

3-3-2020

FORCED LARGE LOAD LOADS BY CONVEYOR BELT

A.Yu. Zakharov

Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev , Kemerovo, Russia, zaharovau@kuzstu.ru

N.V. Erofeeva

Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev , Kemerovo, Russia, env.stm@kuzstu.ru

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/gorvest>



Part of the [Other Engineering Commons](#)

Recommended Citation

Zakharov, A.Yu. and Erofeeva, N.V. (2020) "FORCED LARGE LOAD LOADS BY CONVEYOR BELT," *Gorniy vestnik Uzbekistana*: Vol. 2020 : Iss. 1 , Article 3.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/gorvest/vol2020/iss1/3>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Gorniy vestnik Uzbekistana by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

ПРИНУДИТЕЛЬНАЯ СЕГРЕГАЦИЯ НАСЫПНОГО ГРУЗА ПО КРУПНОСТИ НА КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЕ

Maqolada konveyer transportidan foydalanganda dinamik yuklamani kamaytirish maqsadida yukning katta qismini konveyer tasmasidan maydalangan to'kilma vositasi yordamida qoplama qilish taklif etilgan. Yuklangan "belbog" ostidagi to'kilma yukni majburan saralovchi qurilmani o'rnatish va undan foydalanish ko'rsatib berilgan. Konveyerdagi tashilayotgan yuk asosiy qismining xarakatini matematik modeli ishlab chiqilgan.

Tayanch iboralar: qoplama, ichki ishqalanish koeffitsenti, to'kilish, ta'biy nishablik burchagi, matematik modell.

Предложено изолировать крупный кусок от конвейерной ленты слоем мелких частиц насыпного груза для снижения динамических нагрузок. Предлагается установить под грузовой лентой устройство для принудительной сегрегации насыпного груза. Разработана математическая модель поведения крупного куска на конвейерной ленте.

Ключевые слова: изоляция, коэффициент внутреннего трения, насыпь, угол покоя, математическая модель.

Крупнокусковые грузы, транспортируемые ленточными конвейерами, как правило, не сортированы. В общем потоке можно наблюдать фракции различной кусковатости от 0-150 мм до 400-600 мм. В работе [1] приведены экспериментальные исследования частоты прохождения крупных кусков на действующих конвейерах, которые показывают, что интервал транспортирования кусков груза 300-500 мм составляет 1-2 м, а кусков свыше 500 мм составляет 80 м.

При транспортировании крупнокусковых грузов ленточными конвейерами происходит динамическое воздействие крупных кусков на ленту при прохождении по роликоопоре. В ленте конвейера накапливаются усталостные напряжения. Срок службы лент в конвейерах с жестким ставом и жесткими роликоопорами, транспортирующих крупнокусковые скальные породы, значительно ниже, чем в тех же конвейерах при транспортировании мягких пород. Основным фактором повышения срока службы лент является уменьшение величины ударных нагрузок по ленте на линейном ставе конвейера.

Присутствие на ленте мелкокускового груза совместно с крупными кусками уменьшает силу взаимодействия за счет создания изолирующей подушки и создает лучшие условия для работы конвейера. Сформировать такую подушку можно либо в зоне загрузки, применяя загрузочное устройство с колосниками, либо по ходу движения ленты, используя явление сегрегации груза под воздействием вибрации, неизбежно возникающей на роликоопорах [2, 3]. Однако при применении колосников возможно забивание крупными фракциями пространства в решетке, в результате чего могут возникать просыпи и, кроме того, происходит переизмельчение транспортируемого груза. Интенсифицировать процесс разделения фракций по крупности можно воздействием ударно-вибрационного характера на грузую ветвь ленточного конвейера. Устройство наносит через определенный промежуток времени удары по нерабочей обкладке ленты. При прохождении куска через устройство по нему будет нанесено определенное количество ударов.

Целесообразно рассмотреть наиболее тяжелый для конвейера с точки зрения проходящих на него нагрузок случай: положение крупного куска непосредственно на ленте, причем согласно Новикову Е.Е. кусок уложен на ленту длинной стороной вдоль ленты и засыпан мелкокусковым грузом [4].

Принимаем следующие допущения:

- коэффициент заполнения поперечного сечения ленты - 100%;
- крупный кусок находится в среде мелкокускового насыпного груза, к которому применимы законы сыпучего тела;
- крупный кусок имеет форму параллелепипеда с соотношением сторон [4]:

$$a : c : b = 1 : \frac{c}{a} : \frac{b}{a} = 1 : 0,67 : 0,43;$$

Захаров А.Ю.,
профессор кафедры
«Горных машин и комплексов» Кузбасского государственного технического университета
им. Т.Ф. Горбачева, д.т.н.



Ерофеева Н.В.,
доцент кафедры «Горных машин и комплексов» Кузбасского государственного технического университета
им. Т.Ф. Горбачева, к.т.н.



– крупный кусок, окружает достаточное количество груза мелкой фракции.

При прохождении крупнокускового груза через ударное устройство явно наблюдается две фазы движения крупного куска под воздействием удара (рис. 1):

- вращение куска относительно точки O при ударах, приходящихся на первую по ходу движения половину куска;
- фиксация положения точки O' и вращение куска относительно этой точки при ударах, приходящихся на вторую по ходу движения половину куска.

Условно считаем, что кусок получает первый ударный импульс в точку O' нижней грани, как показано на рис. 1а. В процессе удара кусок разворачивается на некоторый угол α так, что точка O' куска приподнимается на высоту h_1 (рис. 1б). При этом кусок движется совместно с лентой со скоростью V_n . Продвинувшись на расстояние D кусок получает второй импульс, однако сила удара непосредственно по куску снижена на величину, пропорциональную толщине подсыпавшейся прослойки между куском и лентой. Несмотря на снижение силы удара, кусок продолжает движение, которое приводит к еще большему разворачиванию куска относительно точки опоры O . Положение куска показано на рис. 1в. При прохождении центра тяжести куска ударного устройства происходит изменение точки опоры и соответственно центра вращения с O на O' . Предполагается, что под кусок подсыпалась масса мелкокускового груза. При таком изменении происходит разворачивание второй по ходу движения половины куска относительно точки O' , причем учитывается движение по инерции до момента следующего удара. Далее при нанесении удара по второй половине точка O куска приподнимается на величину h_3 (рис. 1с), а при следующем нанесении удара – до h_4 (рис. 1д). Далее кусок уходит от ударного механизма, однако под действием силы инерции кусок может продолжать разворачиваться, поднявшись на величину h_5 . Наиболее благоприятным случаем с точки зрения воздействия куска на ленту является горизонтальное положение (рис. 1е).

Движение крупного куска в среде насыпного груза определим математически. При прохождении ударного механизма на кусок действуют следующие силы: сила тяжести куска G , реакции в точках опирания куска на ленту R , сила F ударного воздействия, силы F_b боковых давлений и силы трения F_{tr} на соответствующие грани куска, вес G_{vc} вышележащего слоя насыпного груза, а также возникающая под действием веса G_{vc} сила трения F_t (рис. 2 а).

Считаем, что кусок после первого удара разворачивается относительно точки O на некоторый угол α . Дифференциальные уравнения вращения твердого тела относительно неподвижной точки будут иметь вид:

$$J \frac{\partial^2 \alpha}{\partial t^2} = \sum M_G + \sum M_{G_{vc}} + \sum M_{F_{tr}} + \sum M_{F_b} + M_F, \quad (1)$$

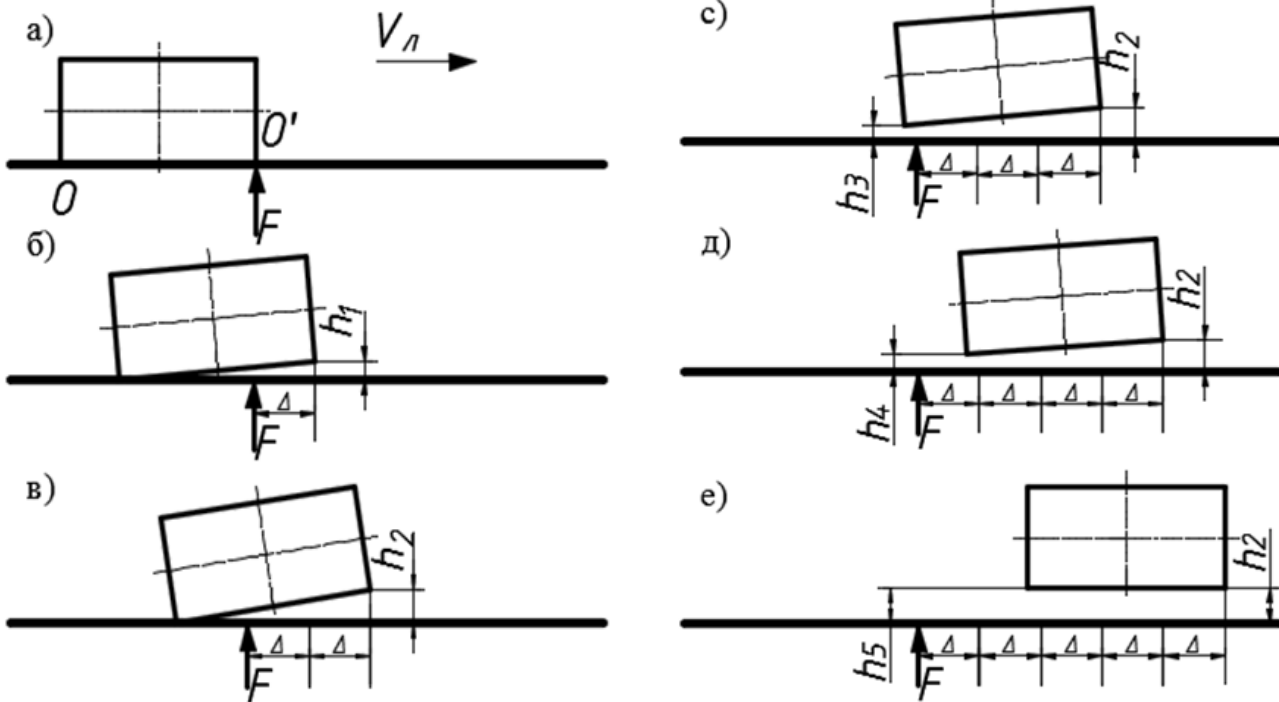


Рис.1. Фазы движения куска под воздействием внешней ударной силы: а, б, в - первая фаза; с, д, е - вторая фаза

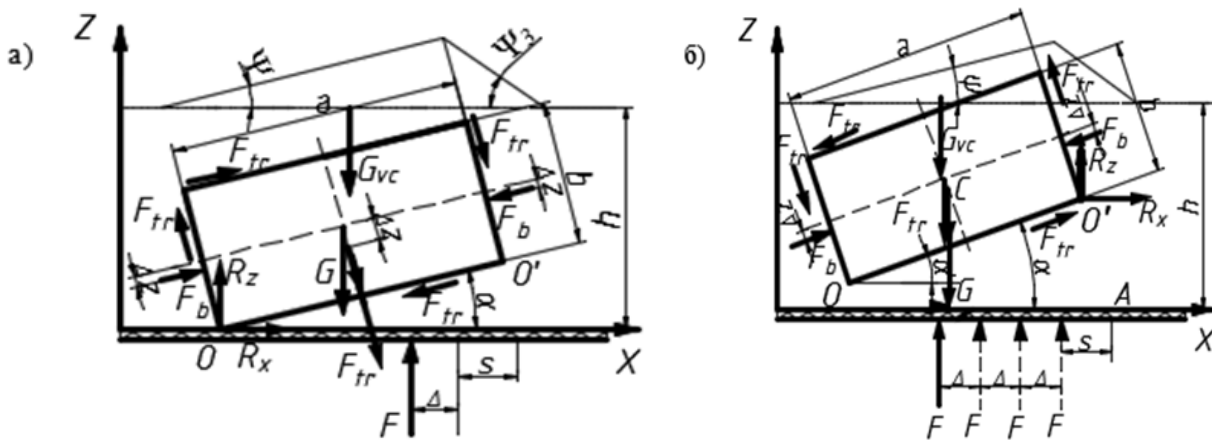


Рис. 2. Схема действия приложенных на кусок сил под воздействием удара: а) по первой половине куска; б) по второй половине куска по ходу движения

где α – угол поворота куска;

t – текущее время;

J – момент инерции куска;

$\sum M_G$ – момент от веса крупного куска;

$\sum M_{Gvc}$ – сумма моментов от веса вышележащего слоя насыпного мелкокускового груза на крупный кусок;

$\sum M_{Ftr}$ – сумма моментов действующих на крупный кусок сил трения на все грани;

$\sum M_{Fb}$ – сумма моментов действующих на боковые грани крупного куска сил давления насыпного материала;

M_E – момент от силы ударного воздействия.

Боковое давление определяется согласно формуле Р.Л. Зенкова [5]:

$$\sigma = h_{pr} \cdot \rho_0 (\sin^2 \alpha + m \cos^2 \alpha)$$

где m – коэффициент подвижности материала;

h_{pr} – приведенная высота слоя насыпного груза;

ρ_0 – насыпная плотность транспортируемого мелкокускового материала.

Для идеально сыпучего тела коэффициент подвижности не зависит от величины нормального давления и для данного тела является постоянной величиной [5]:

$$m = 1 + 2f^2 - 2f\sqrt{1+f^2}$$

где f – коэффициент внутреннего трения.

Для сыпучего тела со свободной поверхностью высота слоя материала рассчитывается приближенным способом, основанным на замене поперечного сечения треугольной формы на прямоугольную. В качестве расчетной высоты слоя материала подставляется приведенная высота слоя материала [5]:

$$h_{np} = h - \frac{B_0 t g \rho}{4}$$

где h – максимальная высота слоя насыпного груза на конвейерной ленте;

r – угол естественного откоса в движении;

B_0 – расстояние, занимаемое насыпным грузом по ширине ленты.

Точка приложения силы бокового давления (центр давления) расположена ниже центра тяжести площади грани куска на расстоянии:

$$\Delta z = \frac{J}{z \cdot S}$$

где J – момент инерции площади S относительно соответствующей оси;

z – положение центра тяжести грани куска;

S – площадь грани.

Выражение для определения момента сил бокового давления насыпного груза на крупный кусок будет выражаться:

$$M_{F_b} = -a \sin \alpha \cdot \rho_0 (\sin^2 \alpha + m \cos^2 \alpha) \cdot c \cdot \frac{b^2}{6} \quad (2)$$

Сила трения, действующая по всем граням, определится как

$$M_{F_r} = - \left(h - \frac{c \cdot \text{tg} \rho}{2} - (B_0 - c) \frac{\text{tg} \rho}{4} - \frac{B_0 - B_1}{4} \text{tg} \lambda - a \sin \alpha \right) \cdot \rho_0 \cdot m \cdot a \cdot b \cdot f_1 \cdot \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{3}\right)^2} - \left(h - \frac{B_0 \text{tg} \rho}{4} - a \sin \alpha - \frac{b \cos \alpha}{2} \right) \cdot \rho_0 (\sin^2 \alpha + m \cos^2 \alpha) \cdot c \cdot b \cdot a \cdot f_1 - \left(\sum \Omega_{vc} \cdot a - \frac{1}{4} a^2 \text{tg}(\alpha - \psi) \cdot c \right) \rho_0 \cos \alpha \cdot b \cdot f_1, \quad (3)$$

где ψ – угол естественного откоса в движении со встряхиванием;

$\sum \Omega_{vc}$ – суммарная площадь вышележащего слоя насыпного груза в сечении;

B_1 – ширина части конвейерной ленты, опирающейся на центральный ролик;

f_1 – коэффициент трения мелкокусового насыпного груза о крупный кусок;

λ – угол наклона боковых роликов в роlikоопоре.

Момент от веса вышележащего слоя с учетом скатывания груза при достижении угла наклона куска, равного углу естественного откоса в движении, и учета уменьшения веса вышележащего слоя груза на коэффициент трения по периметру куска от действия сил бокового давления на вышележащий слой определится:

$$M_{G_{vc}} = \left(\left(\sum \Omega_{vc} \cdot a - \frac{1}{4} a^2 \text{tg}(\alpha - \psi) \cdot c \right) \cdot \rho_0 - (a + c) \cdot (h - b)^2 \cdot \rho_0 \cdot m \cdot f_1 \right) \cdot \left(z_c \sin \alpha - \frac{a}{2} \cos \alpha \right), \quad (4)$$

где Z_c – расстояние до центра тяжести вышележащего слоя насыпного груза по оси y .

В результате движения куска на конвейерной ленте точка приложения ударного импульса постоянно смещается по длине куска, поэтому момент от ударной силы определится:

$$M_F = k \cdot F \cos \alpha \cdot (a - s - \Delta), \quad (5)$$

где k – коэффициент, учитывающий ослабление силы удара, воздействующей на кусок, за счет упруго-вязких деформаций насыпного груза;

s – расстояние между первым нанесенным ударом и точкой O' куска;

Δ – расстояние, пройденное куском между ударами.

При воздействии ударного импульса на вторую по ходу движения половину куска точкой опоры становится O' , что приводит к изменению направления действия сил (рис. 2 б).

Выражение момента сил бокового давления насыпного груза на крупный кусок принимает положительное значение, а в формуле момента силы трения, действующей по боковым граням, добавится при определении приведенной высоты слоя материала выражение

$$a(\sin \alpha - \sin \alpha'),$$

где α' – угол наклона куска при воздействии ударных импульсов на вторую по ходу движения половину куска.

После соответствующей подстановки выражений в уравнение (1) не трудно заметить, что полученное выражение для определения траектории движения куска не имеет аналитического решения, и поэтому решалось численно улучшенным методом Эйлера.

Расчет выполнялся по специально разработанной программе в среде Delfi согласно алгоритму, указанному в работе [6]. При воздействии ударов на первую по ходу движения половину куска в уравнение (1) подставлялись моменты, рассчитанные по формулам (2)-(5). Начальные условия при $t = 0$ задавались $\alpha_0 = 0$ и $\alpha_1 = 0$.

При нанесении ударов по второй половине значение α обо, алось через α' , и в уравнение подставлялись преобразованные выражения. Начальные условия определялись как

$$\alpha'_{i-1} = -\alpha_k \text{ и } \alpha'_i = c_k \cdot \tau - \alpha_k$$

где c_k – угловая скорость;

τ – приращение по времени;

k – количество итераций первой фазы движения.

Результаты расчетов траектории движения точек O и O' куска массой 17 кг и габаритными размерами 300x201x129 приведены на рис. 3.

Скорость движения конвейерной ленты – 2 м/с. Импульс ударной силы принят прямоугольной формы с продолжительностью воздействия удара на кусок 0,02 с и продолжительностью паузы $t_i = 0,02$ с.

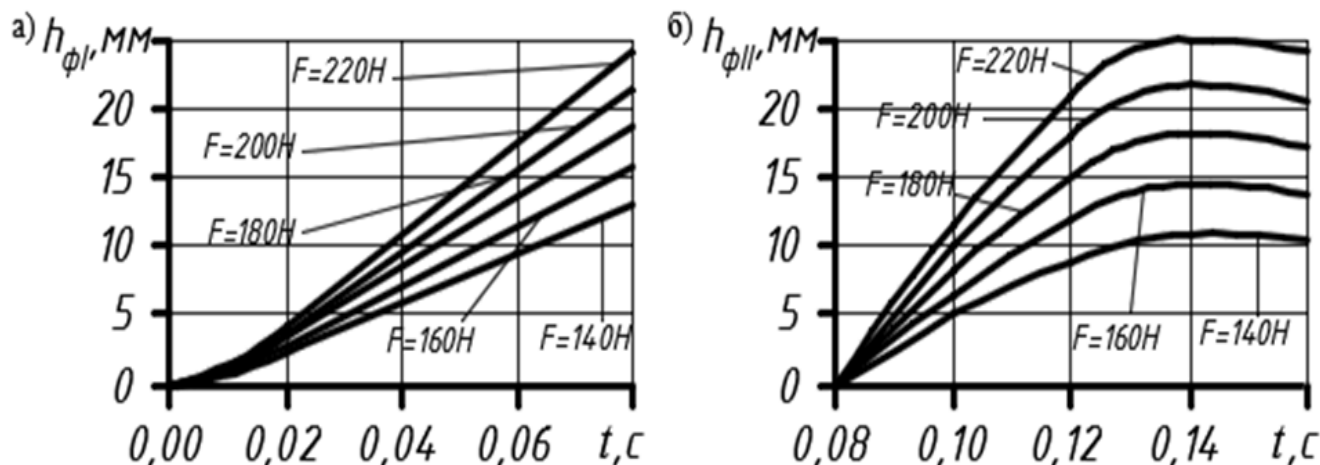


Рис. 3. Траектория движения точек куска при $s=40$ мм: а - точки O' куска до момента времени 0,08 с; б - точки O куска с момента времени 0,08 до 0,16 с

Расчетное время прохождения половиной куска ударного устройства составляет 0,075 с. Расчет проведен для значений силы ударного воздействия от 140 до 220 Н (рис. 3а). Из графика траектории движения куска видно, что с ростом амплитуды силы ударного воздействия происходит увеличение высоты h_{01} подъема точки O^1 в первую фазу движения (рис. 3а), а во вторую фазу движения точка O поднимается в первый период (рис. 3б), а затем опускается в связи с поглощением силы ударного воздействия фракцией мелкокускового груза. Так, при воздействии на кусок с силой 160 Н точка O^1 успевает при проходе ударного устройства подняться на высоту 16 мм от ленты, а за период второй фазы точка O приподнимается на величину 14 мм, таким образом кусок практически разворачивается до горизонтального положения.

В случае если транспортируемый груз содержит достаточное количество мелких фракций до 14,16 мм насыпного груза, то такое положение куска обеспечит снижение динамического воздействия куска на

ленту в момент прохождения роликоопор согласно экспериментам в 2 раза. В зависимости от конструкции ударного устройства первый удар может приходиться на некотором расстоянии от точки O^1 куска, равно $S=V_n t_1$. При расчетах рассматривался самый неблагоприятный случай, когда первый удар по куску попадает на расстоянии $S=40$ мм от точки O^1 (рис. 2). Возможны случаи, при которых первый удар приходится на расстоянии s от точки O^1 меньше определенного по вышеуказанной формуле, вплоть до попадания непосредственно в точку O^1 куска.

Таким образом, полученная математическая модель процесса движения крупного куска в среде мелкокускового насыпного груза позволит провести поиск рациональных значений параметров ударного воздействия, например по критерию минимума энергоемкости, и определить требуемые параметры виброударного устройства для различных условий транспортирования горной массы ленточными конвейерами.

Библиографический список:

1. Монастырский В. Ф., Демин Г. К. О силе динамического взаимодействия крупнокускового груза с роликоопорами ленточного конвейера. В кн.: Динамика и прочность горных машин. Вып. № 3, Киев, 1975, - С. 112–118.
2. Захаров А. Ю., Ерофеева Н. В. Вибрация ленты и рабочие процессы конвейера // Вестн. Кузбасс. гос. техн. ун-та. – 2015. – № 6. – С. 78–83.
3. Захаров А. Ю., Ерофеева Н. В. Исследование естественной сегрегации насыпного груза на ленточном конвейере // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири: тез. докл. IX междунар. науч.-практ. конф. 1–2 нояб. 2012 г. / Кемерово: Кузбасс. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2012. – С. 124–126.
4. Новиков Е. Е., Смирнов В. К. Теория ленточных конвейеров для крупнокусковых горных пород. Киев: Наук. думка, 1983. – 184 с.
5. Зенков Р. Л. Механика насыпных грузов (основания расчета погрузочно-разгрузочных и транспортных устройств). – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1964. – 251 с.
6. Захаров А. Ю., Ерофеева Н. В. Моделирование движения одиночного крупного куска на конвейерной ленте под действием виброударника // Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах: Материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. Том 1. – Кемерово, 15–16 нояб. 2007. – С. 206–208.

"GORNII VESTNIK UZBEKISTANA", 2020, №1 (80) pp. 34-37

FORCED LARGE LOAD LOADS BY CONVEYOR BELT

¹Zakharov A. Yu., Professor, Doctor of Technical Sciences, zaharovau@kuzstu.ru

¹Erofeeva N. V., Associate Professor, Ph.D, env.stm@kuzstu.ru

¹Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev, Kemerovo, Russia

Abstract:

The authors proposed the isolation of a large piece from the conveyor belt with a layer of small particles of bulk cargo to reduce dynamic loads. They suggest installing a device for forced segregation of bulk cargo under a loaded belt. The authors developed a mathematical model for the behavior of a large piece on a conveyor belt.

Keywords: belt conveyor, Insulation, coefficient of internal friction, mound, angle of repose, mathematical model.

References

1. Monastic V.F., Demin G.K. On the strength of the dynamic interaction of lumpy cargo with roller bearings of a conveyor belt. In: Dynamics and Strength of Mining Machines. Vol. No. 3, Kiev, 1975, - pp. 112–118.
2. Zakharov A. Yu., Erofeeva N. V. Belt vibration and conveyor workflows // Vestn. Kuzbass. state tech. un-that. - 2015. - No. 6. - pp. 78–83.
3. Zakharov A. Yu., Erofeeva N. V. The study of natural segregation of bulk cargo on a conveyor belt // Natural and intellectual resources of Siberia: abstract. doc. IX international scientific-practical conf. November 1-2 2012 / Kemerovo: Kuzbass. state tech. un-t - Kemerovo, 2012. -- pp. 124–126.
4. Novikov E.E., Smirnov V.K. Theory of conveyor belts for lumpy rocks. Kiev: Science. Dumka, 1983. - 184 p.
5. Zenkov R.L. The mechanics of bulk cargo (the basis for the calculation of loading and unloading and transport devices). - 2nd ed. - M.: Mechanical Engineering, 1964. -- 251 p.
6. Zakharov A. Yu., Erofeeva N. V. Modeling the movement of a single large piece on a conveyor belt under the action of a vibrodrum // Life safety of enterprises in industrialized regions: Materials of the VII Intern. scientific and practical conf. Volume 1. - Kemerovo, November 15–16. 2007. - pp. 206–208.