которых эксплуатация КНК неэффективна (рис. 4).



1 – по энергопотреблению; 2 – по показателю надежности  
Рисунок 3 – Зоны эффективности применения КНК

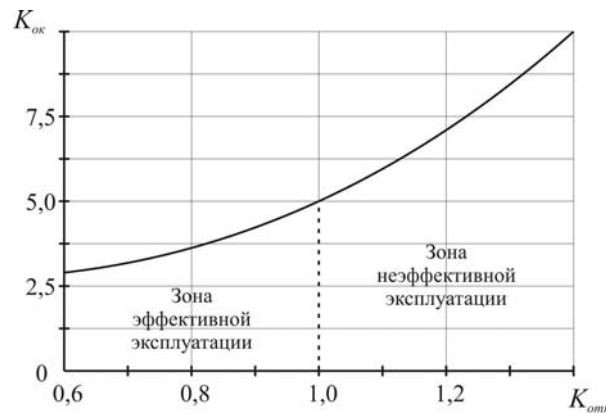


Рисунок 4 – Зони ефективності применения КНК по относительной стоимости

При выполнении сравнительных расчетов по формуле (8) для исследуемого КНК можно установить уровень его окупаемости по сравнению с достигнутым на отечественных и зарубежных предприятиях.

Абсолютные и относительные критерии были проверены на корреляционную связь с параметрами КНК (производительностью, показателями надежности, мощностью и скоростью транспортирования). Полученные значения корреляционной связи между ними свидетельствуют о возможности применения критериев в практических задачах по выбору КНК для различных условий эксплуатации.

На основании выполненных исследований можно сделать следующие **выводы**:

1. Обоснованы абсолютные и относительные критерии для выбора крутонаклонных конвейеров при малой корреляционной связи между его параметрами и внешними факторами.
2. Установлены зоны эффективного применения крутонаклонных конвейеров по критериям выбора.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спиваковский, А.О. Теория ленточных конвейеров / А.О. Спиваковский, В.Г. Дмитриев. – М.: Наука, 1982. – 192 с.
2. Коновалов, В. С. Области эффективного взаимодействия специальных и универсальных видов транспорта / В. С. Коновалов, Т. В. Короткина, Н. В. Рогожина. – М.: Транспорт, 1977. – 383 с.
3. Новиков, Е. Е. Теория ленточных конвейеров для крупнокусковых горных пород / Е. Е. Новиков, В. К. Смирнов. – Киев: Наук. думка, 1983. – 180 с.
4. Монастырский, В. Ф. Актуальные проблемы и тенденции развития Якутии на современном этапе / В. Ф. Монастырский, А. А. Гольдман, А. В. Юрченко. – М.: "Спутник", 2008. – 235 с.
5. Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий / В. И. Галкин, В. Г. Дмитриев, В. П. Дьяченко [и др.]. – М.: Из-во МГГУ, 2005. – 543 с.
6. Бусленко, Н. П. Моделирование сложных систем / Н. П. Бусленко. – М.: Наука, 1978. – 400 с.
7. Монастырский, С.В. Научное обоснование показателей качества ленточных конвейеров для адаптации их к различным условиям эксплуатации: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.06 / С.В. Монастырский. – Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2007. – 17 с.
8. Монастырский, В. Ф. Управление процессом формирования насыпного груза в элементах загрузочных устройств конвейера / В. Ф. Монастырский, С. В. Монастырский // Сб. трудов «Математические заметки». – Якутск: Новосибирск СО РАН. – 1998. – С. 152–159.
9. Влияние грансостава насыпного груза на устойчивость транспортирования крутонаклонными конвейерами / В. Ф. Монастырский, В. Ю. Максютенко, Р.В. Кирия, Д. Д. Брагинец, Д. А. Номеров-

ский // Щорічний науково-технічний збірник «Розробка родовищ» / VII Міжнар. наук.-практ. конф. «Школа підземної розробки». – Дніпропетровськ: «ЛізуновПрес», 2013. – С. 287–295.

## REFERENCES

1. Spivakovskiy, A.O. and Dmitriev, V.G. (1982), *Teoriya lentochnykh konveyerov* [Theory of belt conveyers], Nauka, Moscow, SU.
2. Konovalov, V.S., Korotkina, N.V. and Rogozhina, N.V. (1977), *Oblasti effektivnogo vzaimodeystviya spetsialnykh i universalnykh vidov transporta* [Regions of effective co-operation of types of transport special and universal], Transport, Moscow, SU.
3. Novikov, E.E. and Smirnov, V.K. (1983), *Teoriya lentochnykh konveyerov dlya krupnokuskovykh gornykh porod* [Theory of belt conveyers for large-lump mining rocks], Naukova dumka, Kiev, SU.
4. Monastyrsky, V.F., Goldman, A.A. and Yurchenko, A.V. (2008), *Aktualnye problemy i tendentsii razvitiya Yakutii na sovremennom etape* [Current problems and a tendency to of development of Yakutii on a modern stage], “Sputnik”, Moscow, Russia.
5. Galkin, V.I., Dmitriev, V.G. and Dyachenko, V.P. (2005), *Sovremennaya teoriya lentochnykh konveyerov gornykh predpriyatiy* [Modern theory of belt conveyers of mining enterprises], Iz-vo MGGU, Moscow, Russia.
6. Buslenko, N.P. (1978), *Modelirovanie slozhnykh sistem* [Design of the difficult systems], Nauka, Moscow, SU.
7. Monastyrsky, S.V. (2007), “The Scientific Substantiation of indexes of Tape Conveyors Quality for Adaptation to Various Conditions of Operation”, Abstract of Ph.D. dissertation, Main machines, M.S. Poljakov Institute of Geotechnical Mechanics under NAS of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine.
8. Monastyrsky, V.F. and Monastyrsky, S.V. (1998), “Managing the process of formation bulk cargo in the elements of download devices of conveyor”, *Matematicheskie zametki* [Mathematical notes], Novosibirsk SO RAN, Yakutsk, Russia, pp. 152–159.
9. Monastyrsky, V.F., Maksyutenko, V.Yu., Kiriya, R.V., Braginets, D.D. and Nomerovsky, D.A. (2013), “The influence of grain size on the stability of bulk cargo transportation steeply inclined conveyors”, *Shchorichny naukovo-tekhnichny zbirnyk “Rozrobka rodovyshch”* [Annual scientific and technical collection is «Development of deposits»] VII mizhnar. nauk.-prakt. konf. “Shkola pidzemnoi rozrobky” [VII Mignar. sciences.-pract. conf. «School of underground development»], Dnepropetrovsk, Ukraine, pp. 287-295.

## Об авторах

**Монастырский Виталий Федорович**, доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник в отделе физико-механических основ горного транспорта, Институт геотехнической механики им. Н. С. Полякова национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, [vfmon@mail.ru](mailto:vfmon@mail.ru)

**Кирия Руслан Виссарионович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник в отделе физико-механических основ горного транспорта, Институт геотехнической механики им. Н. С. Полякова национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, [kiriya\\_igtm@ukr.net](mailto:kiriya_igtm@ukr.net)

**Номеровский Денис Анатольевич**, аспирант в отделе физико-механических основ горного транспорта, Институт геотехнической механики им. Н. С. Полякова национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, [office.igtm@nas.gov.ua](mailto:office.igtm@nas.gov.ua)

**Брагинец Дмитрий Дмитриевич**, магистр, младший научный сотрудник в отделе физико-механических основ горного транспорта, Институт геотехнической механики им. Н. С. Полякова национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, [Braginets\\_Igtm@ukr.net](mailto:Braginets_Igtm@ukr.net)

**Силин Алексей Юрьевич**, магистр, инженер в отделе физико-механических основ горного транспорта, Институт геотехнической механики им. Н. С. Полякова национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, [office.igtm@nas.gov.ua](mailto:office.igtm@nas.gov.ua)

## About the authors

**Monastyrsky Vitaly Fedorovich**, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Professor, Senior Researcher in Department of Mining Transport Physics and Mechanics, M. S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM NAS of Ukraine), Dnepropetrovsk, Ukraine, [vfmon@mail.ru](mailto:vfmon@mail.ru)

**Kiriya Ruslan Vissarionovich**, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of Mining Transport Physics and Mechanics, M. S. Polyakov Institute of Geo-



technical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, [kiriya\\_igtm@ukr.net](mailto:kiriya_igtm@ukr.net)

**Nomerovsky Denis Anatolyevich**, Doctoral Student in Department of Mining Transport Physics and Mechanics, M. S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM NAS of Ukraine), Dnepropetrovsk, Ukraine, [office.igtm@nas.gov.ua](mailto:office.igtm@nas.gov.ua)

**Braginets Dmitriy Dmitrievich**, Master of Science, Junior Researcher in Department of Mining Transport Physics and Mechanics, M. S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM NAS of Ukraine), Dnepropetrovsk, Ukraine, [Braginets\\_Igtm@ukr.net](mailto:Braginets_Igtm@ukr.net)

**Silin Aleksey Juryevich**, Master of Science, Engineer in Department of Mining Transport Physics and Mechanics, M. S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM NAS of Ukraine), Dnepropetrovsk, Ukraine, [office.igtm@nas.gov.ua](mailto:office.igtm@nas.gov.ua)

---

**Анотація.** В роботі представлено результати досліджень кореляційного зв'язку між різними зовнішніми чинниками і параметрами конвеєра загального призначення, які дозволили встановити, що зі всього числа значущих чинників найбільший вплив на ефективність його роботи справляє крупність насипного вантажу, оскільки знижується термін служби опорних елементів, підвищується опір руху стрічки по роликкооперам і збільшуються витрати на відновлення працездатності конвеєра.

Показано, що з підвищенням кута нахилу конвеєра кореляційний зв'язок знижується ( $K_g = 0,3-0,5$ ). Для створення адекватної моделі взаємозв'язку між параметрами і чинниками були обгрунтовані абсолютні (складність експлуатації, безпека транспортування насипних вантажів) і відносні (енергоспоживання, надійність і вартість) критерії. Приведено закономірності їх зміни залежно від умов експлуатації конвеєра і встановлено ефективні зони його застосування.

**Ключові слова:** конвеєр, стрічка, критерій, насипний вантаж, крупність вантажу, тяговий орган, кут нахилу, роликкоопера, ролик, параметр, умови експлуатації, закономірності.

**Abstract.** The article presents findings on correlative dependence between various external factors and parameters of general-purpose conveyor which prove that among the total number of factors the most important one which significantly impacts on the efficiency of the conveyor operation is a size of the bulk cargo as it reduces life of supporting elements, increases tractive resistance of the belt on the roller carriage and increases costs of the conveyor restoration.

It is shown that with increasing angle of the conveyor inclination the correlative dependence decreases ( $K_g = 0,3-0,5$ ). To create an adequate model of such interdependence between parameters and factors absolute (operation complexity and safety of bulk cargoes transporting) and relative (power consumption, reliability and costs) criteria are determined. Regularities of their changes depending on conditions of conveyor operation and effective area for the conveyor usage are presented.

**Keywords:** conveyor, belt, criterion, bulk cargo, cargo size, traction body, inclination angel, roller carriage, roller, parameter, conditions of operation, regularities.

*Статья поступила в редакцию 15.12.2013*

*Рекомендовано к печати д-ром техн. наук В.П. Надутым*

УДК 622. 647.2:620. 178.7 - 75

**В.П. Надутый**, д-р техн. наук, профессор,  
**С.М. Бро**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.  
(ИГТМ НАН Украины),  
**Д.В. Белюшин**, инженер  
(Запорожский железорудный комбинат)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ  
ПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА  
ПРИ УДАРНЫХ НАГРУЗКАХ**

**В.П. Надутый**, д-р техн. наук, профессор,  
**С.М. Бро**, канд. техн. наук, ст. науч. співр.  
(ИГТМ НАН України),  
**Д.В. Белюшин**, інженер  
(Запорізький залізорудний комбінат)

**ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ  
ПРИЙОМНОГО ПРИСТРОЮ СТРИЧКОВОГО КОНВЕЄРА  
ПРИ УДАРНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ**

**V.P. Naduty**, D.Sc. (Tech.), Professor,  
**S.M. Bro**, Ph.D. (Tech.), Senior Researcher  
(IGTM NAS of Ukraine)  
**D.V. Beliushin**, M.S. (Tech.)  
(Iron-ore combine of Zaporozhye)

**INVESTIGATION OF DEFORMATION PARAMETERS  
FOR THE BELT CONVEYOR RECEIVING MECHANISM  
UNDER THE IMPACT LOADS**

**Аннотация.** При загрузке ленточных конвейеров кусковой горной массой лента испытывает значительные ударные нагрузки, что существенно сокращает ее срок службы и нарушает работу конвейера. Для ослабления действия удара на ленту при падении горной массы предусматриваются различные устройства. В данной работе рассмотрено одно из них, которое состоит из двух отрезков ленты, расположенных параллельно под верхней ветвью ленты конвейера. Оба отрезка подпружинены, что натягивает их по мере ослабления. Таким образом, устройство представляет собой батут двухслойный, который расположен под рабочей лентой в местах ее загрузки. Для выбора параметров устройства для различных типоразмеров предохраняемых лент и условий загрузки возникла необходимость разработки метода расчета деформационных и конструктивных параметров элементов приемного устройства при ударных нагрузках. Целью работы являлась разработка математической модели процесса соударения и, с учетом исходных данных, определение усилий и деформаций рабочей ленты и элементов приемного устройства. Рассмотрен центральный удар единичного куса горной массы по движущейся ленте. Определены статические и динамические прогибы, усилия, коэффициенты динамичности, которые испытывают рабочая лента и оба отрезка ленты приемного устройства с учетом их геометрии, жесткостных параметров и энергии удара.