

УДК 621.87

Захаров Александр Юрьевич¹, доктор техн. наук, профессор, Ерофеева Наталья Валерьевна¹, кандидат техн. наук, доцент

¹Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

E-mail: auzaharov@rambler.ru

ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА КОНВЕЙЕРНУЮ ЛЕНТУ

Аннотация: *Актуальность работы.* Лента является самым дорогостоящим элементом конвейера, поэтому срок службы ленты существенно влияет на экономичность перевозок. Динамические нагрузки различных видов вызывают в ленте усталостные напряжения, а критические значения этих нагрузок могут вызвать нарушение ее целостности и преждевременный выход из строя. В некоторых случаях повреждение ленты вызывает аварийный простой конвейера и оборудования, связанного с ним.

Цель работы: снижение динамических нагрузок на конвейерную ленту.

Методы исследования: произведен анализ информации по публикациям, касающимся вопросов динамических нагрузок на конвейерную ленту при транспортировании крупнокузовых грузов.

Результаты: классифицированы причины возникновения нагрузок, выделены способы снижения динамических нагрузок в ленточных конвейерах, транспортирующих кусковые грузы.

Ключевые слова: динамические нагрузки, ленточный конвейер, роlikоопора, сегрегация, насыпной груз, крупнокузовная порода.

Информация о статье: принята 01 декабря 2018 г.

DOI: 10.26730/1816-4528-2018-6-3-13

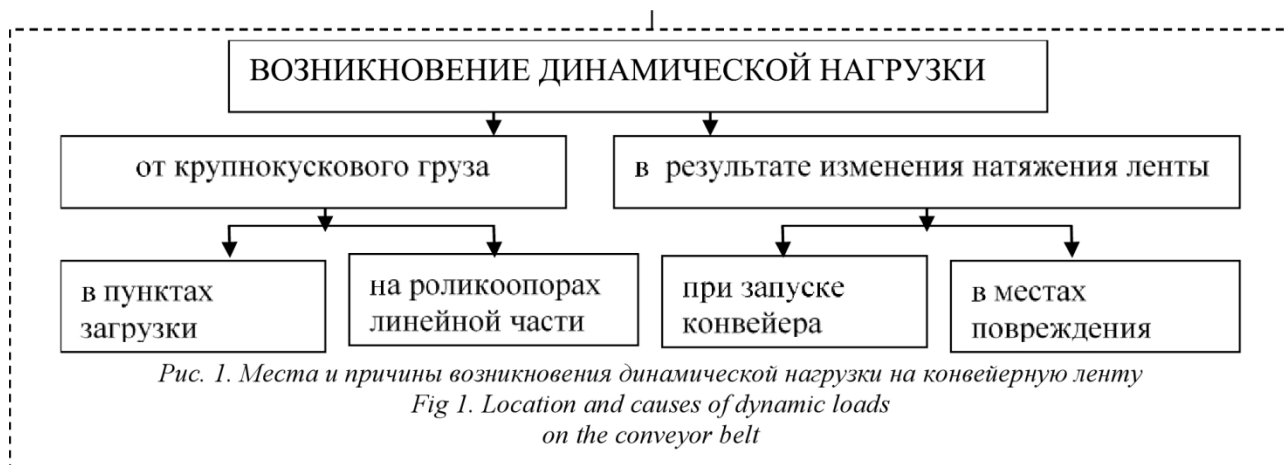
Все более широкое применение получают ленточные конвейеры в горной промышленности. Насыпной груз, перемещаемый ленточными конвейерами, имеет различный фракционный состав – от порошкообразного до крупнокузовного. Так, в рядовом угле, транспортируемом конвейерами на разрезах, содержание фракций 0–100 мм составляет до 62 %, класса 200–300 мм и выше – до 17 % [1]. В зависимости от технологии ведения взрывных работ на карьерах выход негабарита составляет от 5 до 15 % от общей массы отбитой породы [2]. В работе [3] представлены данные о гранулометрическом составе разрушенного угольного массива при прохождении конвейерного штрека проходческим комбайном ГПКС. Выход класса 0–25 мм составляет 81,8 %, более 100 мм – 5,2 %.

Анализ представленных данных показывает следующую структуру перемещаемого груза: на ленте конвейера располагается мелкозернистый (мелкокузовый) груз, в среде которого произвольно размещаются крупные куски груза. Кусок, согласно исследованиям Новикова Е. Е. и Смирнова В. К., как правило, укладывается длинной стороной вдоль ленты. Вероятность совместного падения на ленту двух кусков не превышает 1/169 [4].

При загрузке насыпного груза на ленточный конвейер в местах падения крупных кусков возникают

значительные по величине динамические нагрузки на ленту и опорную часть конвейера в месте загрузки. Наибольшие динамические нагрузки вызывают куски прямоугольной формы с низко расположенным центром тяжести [5] и крупностью более 150 мм. Кроме того, движение крупных кусков по ставу ленточных конвейеров сопровождается динамическими нагрузками на ленту и подшипники роликков. Величина динамических нагрузок может быть определена коэффициентом динамичности, который для линейных секций составляет в зависимости от свойств транспортируемого материала от 1,25 до 2,5, а для мест загрузки – от 1,75 до 3,5 [6]. По данным работы [7] ударные усилия при падении груза в десятки раз превосходят динамические нагрузки, действующие на ленту при проходе ее с грузом над роlikоопорами линейного става конвейеров.

От действия высоких динамических нагрузок при загрузке конвейера лента может получить повреждения следующих видов: срыв верхней обкладки, ее пробой, порезы, задиры, отслоение, пробой верхних прокладок и их порывы [8, 9]. Движение крупных кусков по ставу сопровождается продольными и поперечными смещениями, при большой скорости возможен отрыв от ленты с последующим падением после прохождения роlikоопор и



колебательным поперечным движением на ленте в пролете между роlikоопорами. Поэтому кроме усталостного износа возникает также абразивный износ верхней обкладки [10, 11].

Запуск конвейера вызывает существенные динамические нагрузки в ленте, особенно при «жестком» запуске, когда вся мощность приводных двигателей прикладывается к участку ленты, находящемуся в зоне приводной станции. Плавный запуск значительно снижает динамические нагрузки [12], однако на приводных барабанах непрерывно происходит значительное изменение натяжения ленты [13] (рис. 1).

В работе [14] показано, что динамические нагрузки на конвейерную ленту возникают и в случае неравномерного натяжения участка ленты между роlikоопорами. Ситуацию усугубляет повреждение конвейерной ленты. В этом случае перед очагом повреждения ленты возникает повышенное усилие натяжения, а за участком – недостаточное по сравнению с неповрежденным участком усилие. В результате появления динамических нагрузок может произойти разрыв тягового органа в районе повреждения.

Таким образом, при транспортировании горной массы ленточными конвейерами лента получает наибольшее число повреждений в загрузочном пункте и по длине става от взаимодействия с транспортируемым грузом [5, 15]. В работе [11] установлено, что на конвейерах длиной 25–50 м удельный вес износа на роlikоопорах незначительный и составляет 10–15 % от общего износа обкладки. На конвейерах длиной 800 м удельный вес износа обкладки на роlikоопорах является уже определяющим и достигает 85 %. Поэтому для ленточных конвейеров длиной до 200–250 м основным фактором, определяющим срок службы ленты, является условие их загрузки [16]. На длинных конвейерах – износ на роlikоопорах.

Для увеличения срока службы лент необходимо стремиться к уменьшению величины динамических (ударных) нагрузок по ленте в местах загрузки и на линейных участках конвейера.

Известны пять направлений для снижения нагрузок на ленту в пунктах загрузки и на линейном стае: первое – сохранение высокой степени подготовки горной массы; второе – изменение конструкции ленточных конвейеров [4]; третье – изменение

параметров ленточного конвейера, таких как натяжение ленты, скорость движения конвейерной ленты, шаг расстановки роlikоопор и др.; четвертое – безударная загрузка ленточных конвейеров; пятое – создание подсыпки из мелкокусового насыпного груза между крупными кусками и лентой [17, 18].

Подготовка горной массы

Способы подготовки горной массы разделяют на пять классов: нулевой, малой, средней, хорошей и полной подготовленности. Критерием является степень крупности груза, определяемая как отношение размера куска к ширине B ленты. Каждому классу соответствует степень крупности: от 0,4–0,7 до менее 0,05 (см. рис 2).

Зарубежный и отечественный опыт применения конвейерных линий на открытых разработках свидетельствует о том, что во всех случаях предусматривается полная подготовка горной массы к транспортированию ленточными конвейерами. Экскаваторами или автосамосвалами осуществляется погрузка горной массы в передвижную дробильную установку, причем порода перед поступлением в дробилку проходит грохочение и куски мелкой фракции поступают непосредственно на конвейер. Такой способ подготовки горной массы существенно увеличивает капитальные и эксплуатационные затраты [4].

В подземных условиях применяются конвейерные дробилки, обеспечивающие дробление горной массы до 140 мм.

Таким образом, высокая степень подготовки горной массы (кусков груза крупностью не более 0,15–0,20 м) усложняет механическое оборудование системы и увеличивает энергопотребление, кроме этого в случае транспортирования полезного ископаемого происходит переизмельчение груза.

Конструктивные изменения в ленточных конвейерах для повышения эффективности транспортирования крупнокусовых грузов

Конструктивные изменения в ленточных конвейерах, повышающие эффективность транспортирования крупнокусовых грузов, могут быть решены в двух направлениях:

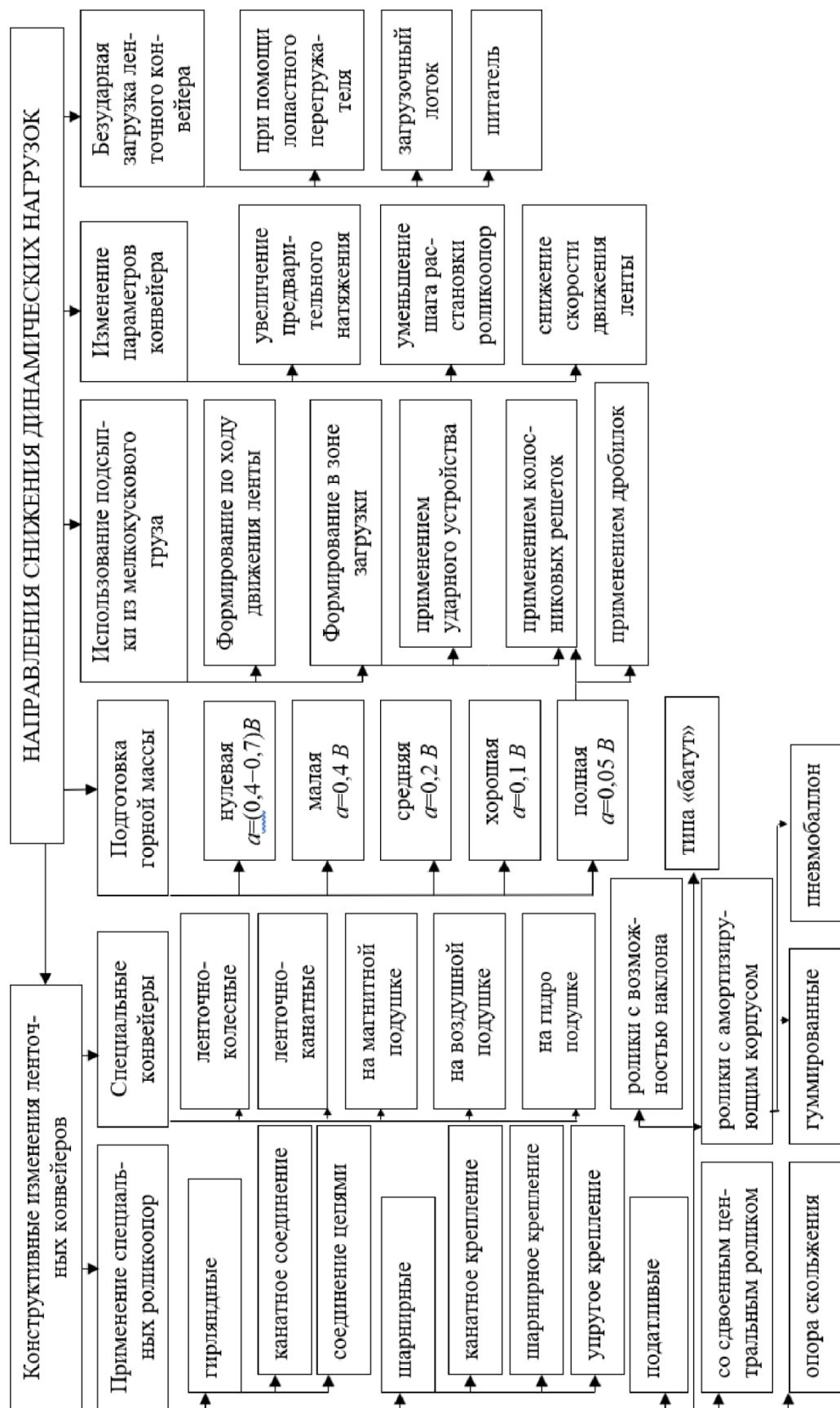


Рис. 2. Направления снижения динамических нагрузок при транспортировании крупнокусковых пород
Fig. 2. Directions of decrease in dynamic loads during the transportation of lump rocks

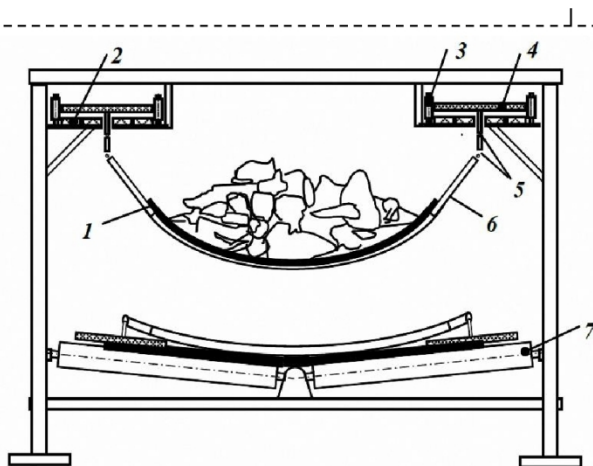


Рис. 3. Схема поперечного сечения конвейера с магнитным подвесом ленты для транспортирования крупнокусковой горной массы: 1 – грузонесущая лента; 2 – магнитные опоры; 3 – направляющие ролики; 4 – магнитожесткий контур; 5 – шарнирное соединение; 6 – траверса; 7 – роlikопора стандартной конструкции
Fig. 3. Scheme of the conveyor cross-section with magnetic suspension of the belt for transportation of lump rocks: 1 – load-carrying belt; 2 – magnetic supports; 3 – conveyor guide; 4 – hard-magnetic circuit; 5 – socket-joint; 6 – traverse; 7 – standard idler

создание специальных опорных элементов для конвейеров обычной конструкции и создание специальных конвейеров.

Специальные типы конвейеров

Среди специальных типов конвейеров, имеющих в качестве грузонесущего органа конвейерную ленту, можно выделить ленточно-канатный, ленточно-колесный (ленточно-тележечный), конвейер на магнитной, на воздушной или на гидроподушке.

Ленточно-канатные конвейеры предназначены для транспортирования на большие расстояния. Современные параметры и конструкция несущей ленты с рессорами позволяют перемещать грузы крупностью до 0,4 м, а в работе [19] исследован ленточно-канатный конвейер, способный транспортировать скальные грузы крупностью до 1,2 м. В работах [20, 21] указывается, что производительность таких конвейеров может достигать 2700 т/ч и скорость движения ленты – до 7,5 м/с.

Ленточно-колесные (ленточно-тележечные) конвейеры предназначены для транспортирования груза с кусками, соизмеримыми с шириной ленты [22], то есть для таких конвейеров достаточен первый класс подготовки горной массы (в этом их преимущество перед остальными конструкциями конвейеров). Недостатком является большая масса подвижных и неподвижных частей. Погонная масса ленточно-колесного конвейера в 2–3 раза больше по сравнению с ленточным. Длина става конвейера ограничена длиной цепного контура подвижной опорной части. Возможно применение нескольких цепных контуров, однако практическое решение вопроса их взаимодействия с конвейерной лентой сопряжено с большими трудностями. Цепными

контурами ограничивается и скорость транспортирования (до 2 м/с).

Разработаны опытные образцы ленточных конвейеров с подвесной лентой. К бортам подвесной ленты прикреплены ходовые каретки с роликами, катящимися по направляющим. Роликоопоры в таком конвейере отсутствуют, что способствует транспортированию крупнокусковых грузов. В месте загрузки предполагается установка поддерживающих роlikопор. Проблемными конструктивными особенностями являются прочность крепления бортов ленты к ходовым кареткам и произвольность формы ее желоба [23, 24].

В настоящее время ведутся разработки конвейеров на магнитной, воздушной и гидроподушке, которые можно отнести к конвейерам нового поколения. Для транспортирования крупнокусковых грузов наиболее перспективными считаются конвейеры с магнитным подвесом ленты (рис. 3), но для его внедрения остается ряд нерешенных проблем [25].

Специальными конвейерами возможна доставка любых грузов, размеры кусков ограничиваются лишь вместимостью несущего полотна, однако они имеют сложную конструкцию. Этим объясняется ограниченность их производства и применения.

Специальные опорные элементы

Специальные опорные элементы получили достаточно широкое распространение, сравнительно просты по конструкции, но применимы для грузов крупностью не более 0,5–0,7 м.

Создание специальных типов опорных элементов вызвано необходимостью снижения динамики их взаимодействия с крупными кусками как на линейной части конвейера, так и в пунктах погрузки. Известные типы опорных элементов в зависимости от усилия, направления и времени распределения нагрузки от транспортируемого груза на ленту разделяют на четыре класса [4, 18].

К первому классу относятся стандартные жесткоустановленные роlikопоры, а также опоры скольжения с твердым покрытием.

Ко второму классу относятся гирляндные, шарнирные и податливые роlikопоры, у которых боковые и средние ролики установлены в разных плоскостях.

Гирляндные роlikопоры представляют собой набор дисков, насаженных на гибкий вал (канат), который через подшипниковые узлы соединен с опорными стойками рамы конвейера. Достоинства такой роlikопоры: сравнительно малая масса части роlikопоры, участвующей в соударении с куском груза; большое проходное сечение за счет угловой подвижности дисков [26]. Недостатком является малый срок службы гибкого вала и подшипников. Даже при хорошей подготовке груза он не превышает одного – двух месяцев. Другим недостатком является смещение роlikопоры по ходу ленты с практически неизбежным автоколебательным движением в этом направлении. При встрече с крупным

кусом роlikоопора стремится подняться вместе с лентой и куском. Все это существенно увеличивает сопротивление движению ленты по роlikоопорам (до 30 %), износ конвейерной ленты и роlikоопоры, ухудшает устойчивость движения ленты, особенно на наклонных конвейерах [27]. Иногда вместо гибкого вала используется шарнирное соединение дисков, например, звенья из цепи. Гирляндные роlikоопоры из-за присущих им недостатков не нашли широкого промышленного применения.

Шарнирные роlikоопоры представляют собой набор роlikов с жесткими осями, концы которых шарнирно соединены между собой. Изготавливаются трех- и пятироlikовые опоры. Роlikоопоры навешиваются на раму конвейера при помощи шарниров, на упругих амортизаторах или на канатах. Упругие амортизаторы применяются в виде пружин, резины, рессор-стоек. В работе [28] указано, что применение пружин в шарнирных роlikоопорах, навешиваемых на канаты в линейной части конвейера, следует считать нецелесообразным, так как использование пружин приводит к незначительному улучшению амортизирующей способности ленты. Навешивание шарнирных роlikоопор на канатах – наиболее распространенный способ. Однако, как и гирляндные роlikоопоры, они подвержены смещению по ходу ленты, сопровождающемуся увеличением сопротивления движению, уменьшением устойчивости хода и т. п. Децентрирование хода ленты происходит также в результате неодинакового натяжения и провисания канатов. На бремсберговых конвейерах из-за увода внутренних концов боковых роlikов вперед по ходу движения ленты возникает децентрирующая поперечная сила трения. В этом случае даже небольшое возмущающее воздействие вызовет боковой сход ленты больше допустимого предела, и произойдет износ и порыв бортов ленты, а также просыпи груза [27]. Кроме того, шарнирные роlikоопоры имеют неустраняемый недостаток – защемление нижней обкладки между кромками корпусов роlikов при малых зазорах между ними либо продавливание ленты между роlikами, если зазор велик. Все это является причиной интенсивного износа нижней обкладки ленты.

Ко второму классу относятся и роlikоопоры со сдвоенными центральными роlikами. Роlikоопора отличается от обычной трехроlikовой желобчатой роlikоопоры тем, что центральный ролик заменяется двумя параллельными, более легкими роlikами, собранными на шарнирно установленной раме [29, 30]. При набегании куска груза на первый по ходу ленты средний ролик рамка вместе с этим роlikом опускается вниз, при этом второй ролик поднимается вверх, упираясь в ленту и препятствуя тем самым дальнейшему опусканию первого ролика. Такая подвижность системы способствует снижению динамики взаимодействия с куском груза в 1,4 раза по сравнению со стандартной роlikоопорой [31]. Однако жесткое крепление боковых роlikов снижает подвижность опорной системы в целом.

К второму классу относятся также податливые роlikоопоры [4]. На опорные стойки шарнирно крепятся рамки, другим концом прикрепляемые к

продольным несущим канатам. В эти рамки вставляются боковые ролики. Посередине между двумя соседними стойками на несущих канатах устанавливаются рамки средних роlikов. В этой конструкции боковые ролики имеют свободу угловых перемещений, а средние ролики – угловых и вертикальных перемещений за счет изгиба несущих канатов. С грузом взаимодействуют только боковые или только средние ролики. Размещение боковых и средних роlikов в разных плоскостях обусловило такое перераспределение нагрузки на них, при котором обеспечивается снижение сопротивления движению и увеличение центрирования ленты. На этих роlikоопорах ход ленты легко регулируется перекосом роlikов в плоскости, нормальной направлению ее движения. Однако при нагрузках, превышающих расчетные, а также при неправильном выборе параметров опорной секции возможен провал ленты между боковыми роlikами или обволакивание лентой торцов среднего ролика. При кратковременных перегрузках (в пунктах погрузки) это явление несущественно. На линейной части оно легко устранимо путем изменения расстояния между роlikоопорами и величины перекрытия среднего ролика боковыми.

Известна конструкция ролика с амортизированным корпусом [4, 32]. На ось ролика надеваются шайбы-амортизаторы и завальцовываются в его корпусе. Шайба-амортизатор состоит из подшипникового стакана с дисковым выступом посередине, резиновых колец и кольцевых дисков. Резиновые кольца привулканизированы одной стороной к дисковому выступу, другой – к кольцевым дискам. Работая на сдвиг, они обеспечивают достаточную эластичность и надежность в пределах малого пространства между корпусом и подшипниковым стаканом. При амортизации корпуса устраняется защемление подшипников, вредные последствия его биения и неуравновешенности.

Известна конструкция роlikоопоры [33], в которой средний и боковые ролики закреплены с возможностью наклона. Данная роlikоопора работоспособна для мест загрузки. Недостаток – возможность появления децентрирующей силы, способствующей сходу ленты.

Применение подвесных гибких шарнирных роlikоопор на канатном ставе позволяет снизить ударные нагрузки на ленту в 3–5,5 раза по сравнению с нагрузками при жестком ставе и обычных роlikоопорах [28, 34], а экспериментальные исследования Е. Е. Новикова показали, что динамические нагрузки на элементы конструкции конвейера при применении податливых роlikоопор уменьшаются в 5–10 раз по сравнению с нагрузками на обычные трехроlikовые роlikоопоры [4]. Снижение нагрузки позволяет повысить скорость движения ленты в 1,5–1,75 раза или увеличить срок службы ленты по сравнению с применением жестких роlikоопор при одинаковой скорости движения лент [35].

К третьему классу относятся опорные элементы типа «батут». Это роlikоопоры со снятыми средними роlikами либо специальная опорная лента – батут. В основном такие роlikоопоры применяются для мест загрузки.

К четвертому классу относятся опоры, состоящие из толстого упругого слоя, пневмобаллонов и т. п. [4]. Устройства очень просты по конструкции и в изготовлении, обладают высоким эффектом действия и надежностью и также применяются в местах загрузки. Так, опоры скольжения могут быть выполнены в виде поперечных балок, размещенных с определенным интервалом, поверхность которых футерована слоем низкофрикционного материала (фторопласта, высокомолекулярного полиэтилена), однако такие опоры скольжения расположены либо на небольшом по протяженности участке (1,2–2,5 м) длины конвейера в месте загрузки его транспортируемым материалом, либо по всей длине холостой ветви ленты конвейера. Площадь опор выбирается из условия ограничения температуры соприкасающихся тел [36]. Известен положительный опыт использования встречных магнитных полей (рис. 4) для амортизации значительных динамических нагрузок при загрузке крупнокусковой породы на ленточный конвейер [37].

В. А. Дорученко в работе [38] заметил, что в процессе работы безроликового конвейера в контакт конвейерной ленты с опорными поверхностями непрерывно проникают частицы перемещаемого груза (вследствие пыления, просыпаний и налипания груза на обкладках ленты). Образующаяся на контакте минеральная прослойка препятствует молекулярному взаимодействию контактирующих поверхностей и тем самым способствует некоторому снижению коэффициента трения. Вместе с тем твердые частицы вызывают абразивный износ трущихся поверхностей, о чем свидетельствуют характерные

продольные борозды и высокая интенсивность изнашивания. Под действием нагрузки, вызванной весом ленты и перемещаемого груза, находящиеся на контакте минеральные частицы внедряются в эластичные резиновые обкладки ленты и переходят в закрепленное состояние. При движении ленты внедрившиеся в ее обкладки частицы оказывают режущее воздействие на опорные поверхности, вследствие чего последние приобретают значительную шероховатость, которая становится основной причиной интенсивного изнашивания обкладок лент.

Для снижения нагрузок в ленте в работе [39] предложено устанавливать роликоопоры на демпфирующие элементы. Методом компьютерного моделирования установлено, что амплитуды сил, действующие на оси роликов, уменьшились на 15%.

Таким образом, наиболее технически просты и имеют достаточно высокий эффект амортизации ударов кусков о ленту устройства типа сплошного упругого основания. Однако присущие им недостатки ограничивают область применения установок сравнительно малой производительности (только в пунктах погрузки либо на конвейерах длиной до 100 м). Более сложны для изготовления и монтажа, но зато более универсальны шарнирные и податливые роликоопоры. Возможность и эффективность их применения доказаны длительным опытом эксплуатации. Остальные устройства уступают им как по простоте и эффективности действия, так и по универсальности применения.

Изменение параметров конвейера с жестко-установленными роликоопорами

В случае применения стандартных ленточных конвейеров с жесткими роликами для транспортирования крупнокусковых горных пород снижение динамических нагрузок достигается значительным уменьшением скорости движения ленты, уменьшением шага роликоопор, применением гуммированных роликов и увеличением предварительного натяжения ленты (на 30–40 % по сравнению с конвейерами для насыпных грузов [40]). Установка обычных роликоопор на канатный став с точки зрения динамики не дает нужного эффекта, так как в соударении участвует значительная масса роликоопоры [40].

Обеспечение необходимой приемной способности конвейера целесообразно осуществить за счет увеличения скорости ленты, а не ее ширины [28]. Однако при увеличении скорости движения ленты до 11 м/с возникают некоторые проблемы, такие как поведение материала на ленте в местах загрузки и в процессе его движения на ленте конвейера, динамические нагрузки на ленту и ролики, ускорение материала [41].

На базе длительного опыта эксплуатации ленточных конвейеров, оснащенных жесткими роликоопорами и резиноканевой или резино-тросовой конвейерными лентами сравнительно небольшой прочности, обоснованы скорости движения лент. При транспортировании

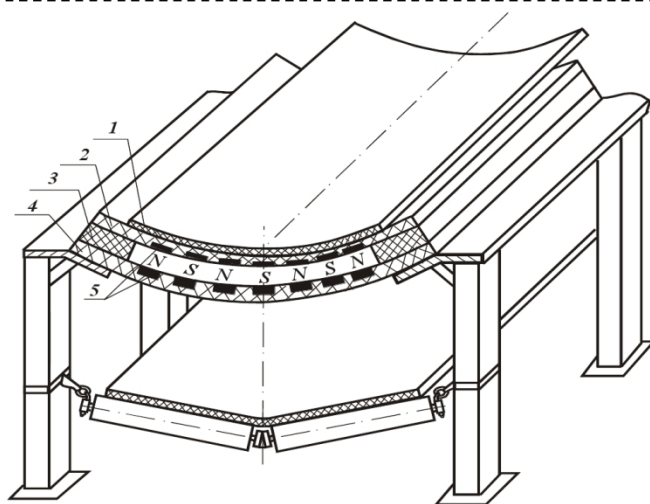


Рис. 4. Загрузочная часть ленточного конвейера, оборудованная устройством поддержания ленты магнитным полем: 1 – лента конвейера; 2 – опорное полотно с постоянными магнитами; 3 – соединительные полосы; 4 – поддерживающее ленту магнито жесткое полотно с антифрикционным покрытием; 5 – постоянные магниты

Fig. 4. The loading part of the belt conveyor equipped with the magnetic field device for belt supporting: 1 – conveyor belt; 2 – supporting cloth with permanent magnets; 3 – connecting strips; 4 – the hard-magnetic cloth supporting a belt with an antifriction coating; 5 – permanent magnets

крупнодробленой скальной массы скорости движения ленты принимают до 3,15 м/с. Этим обеспечивается гарантия того, что лента не выйдет из строя от динамических нагрузок, возникающих при проходе кусков груза над роlikоопорами. Нагрузки обусловлены прогибом ленты между роlikоопорами на линейном ставе. Во время прохождения кусков скальной породы размером 500 мм и массой 30–70 кг над жесткими роlikоопорами со скоростью движения ленты 3–3,5 м/с наблюдается их подпрыгивание на высоту 5–7 мм. Возможность устанавливать более высокие скорости обычно увязывают с применением упругих роlikоопор [4, 42].

В работе [43] экспериментально установлено, что при увеличении расстояния между роlikоопорами возрастают дополнительные динамические усилия. Существенное снижение усилий в конвейерной ленте возможно путем уменьшения шага установки роlikоопор или установкой плоского амортизирующего опорного элемента, составляющего при взаимодействии с конвейерной лентой единый упругий слой [42]. В работе [43] авторы рассматривают влияние шага расстановки роlikоопор в неотрывной связи со скоростью движения ленты и утверждают, что для каждой скорости движения соответствует оптимальный шаг расстановки роlikоопор, обеспечивающий минимальные динамические нагрузки.

Безударная загрузка ленточного конвейера

Есть работы, направленные на снижение ударной нагрузки при загрузке конвейеров крупнокусовым грузом, это является весьма актуальным вопросом. Разработано и используется большое количество питателей и загрузочных устройств, однако практически все они не устраняют динамические нагрузки на ленту. В работе [44] доказано, что при увеличении высоты загрузки в 2 раза сила динамического взаимодействия увеличивается в 1,5–1,6 раза. В связи с этим совершенствуется и загрузочная часть става ленточных конвейеров. Как уже отмечалось, создаются опоры скольжения с амортизирующими элементами. Наиболее перспективным в этом отношении является использование встречных магнитных полей [37].

Следует отметить работу З. Н. Беслекоевой, направленную на разработку безударной загрузки ленточного конвейера крупнокусовым грузом при помощи лопастного перегружателя [45].

Создание изолирующей подсыпки из мелкокусового груза

Другим способом снижения динамических нагрузок может выступать изоляция крупных кусков груза от ленты подсыпкой из мелкокусового или мелкозернистого материала. В работе [28] указано, что при транспортировании отдельного куска массой 200 кг без подсыпки происходило сбивание роlikоопор и падение куска с ленты, поэтому для беспрепятственного транспортирования кусок укладывался на подсыпку из рыхлого материала.

В. Ф. Монастырский [46] показал, что присутствие на ленте мелкокусового груза совместно с

крупными кусками уменьшает силу взаимодействия и создает лучшие условия для работы конвейера. Как показали исследования, применение на загрузочной части ленточного конвейера слоя из сыпучего материала толщиной 0,06 м дает эффект снижения динамических нагрузок более чем в два раза. В работе [1, 46] указано, что при транспортировании крупных кусков в общем потоке горной массы сила взаимодействия куска с лентой при проходе роlikоопоры снижается в 1,5 – 2 раза и, как правило, исключается выбрасывание отдельных кусков с ленты при высоких скоростях ее движения.

Сформировать такую подсыпку можно или в зоне загрузки, применяя загрузочное устройство с колосниками, или по ходу движения ленты, используя явление сегрегации груза по крупности под воздействием вибрации ленты [47, 48], неизбежно возникающей на роlikоопорах. Однако при применении колосников возможно забивание крупными фракциями пространства в решетке, в результате чего могут возникать просыпы и, кроме того, происходит переизмельчение транспортируемого груза. Причем в некоторых случаях (например, перегрузка транспортируемого груза под углом) технологически невозможно установить загрузочный лоток с колосниками.

Естественная сегрегация сыпного груза по крупности занимает некоторое время, так что кусок успевает пройти существенное количество роlikоопор. Так, экспериментально установлено, что под крупным куском (максимальный размер 300 мм) при транспортировании на расстояние 100 м образуется подсыпка толщиной 6–12 мм.

Интенсифицировать процесс разделения фракций по крупности можно применением специального ударно-вибрационного механизма, устанавливаемого под груженую ветвь ленты конвейера [49]. Устройство наносит ударные импульсы по нерабочей обкладке конвейерной ленты, за счет упругой связи ударного элемента с корпусом устройства формируется вибрационный импульс, который через ленту передается в насыпной груз, под действием чего происходит фракционное перераспределение груза. Крупные куски перемещаются ближе к поверхности насыпки, а на рабочей обкладке ленты оказывается зернистая фракция материала, изолирующая крупные куски подсыпкой.

Снижение динамических нагрузок при прохождении крупных кусков по роlikоопорам линейных секций путем формирования подсыпки из мелкокусовых фракций сыпного груза под действием ударных импульсов целесообразно производить на длинных конвейерах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волотковский, В.С. Износ и долговечность конвейерных лент / В.С. Волотковский, Е.Г. Нохрин, М.Ф. Герасимова – М.: Недра, 1976. – 176 с.
2. Едыгенов, Е.К. Определение усилия фиксации горной массы на грузонесущем полотне при крутонаклонном транспортировании конвейерным поездом // ГИАБ (научно-технический журнал). –

2005. – № 1. – С. 275–277.

3. Егошин, В.В. Гранулометрический состав разрушенного угольного массива при проведении конвейерного штрека / В.В. Егошин, А.В. Адамков // Вестник КузГТУ. – 2002. – № 4. – С. 17–18.

4. Новиков, Е.Е. Теория ленточных конвейеров для крупнокусковых горных пород / Е.Е. Новиков, В.К. Смирнов – Киев: Наук. думка, 1983. – 184 с.

5. Дмитриев, В.Г. Исследование динамических нагрузок в роlikоопорах загрузочных и линейных секций ленточных конвейеров при транспортировании крупных кусков / В.Г. Дмитриев, В.И. Галкин // Изв. вузов. Горный журнал. – 1975. – № 1. – С. 108–112.

6. Шоджааталхосейни, С. Определение нагрузок на подшипники роlikоопор линейных секций ленточных конвейеров горных предприятий // ГИАБ (научно-технический журнал). – 2009. – С. 83–89.

7. Куземкин, Д.М. Динамический анализ транспортного конвейера с подрессоренными роliками // Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки. – Гомель, 2013. – Вып. 7. – С. 47–53.

8. Дмитриев, В.Г. Определение контактных динамических нагрузок, действующих на ленту при погрузке крупнокусковых грузов // Изв. вузов. Горный журнал. – 1971. – № 10. – С. 104–109.

9. Григорьев, Ю.И. Причины износа конвейерных лент на подземных ленточных конвейерах и пути его уменьшения. – Сб.: Транспорт шахт и карьеров. – М.: Недра, 1971. – Вып. 1. – С. 48–52.

10. Проскурин, В.И. Износ конвейерной ленты на разгрузочном барабане и погрузочном пункте / В.И. Проскурин, Е.Х. Завгородний, И.Я. Попов, Г.А. Склярова // Изв. вузов. Горный журнал. – 1982. – № 5. – С. 63–68.

11. Полунин, В.Т. Исследование удельного износа рабочих обкладок конвейерных лент на роlikоопорах и в месте загрузки / В.Т. Полунин, Г.Н. Гуленко, В.И. Фролов // Изв. вузов. Горный журнал. – 1974. – № 5. – С. 100–103.

12. B. H. Wang, J. P. Liu, and S. Lu, “Analyzed development of the high-power and high-speed belt conveyor,” *Mining Machinery*, vol. 42, no. 1, pp. 27–30, 2014.

13. Реутов А.А. Автоколебания ленты на приводном барабане конвейера Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № 1. – С. 189–191.

14. Калинин, Ю.П. Распространение волны напряжения в тяговом органе ленточного конвейера с учетом очагов повреждения на нем / Ю.П. Калинин, П.С. Терезюк // Зимові наукові читання: матеріали між. науч.-практ. конф. 22 лютого 2016 г. – Часть 1. – Киев: Центр наукових публікацій, 2016. – С. 118–122.

15. Терезюк П.С. Влияние колебания ленты конвейера на ее техническое состояние // *Universum: Технические науки: электрон. научн. журн.* – 2014. – № 8 (9). Режим доступа: <http://7universum.com/en/tech/archive/item/1538>

16. Новиков, Е. Е. Исследование загрузочно-пегрузочных узлов ленточных конвейеров / Е.Е.

Новиков, Ю.С. Овсянников, В.Я. Коваленко – В кн.: Механика горнотранспортных машин. – Киев, 1979. – С. 104–111.

17. Ерофеева, Н.В. Пути снижения динамических нагрузок при движении крупнокусковых грузов по линейной части ленточного конвейера // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири: тез. докл. X Междунар. науч.-практ. конф. 23–24 ноября 2004 г. – Кемерово, 2004. – С. 85–87.

18. Терезюк, П.С. Пути снижения динамической нагрузки на ленту конвейера // Научный журнал «Апробация». – 2014 г. – № 8 (23). – С. 23–25.

19. Шибалов, С.Ф. Исследование ленточно-канатного конвейера для крупнокусковых скальных грузов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1979. – 15 с.

20. Гребенешников, А.Л. Канатно-ленточные конвейеры компании Metso Minerals / А.Л. Гребенешников, Н.В. Паламарчук // Глюкауф. – 2007. – № 1. – С. 54–57.

21. Andrew, Lewis. Канатно-ленточные конвейеры большой протяженности / Andrew Lewis, А.Л. Гребенешников // Горный журнал. – 2005. – № 11. – С. 63–65.

22. Спиваковский, А.О. Карьерный конвейерный транспорт / А.О. Спиваковский, М.Г. Потапов, Г.В. Приседский. – М.: Недра, 1979. – 264 с.

23. Лагерева, А.В. Проектирование и исследования конвейеров с подвесной грузонесущей лентой: монография / А.В. Лагерева, Е.Н. Толкачев, П.В. Бословяк. – Брянск: РИО БГУ, 2016. – 303 с.

24. Дьяченко, В.П. Конструктивные требования к узлам загрузки конвейеров с подвесной лентой / В.П. Дьяченко, И.А. Волин // ГИАБ (научно-технический журнал). – 2006. – № 4. – С. 388–390.

25. Zakharov A.Yu., Chepikov P.V. Enhancement of efficiency of the magnetic suspension of belt conveyor. В сборнике: Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety 2016. С. 229–232.

26. Биличенко, Н.Я. Эксплуатационные режимы ленточных конвейеров / Н.Я. Биличенко, Е.Х. Завгородний, Е.М. Высочин. – Киев: Техніка, 1964. – 264 с.

27. Яхонтов, Ю.А. Автоколебания подвесных роlikоопор ленточных конвейеров // ГИАБ (научно-технический журнал). – 2004. – № 10. – С. 247–248.

28. Приседский, Г.В. О типах карьерных ленточных конвейеров для транспортирования крупнокусковых крепких горных пород / Г.В. Приседский, В.С. Бондарев, П.И. Кошеленко, И.С. Петухов. – В кн.: Оборудование для открытых горных работ. – Киев, 1969. – С. 106–111.

29. Сазонов, С.П. Экспериментальные исследования качающейся роlikоопоры ленточного конвейера / С.П. Сазонов, Ю.А. Подопрigора, В.П. Дунаев. – В кн.: Шахтный и карьерный транспорт. – М.: Недра, 1980. – Вып. 6. – С. 96–99.

30. Папоян, Р. Технические усовершенствования на конвейерном транспорте. – Научный вестник МГГУ. – 2011. – № 12 (21). – с. 59–66.

31. Сазонов, С.П. Промышленные испытания балансирующих роlikоопор ленточных конвейеров. – В кн.: Шахтный и карьерный транспорт. – М.: Недра,

1981. – Вып. 7. – С. 87–89.

32. Лисица, Н.И. Определение эффективности применения роликов ленточных конвейеров с амортизированным корпусом / Н.И. Лисица, А.В. Коваль, В.М. Богданов, Э.Г. Кайтаджан. – В кн.: Механика и технология открытых горных работ. – 1978. – С. 186–190.

33. Патент №2209757 (RU) МПК B65G 39/14. Роликоопора ленточного конвейера / Бахолдин А.Н. (RU), Деревянкин И.В. (RU) – №2002106307/03. Заявлено 11.03.2002. Опубл. 10.08.2003.

34. Бондарев, В.С. Определение эффективности внедрения конвейеров с подвесными роликоопорами / В.С. Бондарев, И.С. Петухов, Н.П. Дорошенко. – В кн.: Горные, строительные и дорожные машины. – Киев: Техніка, 1970. – Вып. 10. – С. 86–91.

35. Волотковский, В.С. Выбор оборудования карьерного конвейерного транспорта / В.С. Волотковский, Г.Д. Кармаев, М. И. Драя. – М.: Недра, 1990. – 192 с.

36. Хачатрян, С.А. Модель физических процессов при взаимодействии ленты с опорой скольжения // ГИАБ (научно-технический журнал). – 2005. – № 7. – С. 303–305.

37. Захаров, А. Ю. Теория и практика использования магнитных полей для предохранения конвейерных лент: монография Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2000. – 155 с.

38. Дорученко, В.А. Исследование и совершенствование линейной части ленточных безроликовых конвейеров горных предприятий: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Киев, 1978. – 16 с.

39. Куземкин, Д.М. Определение рациональности введения демпфирующих элементов в конструкцию ленточного конвейера / Д.М. Куземкин, В.А. Довгяло // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы межд. науч.-техн. конф. 16–17 апр. 2015 г. – Могилев: Белорусско-Российский университет. 2015. – С. 164–165.

40. Смирнов, В. К. Экспериментальные исследования эффективности работы ленточного конвейера

при транспортировании крупнокусковых грузов / В. К. Смирнов, В. Ф. Монастырский, Г. К. Демин, В. И. Бесчастный. – В кн.: Шахтный и карьерный транспорт. – М.: Недра, 1980. – Вып. 6. – С. 78–84.

41. Венер, И. Повышенные скорости ленточных конвейеров. – Сб.: Транспорт шахт и карьеров. – М., 1971. – Вып. 1 – С. 337–346.

42. Овсянников, Ю. С. О выборе параметров элементов ленточных конвейеров в пунктах загрузки. – В кн.: Механика и технология открытых горных работ. – 1978. – С. 181–186.

43. Галкин, В. И. Анализ динамических нагрузок на линейных роликоопорах ленточного конвейера при транспортировании крупнокусковых грузов / В. И. Галкин, И. В. Шуткин // ГИАБ (научно-технический журнал). – 1999. – № 5. – С. 226–228.

44. Монастырский, В. Ф. Результаты экспериментальных исследований потока насыпного груза / В. Ф. Монастырский, О. В. Кочнева // Вестник ЯГУ. – 2006, т. 3 – №3. – С. 47–51.

45. Беслекоева, З. Н. Обоснование параметров лопастного перегружателя для безударной загрузки конвейеров крупнокусковыми грузами: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Владикавказ, 2006. – 23 с.

46. Монастырский, В. Ф. О силе динамического воздействия потока крупнокускового груза с роликоопорами ленточного конвейера / В. Ф. Монастырский, Г. К. Демин. – В кн.: Динамика и прочность горных машин. – Киев, 1975. – Вып. 3. – С. 112–118.

47. Henk G. Merkus, Particle size measurements: Fundamentals, practice, quality. 2009, Springer. 533 p.

48. D. Schulse, Powders and bulk solids: Behavior, characterization, storage and flow. 2008, Springer – Verlag. 511 p.

49. Ерофеева, Н. В. Сегрегация насыпных грузов на ленточном конвейере / Н.В. Ерофеева, И. Н. Чеботова // Современные тенденции инновации в науке и производстве: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. 6 апреля 2016 г. – Кемерово, 2016. – С. 190–191.

Alexander Yu. Zakharov¹, Dr. Sc.in Engineering, Professor, Natalya V. Erofeeva¹, C. Sc.in Engineering, Associate Professor

¹T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

POSSIBILITIES TO REDUCE DYNAMIC LOADS ON THE CONVEYOR BELT

Abstract: The urgency of the discussed issue. The conveyor belt is the most expensive element of the conveyor, so the service life of the belt significantly affects the economy of transportation. Dynamic loads of various types cause fatigue stresses in the belt, and the critical values of these loads can cause integrity damage and premature failure. In some cases, damage to the belt causes an emergency downtime of the conveyor and equipment related to it.

The main aim of the study: reduction of dynamic loads on the conveyor belt.

The methods used in the study. The analysis of information in publications relating to issues of dynamic loads on the conveyor belt during transportation of lump rocks was made.

The results. The causes of the occurrence of loads are classified; ways to reduce the dynamic loads on belt conveyors transporting lump rocks are identified.

Keywords: dynamic load, belt conveyor, roller carriage, segregation, bulk, lump rocks.

Article info: received December 01, 2018

DOI: 10.26730/1816-4528-2018-6-3-13

REFERENCES

1. Volotkovskij, V. S. Iznos i dolgovechnost' konvejny'x lent / V. S. Volotkovskij, E. G. Noxrin, M. F. Gerasimova – M.: Nedra, 1976. – 176 s.
2. Edy'genov, E. K. Opredelenie usiliya fiksacii gornoj massy' na gruzonesushhem polotne pri krutona-klonnom transportirovanii konvejny'm poezdom // GIAB (nauchno-texnicheskij zhurnal). – 2005. – № 1. – S. 275–277.
3. Egoshin, V. V. Granulometricheskij sostav razrushennogo ugol'nogo massiva pri provedenii konvejernogo shtreka / V. V. Egoshin, A. V. Adamkov // Vestnik KuzGTU. – 2002. – № 4. – S. 17–18.
4. Novikov, E. E. Teoriya lentochny'x konvejerov dlya krupnokuskovy'x gorny'x po-rod / E. E. Novikov, V. K. Smirnov – Kiev: Nauk. dumka, 1983. – 184 s.
5. Dmitriev, V. G. Issledovanie dinamicheskix nagruzok v rolkooporax zagru-zochny'x i linejny'x sekcij lentochny'x konvejerov pri transportirovanii krupny'x kus-kov / V. G. Dmitriev, V. I. Galkin // Izv. vuzov. Gorny'j zhurnal. – 1975. – № 1. – C. 108–112.
6. Shodzhaatxosejni, S. Opredelenie nagruzok na podshipniki rolkoopor li-nejny'x sekcij lentochny'x konvejerov gorny'x predpriyatij // GIAB (nauchno-texnicheskij zhurnal). – 2009. – S. 83–89.
7. Kuzemkin, D. M. Dinamicheskij analiz transportnogo konvejera s podressoreny'mi rolnikami // Mexanika. Nauchny'e issledovaniya i uchebno-metodicheskie razrabotki. – Gomel', 2013. – Vy'p. 7. – S. 47–53.
8. Dmitriev, V.G. Opredelenie kontaktny'x dinamicheskix nagruzok, dejstvuyushix na lentu pri pogruzke krupnokuskovy'x gruzov // Izv. vuzov. Gorny'j zhurnal. – 1971. – № 10. – S. 104–109.
9. Grigor'ev, Yu.I. Prichiny' iznosa konvejny'x lent na podzemny'x lentochny'x konvejerax i puti ego umen'sheniya. – Sb.: Transport shax't i kar'ero. – M.: Nedra, 1971. – Vy'p. 1. – S. 48–52.
10. Proskurin, V.I. Iznos konvejernoj lenty' na razgruzochnom barabane i pogru-zochnom punkte / V. I. Proskurin, E. X. Zavgorodnij, I. Ya. Popov, G. A. Sklyarova // Izv. vuzov. Gorny'j zhurnal. – 1982. – № 5. – S. 63–68.
11. Polunin, V.T. Issledovanie udel'nogo iznosa rabochix obkladok konvejny'x lent na rolkooporax i v meste zagruzki / V. T. Polunin, G. N. Gulenko, V. I. Frolov // Izv. vuzov. Gorny'j zhurnal. – 1974. – № 5. – C. 100–103.
12. B. H. Wang, J. P. Liu, and S. Lu, "Analyzed development of the high-power and high-speed belt conveyor," Mining Machinery, vol. 42, no. 1, pp. 27–30, 2014.
13. Reutov A.A. Avtokolebaniya lenty' na privodnom barabane konvejera Gorny'j informacionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-texnicheskij zhurnal). – 2013. – № 1. – S. 189–191.
14. Kalinichenko, Yu.P. Rasprostranenie volny' napryazheniya v tyagovom organe len-tochnogo konvejera s ucheto. ochagov povrezhdeniya na nem / Yu. P. Kalinichenko, P. S. Terezyuk // Zimovi naukovy chittannya: materialy' mezhd. nauch.- prakt. konf. 22 lyutogo 2016 g. – Chast' 1. – Kiev: Centr naukovix publikacij, 2016. – S. 118–122.
15. Terezyuk P.S. Vliyanie kolebaniya lenty' konvejera na ee texnicheskoe sostoyanie // Universum: Texnicheskie nauki : e'lektron. nauchn. zhurn. – 2014. – № 8 (9). Rezhim do-stupa: <http://7universum.com/en/tech/archive/item/1538>
16. Novikov, E.E. Issledovanie zagruzochno-peregruzochny'x uzlov lentochny'x konvejerov / E.E. Novikov, Yu.S. Ovsyannikov, V.Ya. Kovalenko – V kn.: Mexanika gornotransportny'x mashin. – Kiev, 1979. – S. 104–111.
17. Erofeeva, N.V. Puti snizheniya dinamicheskix nagruzok pri dvizhenii krupno-kuskovy'x gruzov po linejnoj chasti lentochnogo konvejera // Prirodny'e i intellektual'ny'e resursy' Sibiri: tez. dokl. X Mezhdunar. nauch.- prakt. konf. 23–24 noyabrya 2004 g. – Kemerovo, 2004. – S. 85–87.
18. Terezyuk, P.S. Puti snizheniya dinamicheskix nagruzki na lentu konvejera // Nauchny'j zhurnal «Aprobaciya». – 2014 g. – № 8 (23). – S. 23–25.
19. Shibalov, S.F. Issledovanie lentochno-kanatnogo konvejera dlya krupnokusko-vy'x skal'ny'x gruzov: avtoref. dis. ... kand. texn. nauk. – M., 1979. – 15 s.
20. Grebeneshnikov, A.L. Kanatno-lentochny'e konvejery kompanii Metso Minerals / A. L. Grebeneshnikov, N. V. Palamarchuk // Glyukauf. – 2007. – № 1. – C. 54–57.
21. Andrew, Lewis. Kanatno-lentochny'e konvejery bol'shoj protyazhennosti / An-drew Lewis, A.L. Grebeneshnikov // Gorny'j zhurnal. – 2005. – № 11. – C. 63–65.
22. Spivakovskij, A.O. Kar'erny'j konvejerny'j transport / A.O. Spivakovskij, M. G. Potapov, G.V. Prisedskij. – M.: Nedra, 1979. – 264 s.
23. Lagerev, A.V. Proektirovanie i issledovaniya konvejerov s podvesnoj gruzo-nesushhej lentoy: monografiya / A.V. Lagerev, E.N. Tolkachev, P.V. Boslovyak. – Bryansk: RIO BGU, 2016. – 303 s.
24. D'yachenko, V.P. Konstruktivny'e trebovaniya k uzlam zagruzki konvejerov s podvesnoj lentoy / V.P. D'yachenko, I.A. Volin // GIAB (nauchno-texnicheskij zhurnal). – 2006. – № 4. – S. 388–390.
25. Zakharov A.Yu., Chepikov P.V. Enhancement of efficiency of the magnetic sus-pension of belt conveyor. V sbornike: Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety 2016. S. 229–232.

26. Bilichenko, N.Ya. E'kspluatatsionny'e rezhimy' lentochny'x konvejerov / N.Ya. Bi-lichenko, E.X. Zavgorodnij, E.M. Vy'sochin. – Kiev: Tekhnika, 1964. – 264 s.
27. Yaxontov, Yu.A. Avtokolebaniya podvesny'x rolikoopor lentochny'x konvejerov // GIAB (nauchno-tekhnicheskij zhurnal). – 2004. – № 10. – S. 247–248.
28. Prisedskij, G.V. O tipax kar'erny'x lentochny'x konvejerov dlya transportirovaniya krupnokuskovy'x krepkix gorny'x porod / G.V. Prisedskij, V.S. Bondarev, P.I. Koshelenko, I.S. Petuxov. – V kn.: Oborudovanie dlya otkry'ty'x gorny'x rabot. – Kiev, 1969. – S. 106–111.
29. Sazonov, S.P. E'ksperimental'ny'e issledovaniya kachayushhejsya rolikoopory' lentochno konvejera / S.P. Sazonov, Yu.A. Podoprigora, V.P. Dunaev. – V kn.: Shaxtny'j i kar'erny'j transport. – M.: Nedra, 1980. – Vy'p. 6. – S. 96–99.
30. Papoyan, R. Tekhnicheskie usovershenstvovaniya na konvejernom transporte. – Nauchny'j vestnik MGGU. – 2011. – № 12 (21). – c. 59–66.
31. Sazonov, S.P. Promy'shlenny'e ispy'taniya balansirny'x rolikoopor lentochny'x konvejerov. – V kn.: Shaxtny'j i kar'erny'j transport. – M.: Nedra, 1981. – Vy'p. 7. – S. 87–89.
32. Lisicza, N.I. Opredelenie e'ffektivnosti prime-neniya rolikov lentochny'x konvejerov s amortizirovanny'm korpusom / N.I. Lisicza, A.V. Koval', V.M. Bogdanov, E'.G. Kajtandzhan. – V kn.: Mexanika i tekhnologiya otkry'ty'x gorny'x rabot. – 1978. – S. 186–190.
33. Patent №2209757 (RU) MPK V65G 39/14. Rolikoopora lentochno konvejera / Baxoldin A.N. (RU), Derevyankin I.V. (RU) – №2002106307/03. Zayavleno 11.03.2002. Opubl. 10.08.2003.
34. Bondarev, V.S. Opredelenie e'ffektivnosti vnedreniya konvejerov s podvesny'mi rolikooporami / V.S. Bondarev, I.S. Petuxov, N.P. Doroshenko. – V kn.: Gorny'e, stroitel'ny'e i dorozhny'e mashiny'. – Kiev: Tekhnika, 1970. – Vy'p. 10. – S. 86–91.
35. Volotkovskij, V.S. Vy'bor oborudovaniya kar'ernogo konvejernogo transporta / V.S. Volotkovskij, G.D. Karmaev, M.I. Draya. – M.: Nedra, 1990. – 192 s.
36. Xachatryan, S.A. Model' fizicheskix processov pri vzaimodejstvii lenty' s oporoj skol'zheniya // GIAB (nauchno-tekhnicheskij zhurnal). – 2005. – № 7. – S. 303–305.
37. Zaxarov, A.Yu. Teoriya i praktika ispol'zovaniya magnitny'x polej dlya predo-xraneniya konvejerny'x lent: monografiya Kuzbas. gos. texn. un-t. – Kemerovo, 2000. – 155 s.

38. Doruchenko, V.A. Issledovanie i sovershenstvovanie linejnoy chasti lentochny'x bezrolikovyy'x konvejerov gorny'x predpriyatij: avtoref. dis. ... kand. texn. nauk. – Kiev, 1978. – 16 s.
39. Kuzemkin, D.M. Opredelenie racional'nosti vvedeniya dempfiruyushhix e'le-mentov v konstrukciyu lentochno konvejera / D.M. Kuzemkin, V.A. Dovygalo // Materialy', oborudovanie i resursosberegayushhie tekhnologii: materialy' mezhd. nauch.- texn. konf. 16–17 apr. 2015 g. – Mogilev: Belorusko-Rossijskij universitet. 2015. – S. 164–165.
40. Smirnov, V.K. E'ksperimental'ny'e issledovaniya e'ffektivnosti raboty' len-tochnogo konvejera pri transportirovanii krupnokuskovy'x грузов / V. K. Smirnov, V. F. Monasty'rskij, G.K. Demin, V.I. Beschastny'j. – V kn.: Shaxtny'j i kar'erny'j transport. – M.: Nedra, 1980. – Vy'p. 6. – S. 78–84.
41. Vener, I. Povy'shenny'e skorosti lentochny'x konvejerov. – Sb.: Transport shaxt i kar'erov. – M., 1971. – Vy'p. 1 – S. 337–346.
42. Ovsyannikov, Yu.S. O vy'bore parametrov e'le-mentov lentochny'x konvejerov v punktax zagruzki. – V kn.: Mexanika i tekhnologiya otkry'ty'x gorny'x rabot. – 1978. – S. 181–186.
43. Galkin, V.I. Analiz dinamicheskix nagruzok na linejny'x rolikooporax len-tochnogo konvejera pri transportirovanii krupnokuskovy'x грузов / V.I. Galkin, I.V. Shutkin // GIAB (nauchno-tekhnicheskij zhurnal). – 1999. – № 5. – S. 226–228.
44. Monasty'rskij, V.F. Rezul'taty' e'ksperimental'ny'x issledovaniy potoka nasy'pnogo груза / V.F. Monasty'rskij, O.V. Kochneva // Vestnik YaGU. – 2006, t. 3 – №3. – S. 47–51.
45. Beslekoeva, Z.N. Obosnovanie parametrov lopastnogo peregruzhatelya dlya bez-udarnoj zagruzki konvejerov krupnokuskovy'mi грузami: avtoref. dis. ... kand. texn. nauk. – Vladikavkaz, 2006. – 23 s.
46. Monasty'rskij, V.F. O sile dinamicheskogo vozdejstviya potoka krupnokuskovogo груза s rolikooporami lentochno konvejera / V.F. Monasty'rskij, G.K. Demin. – V kn.: Dinamika i prochnost' gorny'x mashin. – Kiev, 1975. – Vy'p. 3. – S.112–118.
47. Henk G. Merkus, Particle size measurements: Fundamentals, practice, quality. 2009, Springer. 533 r.
48. D. Schulse, Powders and bulk solids: Behavior, characterization, storage and flow. 2008, Springer – Verlag. 511 r.
49. Erofeeva, N.V. Segregaciya nasy'pny'x грузов na lentochnom konvejere / N.V. Erofeeva, I.N. Chebotova // Sovremennyy'e tendencii innovacii v nauke i proizvodstve: materialy' V Mezhdunar. nauch.- prakt. konf. 6 aprelya 2016 g. – Kemerovo, 2016. – S. 190–191.

Библиографическое описание статьи

Захаров А.Ю., Ерофеева Н.В. Возможности снижения динамических нагрузок на конвейерную ленту // Горное оборудование и электромеханика — 2018. — № 6 (140). — С. 3-13.

Reference to article

Zakharov A.Yu., Erofeeva N.V. Possibilities of decrease of dynamic loads on the conveyor belt. Mining Equipment and Electromechanics, 2018, no. 6 (140), pp. 3-13.