

УДК 621.87

ВИБРАЦИЯ ЛЕНТЫ И РАБОЧИЕ ПРОЦЕССЫ КОНВЕЙЕРА
VIBRATION OF THE BELT AND WORKFLOWS OF THE CONVEYOR

Захаров Александр Юрьевич,
доктор техн. наук, профессор, e-mail: auzaharov@rambler.ru

Alexander YU. Zaharov,
Dr. Sc.in Engineering, professor, e-mail: auzaharov@rambler.ru

Ерофеева Наталья Валерьевна,
кандидат техн. наук, доцент, e-mail: nayka2009@rambler.ru

Natalya V. Erofeeva,
C.Sc. (Engineering), Associate Professor, e-mail: nayka2009@rambler.ru

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

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

Аннотация

Актуальность работы. Неконтролируемая (возникающая под действием неуправляемых процессов) вибрация составляющих частей машин, превышающая допустимые нормы, оказывает разрушительное влияние и приводит к аварийному состоянию.

Цель работы: разрушительную силу вибрации использовать для достижения определенных полезных целей в отдельных процессах функционирования конвейера

Методы исследования: Произведен анализ информации по публикациям о влиянии вибрации конвейерной ленты на рабочие процессы.

Результаты: Классифицированы причины возникновения и последствия действия вибрации, выделены направления её положительного использования в рабочих процессах ленточных конвейеров, транспортирующих кусковые грузы.

Abstract.

The urgency of the discussed issue: Uncontrolled (arising under the influence of uncontrollable processes) vibration of the component parts of vehicles exceeding the permissible limits, is having a devastating impact leading to an emergency condition.

The main aim of the study: to use the destructive force of vibration for achievement of definite useful purposes in separate processes of functioning of the conveyor

The methods used in the study: The analysis of information on publications on influence of vibration of the conveyer belt on working processes is made.

The results: Authors classified the reasons of emergence and a consequence of action of vibration. They allocated the directions of positive use of vibration in working processes of the belt conveyors transporting bulk cargoes.

Ключевые слова: вибрация, ленточный конвейер, лента, повреждение, нагрузка

Keywords: vibration, conveyor, belt, defect, load

Долгое время вибрация в технике рассматривалась в основном как вредный фактор, поскольку она может оказаться причиной ненормального функционирования техники или даже привести к серьезным авариям. Однакот ее разрушительную силу научились превращать в полезную для человека энергию [1–3]. То же относится и к вибрации такой сложной машины как ленточный конвейер, применяемый в горной, коксохимической, пищевой промышленности и т. д.

Как для любой машины неконтролируемая (возникающая под действием неуправляемых процессов) вибрация ленты и составляющих элементов конвейера, превышающая допустимые

нормы, оказывает разрушительное влияние на него. Основные причины, вызывающие неконтролируемую вибрацию, условно можно разделить на конструктивные, технологические, эксплуатационные и электромеханические (рис. 1).

К конструктивным причинам можно отнести неизбежно возникающую деформацию ленты при огибании барабанов. К конструктивным и технологическим –деформацию на роликах. При набегании груженой ветви ленты на роликоопору ее рабочая обкладка растягивается, а нижняя начинает сжиматься, достигая своего максимума приблизительно в точке перегиба ленты на ролике, далее лента начинает распрямляться, меняет вследствие

перемещающейся объемной деформации напряжения растяжения на напряжение сжатия и к середине пролета рабочая обкладка сжимается до максимального значения, а нерабочая – растягивается. Усилия растяжения и сжатия вызывают микротрещины на небольшом участке обкладки, поверхность обкладок покрывается сеткой из микротрещин, что в дальнейшем в комплексе с усталостным износом приводит к разрушению обкладок [4]. Практически аналогичные, но с большей амплитудой, деформации испытывает лента и на барабанах.

Провисание ленты при прохождении ее через роликоопоры, кроме того, вызывает поперечные колебания, частота которых зависит от натяжения ленты и скорости движения [5]. Эти поперечные колебания ленты приводят к шевелению груза. Поперечные вибрационные процессы, в случае использования роликоопор с установленными под углом в горизонтальной плоскости боковыми роликами, может вызывать несимметричное поперечное сечение груза на ленте (нецентральная загрузка).



Рис. 1. Причины вибрации конвейерных лент
Fig. 1. Reasons for the vibration of conveyor belts

Существуют продольные колебания ленты, которые возникают, как отмечается в литературе [6], при скорости движения ленты более некой критической величины. Пробуксовка ленты на приводном барабане также может вызывать продольную вибрацию.

В конструкции ряда конвейеров предусматривается шарнирное крепление подвесных роликоопор к канатному ставу. Однако в процессе движения конвейерной ленты роликоопоры отклоняются вперед по ходу движения ленты, поворачиваются относительно мест крепления, что часто приводит к неустойчивому поперечному движению ленты. На горизонтальных конвейерах не рекомендуется устанавливать подвесные роликоопоры с шарнирным креплением к ставу, так как независимо от нагрузки и прочих параметров неизбежно возникает режим автоколебаний, приводящий к износу ленты, роликоопор и нестабильной работе конвейера, связанной с колебаниями канатов става, неустойчивым движением ленты [7]. На уклонных конвейерах режим автоколебаний может возникнуть при угле установки конвейера $\beta = 5-7^\circ$.

К эксплуатационным причинам можно отнести неравномерность загрузки грузом ленты по длине и ширине. Так, в случае транспортирования крупнокускового груза при загрузке крупные куски засыпаются мелкими, образовывая бугристую поверхность. Под воздействием груза, скопившегося в этих утолщениях, лента деформируется сильнее, чем на соседних участках, засыпанных только мелкокусковым грузом. Это заставляет ленту совершать хаотические вертикальные колебания. В неустойчивом режиме при больших скоростях движения ленты амплитуда ее колебаний может достигнуть такой величины, при которой она начнет отрываться от роликоопор, и будет двигаться рывками [6]. Кроме того, транспортирование и загрузка крупнокускового материала вызывают динамические нагрузки на ленту. Крупный кусок, непосредственно лежащий на ленте, при прохождении каждой роликоопоры наносит удары практически в одно и тоже место рабочей обкладки. Скопление таких очагов могут привести к повреждению ленты.

Аналогичные колебания встречаются и при транспортировании мелкокускового груза. Так, при перемещении груженого конвейерного полотна ленточных транспортеров по перегрузке зерна уже при скорости 3 м/с по роликоопорам наблюдаются пространственные колебания высоких и низких частот. При совпадении частоты колебаний ленты с частотой колебаний става возможен резонанс, резкое увеличение просыпания груза, нарастание нагрузок на элементы конвейера [5].

При транспортировании «связных» материалов, например, бетонной смеси, ленточными конвейерами при определенных режимах за счет ав-

токолебаний ленты на роликоопорах и в пролете между ними смесь может расслаиваться на составляющие ее элементы [8]. В процессе транспортирования осевшая на ленте мелочь уплотняется, и содержащаяся в ней вода отжимается вверх под действием импульсного воздействия от роликоопоры, тем самым нарушая водную пленку между материалом и лентой, что приводит к увеличению сил налипания материала к ленте.

Существуют электромеханические причины вибрации ленты. В случае отсутствия на конвейере системы плавного запуска при жестком пуске происходит импульсное локальное продольное растяжение ленты, вследствие чего могут возникать интенсивные поперечные колебания, ее отрыв от роликоопор с последующим затуханием образованной волны. Жесткий пуск загруженного конвейера может вызвать сброс находящегося на ленте груза.

При эксплуатации многоприводных конвейеров немаловажную роль играет несогласованность приводов или наличие разницы в диаметрах барабанов в приводах с жесткой связью. Несогласованность приводов приводит к вибрации на большие расстояния.

Таким образом, с одной стороны (наихудшей) при транспортировании ленточными конвейерами груза при вибрации ленты может произойти его сброс, а также при этом увеличивается сопротивление движению, создаются дополнительные динамические усилия на металлоконструкции (рис. 2). Однако, как указывается в работе [2], однозначно говорить о вреде вибрации конвейерной ленты нельзя.

Рассмотрим возможности использования «быстрых механических воздействий» (вибрации) конвейерной ленты для достижения конкретной поставленной цели.

С положительной стороны это явление можно использовать для промежуточной разгрузки транспортируемого материала с ленточного конвейера. Применение механических сбрасывателей приводит к повышенному износу ленты и соответственно снижению в среднем в 3 раза её долговечности [9]. Использование при разгрузке двухбарабанных разгрузочных тележек вызывает увеличение мощности привода конвейера на 20–25 %. Промежуточная разгрузка насыпных грузов может быть осуществлена с помощью целенаправленных колебаний рабочего органа, передающего вибрации через ленту насыпному грузу. При этом вибрационное разгрузочное устройство практически не изменяет потребляемую мощность привода конвейера, несмотря на скользящий контакт между лентой и вибрационной плоскостью. Максимальная скорость вибрационного перемещения насыпных рядовых грузов достигает 0,7 м/с.

Другим вариантом использования вибрации лент является очистка их от налипшего слоя мате-

риала устройством, создающим вибрации холостой ветви ленты сразу за разгрузочным барабаном. Устройство представляет собой виброролик с приваренными к его поверхности прутьями [10]. Вращающийся от конвейерной ленты виброролик возбуждает в ней колебания и осуществляет ее очистку от крупных частиц. Для более тщательной очистки ленты можно использовать рабочий орган, выполненный в виде ячеистого полотна из эластичного материала, который прижимается к загрязненной поверхности ленты посредством рычажно-пружинной подвески. За счет колебаний, передаваемых через ленту от виброролика, рабочий орган осуществляет очистку конвейерной ленты от мелких адгезирующих и абразивных составляющих налипшего слоя. Применение совместно с вибророликом многоскребкового рабочего органа позволяет достичь коэффициента очистки ленты от вязких липучих частиц до 78 % [11]. При этом срок службы данного очистителя в 25–30 раз выше по сравнению с традиционным скребком за счет снижения на порядок давления на конвейерную ленту.

Как указано выше, при движении по роликоопорам лента совершает вертикальные колебания. Под действием этих колебаний происходит естественная сегрегация насыпного груза по крупности. Крупные куски насыпного груза «всплывают» и оказываются приподнятыми от ленты на некоторую величину, зависящую от характеристики конвейера [12]. Усилить эффект перераспределения (сегрегации) насыпного груза по крупности

или по плотности можно, если приложить к ленте ударно-вибрационные импульсы с определенными параметрами. Это может быть использовано, например, в горной промышленности для снижения динамических нагрузок при прохождении крупнокускового груза по роликоопорам линейной секции созданием изолирующего слоя из мелких фракций груза между лентой и куском [13] или в коксохимической промышленности для изоляции от поверхности ленты крупных кусков кокса, имеющих обычно большую температуру, слоем из мелкого кокса с меньшей температурой [14].

Кроме того, следует отметить, что часть причин, вызывающих вибрацию можно отнести к устранимым. Так обеспечение требуемого натяжения ленты, хорошая очистка конвейерной ленты, а соответственно, роликов и барабанов, установка аппаратуры согласования приводов приведет к устранению вибрации ленты. А установка направляющих на участке загрузки дозирующего питателя обеспечит центральную равномерную загрузку.

Таким образом, для повышения эффективности транспортирования ленточными конвейерами кусковых грузов целесообразно использовать источники управляемой вибрации для достижения определенных целей в отдельных процессах функционирования конвейера и в то же время стремится снизить вероятность превышения допустимого уровня вибрации в опасных зонах и от отмеченных в классификации возможных источников неуправляемой вибрации.



Рис. 2. Последствия вибрации конвейерной ленты
Fig. 2. The effects of vibration of the conveyor belt

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блехман, И. И. Вибрационная механика. - М.: Физматлит, 1994. – 400 с.
2. Фролов, К.В. Вибрация – друг или враг? – М.: Наука, 1984. – 144 с.
3. Гончаревич, И. Ф. Вибротехника в горном производстве. – М.: Недра, 1992. – 319 с.
4. Терезюк, П.С. Влияние колебания ленты конвейера на ее техническое состояние // UNIVERSUM: Технические науки : электрон. научн. журн. – 2014. – №8 (9).
5. Турпищева, М.С. Проблемы надежности ленточных конвейеров портовых зерновых терминалов / М.С. Турпищева, Н.В. Дульгер, В.К. Пенский // Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. – 2015. – №1. – С. 109–112.
6. Александрова, Т.В. Взаимодействие кусковой руды с лентой конвейера // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2008. – Т. 5. №4 (35). – С. 48–52.
7. Яхонтов, Ю. А. Автоколебания подвесных роликоопор линейных секций конвейеров / Ю. А. Яхонтов, В. Г. Дмитриев // Изв. вузов. Горный журнал. – 2007. – №5. – С. 79–86.
8. Комар, В.Л. Установление рациональных параметров ленточных конвейеров для карьеров промышленности строительных материалов : дис.... канд. техн. наук. – М., 1984 – 189 с.
9. Кузнецов, Е.С. Исследование процесса промежуточной вибрационной разгрузки ленточных конвейеров : автореф. дис.... канд. техн. наук. – Л., 1975. – 18 с.
10. Горно-транспортное оборудование. Ленточные конвейеры. Раздел 3. – М. – 1990. – с 450.
11. Бибиков, П.Я. Установление рационального типа и параметров механических очистных устройств ленточных конвейеров горных предприятий по переработке нерудного сырья : автореф. дис.... канд. техн. наук. – М., 2002. – 23 с.
12. Захаров, А.Ю. Исследование естественной сегрегации насыпного груза на ленточном конвейере / А.Ю. Захаров, Н.В. Ерофеева // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири: тез. докл. IX междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово, 2012. – С. 124–126.
13. Захаров, А.Ю. Использование явления сегрегации насыпного груза для снижения динамических нагрузок при транспортировании крупнокусковых грузов / А.Ю. Захаров, Н.В. Ерофеева // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности : Труды VI междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово, 2004. – С. 111.
14. Ерофеева, Н.В. Методы повышения долговечности конвейерных лент на горячих грузопотоках / Н.В. Ерофеева, И. Н. Чеботова // Современные тенденции и инновации в науке и производстве : материалы III междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово, 2014. – С. 28–29.

REFERENCES

1. Blekhman, I.I. Vibrational mechanics. M ., 1994. 400 p.
2. Frolov, K.V. Vibration - friend or foe? M ., 1984 144 p.
3. Goncharevich, J.F. Vibrotehnika in mining. M ., 1992. 319 p.
4. Terezjuk, P.S. Vlijanie kolebanija lenty konvejera na ee tehnicheskoe so-stojanie // UNIVERSUM: Tehnicheskie nauki : elektron. nauchn. zhurn. 2014. no 8 (9).
5. Turpishheva, M.S. Problemy nadezhnosti lentochnyh konvejerov portovyh zernovyh terminalov / M.S. Turpishheva, N.V. Dul'ger, V.K. Penskij Vestnik AGTU. Ser.: Morskaja tehnika i tehnologija. 2015. no 1. pp. 109–112.
6. Aleksandrova, T.V. Vzaimodejstvie kuskovoj rudy s lentoj konvejera Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovoyh tehnologij. 2008. T. 5. no (35). pp. 48–52.
7. Jahontov, Ju. A. Avtokolebanija podvesnyh rolikoopor linejnyh sekciij konvejerov / Ju. A. Jahontov, V. G. Dmitriev // Izv. vuzov. Gornyj zhurnal. 2007. no 5. pp. 79–86.
8. Komar, V.L. Ustanovlenie racional'nyh parametrov lentochnyh konvejerov dlja kar'eroval promyshlennosti stroitel'nyh materialov : dis.... kand. tehn. nauk. M., 1984. 189 p.
9. Kuznecov, E.S. Issledovanie processa pomezhutochnoj vibracionnoj razgruzki lentochnyh konvejerov : avtoref. dis.... kand. tehn. nauk. L., 1975. 18 p.
10. Gorno-transportnoe oborudovanie. Lentochnye konvejery. Razdel 3. M. 1990. p 450.
11. Bibikov, P.Ja. Ustanovlenie racional'nogo tipa i parametrov mehaniche-skikh ochistnyh ustrojstv lentochnyh konvejerov gornyh predpriatij po pererabotke nerudnogo syr'ja : avtoref. dis.... kand. tehn. nauk. M., 2002. 23 p.
12. Zaharov, A.Ju. Issledovanie estestvennoj segregacii nasypnogo gruda na lentochnom konvejere / A.Ju. Zaharov, N.V. Erofeeva. Prirodnye i intellektual'nye resursy Sibiri: tez. dokl. IX mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Kemerovo, 2012. pp. 124–126.
13. Zaharov, A.Ju. Ispol'zovanie javlenija segregacii nasypnogo gruda dlja snizhenija dinamicheskikh nagruzok pri transportirovaniyu krupnokuskovyh gruzov / A.Ju. Zaharov, N.V. Erofeeva // Jenergeticheskaja bezopasnost' Rossii. Novye podhody k razvitiyu ugol'noj promyshlennosti : trudy VI mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Kemerovo, 2004. p. 111.
14. Erofeeva, N.V. Metody povyshenija dolgovechnosti konvejernyh lent na gorjachih gruzopotokah / N.V. Erofeeva, I. N. Chebotova // Sovremennye tendencii i in-novacii v nauke i proizvodstve : materialy III mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Kemerovo, 2014. p. 28–29.

Поступило в редакцию 29.09.2015