

УДК 621.867 (075.8)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА КОНВЕЙЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.В. Новкунский¹, А.А. Новкунский², М.О. Туманян³, Л.П. Щулькин³

¹ООО «Нониус», Россия, г. Самара;

²Институт энергетики и транспортных систем Санкт-Петербургского политехнического университета, Россия, г. Санкт-Петербург;

³ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет»,
Россия, г. Ростов-на-Дону.

Аннотация. В статье анализируются способы ремонта обрешеченного барабана ленточного конвейера. На основании выполненного анализа установлено, что замена изношенной резиновой футеровки барабана возможна только в заводских условиях после разборки приводной станции конвейера. Авторами предложена конструкция быстроменяемой футеровки барабана в виде набора отдельных обрешеченных секторов с резьбовым креплением к барабану. Это позволяет производить ремонт футеровки барабана на месте эксплуатации без разборки.

Ключевые слова: ленточный конвейер, приводной барабан, ремонт резиновой футеровки барабана.

Введение

Уже на протяжении нескольких десятков лет на крупных предприятиях горнодобывающей промышленности и при возведении высоконапорных плотин во время строительства крупных ГЭС, используются тяжелые ленточные конвейеры, позволяющие резко увеличить производительность транспортировки материалов на объекте и степень механизации труда при перемещении грузов, по сравнению с выполнением этих работ с помощью большегрузного автотранспорта. В горнодобывающей промышленности транспорт добытых ископаемых является одним из решающих звеньев в общем технологическом процессе. Это объясняется большими грузопотоками, разветвленностью и значительной протяженностью выработок, по которым производится транспортирование. Кроме того, применение ленточных конвейеров обеспечивает поточность и полную автоматизацию транспортных операций.

Как правило, такие конвейеры являются уникальными по своим эксплуатационным параметрам и конструктивному исполнению. Длины конвейеров достигают 1,5 – 2-х километров, в зависимости от угла наклона.

Один или два устанавливаемых конвейера призваны заменить целый парк автомобилей и потому надежность конвейера должна быть очень высокой. Остановка конвейера даже на плановый ремонт сразу же отражается на интенсивности

транспортировки грузов на объекте, не говоря уже об аварийных остановках.

Возрастающее использование ленточных конвейеров требует повышения их качества и технико-экономических показателей. Первостепенную важность приобретают вопросы надежности и ремонтпригодности уникального конвейерного оборудования, когда оно используется в схеме транспортировки, как это нередко случается, без резервной цепочки подачи материала [1].

Особенностью работы ленточного конвейера в открытом карьере или при строительстве плотины является работа под открытым небом, в самых различных сезонных климатических условиях, в том числе в регионах Сибири и Крайнего Севера, в сильно запыленной окружающей среде. Непрерывный производственный процесс, с предельными нагрузками, на которые рассчитывается конвейерное оборудование, а также самые неблагоприятные условия окружающей среды, требуют от оборудования максимально высокой его надежности. Необходимой надежностью и долговечностью должны обладать не только подвижные узлы и детали, тяжело нагруженных механизмов, но также неподвижные узлы и детали (рамы, став, балки роликкоопор и др.) [2].

Надежность узлов конвейера зависит от правильного выбора схемы его нагружения [3], конструктивного запаса прочности и стойкости, высокого качества изготовления, а также обеспечения проектных (расчетных)

условий работы данного узла [4]. Например, подшипниковые узлы роlikоопор рабочей ветви транспортерной ленты, от надежности работы которых зависит ее долговечность, можно обеспечить закладной смазкой, защитить надежными уплотнениями и обеспечить требуемую долговечность до капитального ремонта [5,6]. Узлы с быстроизнашивающимися элементами обычно выполняют так, что их можно быстро и без особого труда, своевременно заменить, во время планового профилактического ремонта, не дожидаясь аварийной остановки. Некоторые узлы и детали конвейера рассчитываются на весь срок его службы, то есть на срок его использования на данном объекте. Ответственные и уязвимые узлы приводной и натяжной станций, подвергающиеся негативному воздействию окружающей среды, стараются защитить укрытиями различного конструктивного исполнения, либо использовать оборудование с необходимой степенью защищенности.

Разработка конструкции и технологии ремонта футеровки барабана

Самыми тяжело нагруженными, подверженными высокому абразивному, а также агрессивному воздействию и в тоже время, трудно защищаемыми узлами, являются конвейерная транспортерная лента и приводной барабан, приводящий ее в движение. Рабочая сторона транспортерной ленты тяжелого конвейера, применяемого для открытых работ, испытывает весь спектр статических и динамических нагрузок, в том числе не моделируемых в процессе его создания. В расчетах конвейера нередко используются эмпирические зависимости, допускающие иногда существенные расхождения с действительными условиями нагружения [7]. В особенности это относится к вопросам износостойкости, усталости и физического старения материалов, прямо влияющих на долговечность оборудования [8]. Так называемая, нерабочая сторона транспортерной ленты, имеет свою специфику нагружения и рабочего воздействия, которые также участвуют в расчетах при определении проектной долговечности изделия и его предельных параметров. Рабочее тяговое усилие в конвейерной ленте, от которого зависит расчетная производительность конвейера, создается исключительно за счет сцепления приводного барабана с нерабочей стороной транспортерной ленты, тяговое усилие

должно быть гарантированно стабильным на протяжении всего срока эксплуатации ленты, вплоть до момента ее замены, или замены всего конвейера.

Энергия, необходимая для перемещения груза, расположенного на рабочей ветви конвейерной ленты и преодоления сопротивлений, связанных с ее движением, передается через поверхность контакта ленты с поверхностью приводного барабана, ограниченной оптимальной дугой его обхвата лентой и ее шириной. Из конструктивных соображений и возможной унификации этого вида изделий, максимальная ширина ленты и диаметр барабана установлены 2000 мм. При длине конвейера равной примерно 1250 метров, кратность циклов движения транспортерной ленты и находящегося с ней в непрерывном контакте приводного барабана составляет 400 раз. Причем контакт барабана с лентой должен осуществляться с созданием в зоне контакта максимальной возможной силы давления и соответственно силы трения, для перемещения рабочей ветви транспортерной ленты, максимально загруженной материалом по всей длине конвейера. Для этого создается необходимое натяжение конвейерной ленты, с помощью специальной натяжной станции конвейера. Максимальное натяжение транспортерной ленты обеспечивается благодаря применению резинотросовой ленты необходимой толщины. Армирование ленты стальными тросами существенно расширяет диапазон допустимого усилия в ней, но при этом существенно усложняет процесс ее стыковки при сборке конвейера, а также в процессе ремонта [9]. Этот процесс, требующий создания специальной оснастки и использования специальной технологии, осуществляется квалифицированными специалистами на месте сборки и эксплуатации конвейера. Он предварительно тщательно планируется, готовится и четко регламентируется при выполнении ремонтных работ [10].

При принятых максимальных значениях ширины ленты и диаметра приводного барабана определяющим фактором, ограничивающим повышение тягового усилия конвейера, является возможность создания необходимой силы трения в контакте барабана с лентой, которая зависит от силы натяжения в ленте и динамического коэффициента трения.

На основании расчетов и многочисленных экспериментов установлено, что

необходимым условием создания максимального и стабильного коэффициента трения в месте контакта вращающегося приводного барабана с резиновой транспортной лентой, армированной тканью или стальными тросами и подверженной в течение длительного времени воздействию агрессивной среды, является резиновая футеровка барабана, выполняемая различными способами. Несмотря на то, что материалы футеровки барабана и транспортной ленты, имеют практически одинаковые физические свойства и испытывают в контакте одинаковые удельные нагрузки, интенсивность износа футеровки барабана в несколько сот раз превосходит интенсивность износа поверхности ленты, обращенной к барабану, учитывая многократную разницу в циклах их относительного движения.

Получается, что самым высоконагруженным элементом конвейера, ограничивающим его технические возможности, является резиновая футеровка приводного барабана, которая может быть отнесена также к числу быстро изнашиваемых.

В то же время этот элемент до сих пор остается для машиностроительного предприятия, производящего такие конвейеры и для организации, эксплуатирующей его, самым трудно ремонтируемым, требующим обязательной разборки приводной станции конвейера, отправки барабана на завод для удаления старой или поврежденной футеровки, затем отправки его на завод РТИ (резинотехнических изделий) для нанесения резинового слоя методом горячей вулканизации, с последующей механической обработкой футерованного слоя барабана на машиностроительном заводе.

Обрезинивание металлических деталей может выполняться с помощью горячей и холодной вулканизации.

Для надежного сцепления резины с металлом барабана, в процессе горячей вулканизации на заводе РТИ, его поверхность предварительно покрывается слоем эбонита, который по твердости и жесткости является промежуточным материалом между металлом и резиной и позволяет снизить скачок напряжений, действующих в стыке разнородных материалов.

К преимуществам горячей вулканизации, по сравнению с холодной вулканизацией относятся:

1. более высокая прочность соединения;
2. меньшая стоимость материалов;
3. возможность вулканизации при отрицательных температурах окружающей среды.

Недостатки горячей вулканизации:

1. Данный метод невозможно применять при повышенной влажности более 80 процентов и повышенной запыленности;
2. Более трудоёмкий и продолжительный процесс по сравнению с холодной вулканизацией.

Известен также конструктивно-технологический вариант обрезинивания стального барабана холодным методом, выполняемым на заводе, или в условиях ремонтной мастерской, на объекте. Данный вариант представляет собой приклеивание, по спирали, к барабану полосы, шириной примерно 150-200мм., вырезанной из резинотканевой ленты. Этот способ обрезинивания является достаточно трудоёмким, в особенности при его применении на объекте. Кроме того, надежность крепления резины к металлу этим способом, как и при любом другом клеевом способе соединения двух разнородных материалов, сильно зависит от качества подготовки склеиваемых поверхностей и точного соблюдения технологии склеивания. Точно выполнить все технологические рекомендации по склеиванию, в процессе приклеивания к барабану диаметром 2000мм. полосы резинотканевой ленты длиной 60-80 метров, достаточно трудно. Трудно также обеспечить равномерное прижатие ленты, приклеенной к барабану. Этот вариант обрезинивания можно рассматривать как вынужденный ремонтный вариант, выполняемый на заводе или на объекте, с необходимостью предварительной механической обработки барабана для удаления старого слоя футеровки.

При таком конструктивном исполнении футеровки приводного барабана его ремонт или замена все равно требуют значительных затрат времени и труда.

В настоящее время замена футеровки барабана возможна только в условиях специализированных предприятий, куда после разборки конвейера доставляется приводной барабан.

Исходя из анализа существующих методов замены футеровки, существенного сокращения времени простоя конвейера в ремонте и снижения его трудоемкости, можно достигнуть, применяя в конструкции приводного барабана быстро съемную футеровку, позволяющую произвести ее замену без снятия барабана с приводной станции конвейера.

Авторами статьи предложена конструкция быстрозаменяемой футеровки барабана,

заключающаяся в том, что элементы футеровки выполнены в виде набора отдельных секторов, крепящихся к барабану с помощью резьбовых и припасованных элементов, позволяющих передавать усилие от приводного барабана транспортной ленте. Конструкция обрешивенного барабана показана на рисунке 1. А элемент быстро съемной резиновой футеровки – на рисунке 2.

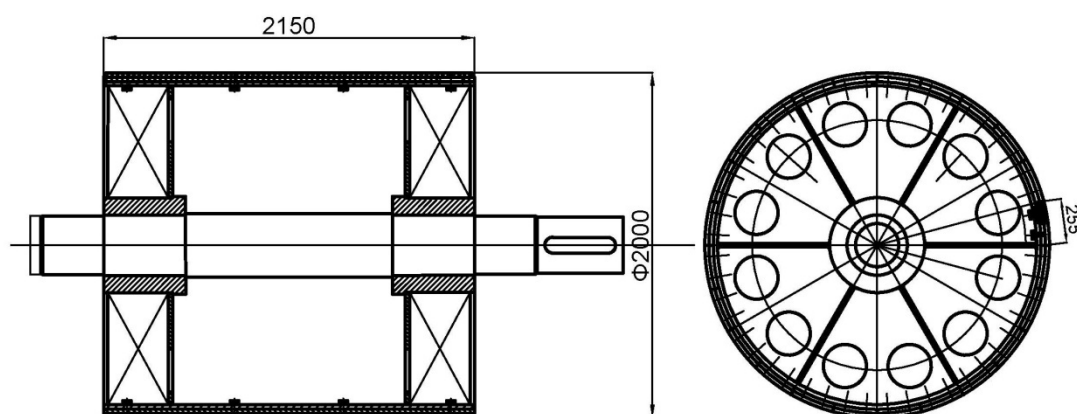


Рис. 1. Обрешивенный барабан магистрального ленточного конвейера

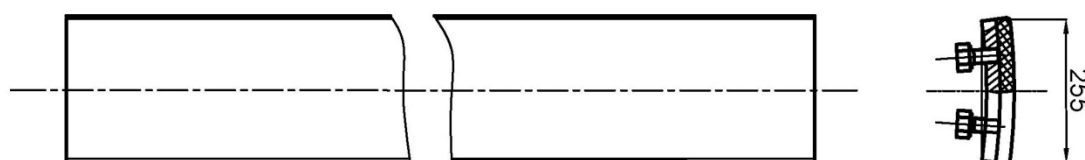


Рис. 2. Элемент быстро съёмной резиновой футеровки приводного барабана

Съемная футеровка выполнена в виде отдельных металлических секторов, обрешивенных по традиционной технологии методом горячей вулканизации в пресс-форме сравнительно небольших размеров и прикрепленных к барабану с помощью резьбовых и припасованных элементов, позволяющих передавать усилие рабочего движения от приводного барабана транспортной ленте.

Подобная конструкция изделия и технология производства используется для создания обрешивенных направляющих подшипников гидротурбин, работающих на водяной смазке. Только в отличие от приводного барабана конвейера, в

направляющем подшипнике обрешивается внутренняя поверхность корпуса подшипника, также крупной кольцевой детали, смонтированной в трудно доступном месте, требующей для своей замены проведения сложных монтажных работ и длительной остановки гидроагрегата.

При наличии готового запасного комплекта секторов их замену на установленном на конвейере барабане можно последовательно произвести, смещая заменяемый сектор барабана в зону, не обхваченную лентой. Наличие запасного комплекта сменных секторов футеровки барабана делает достаточно сложную и ответственную процедуру их подготовки к

установке на барабан независимой от эксплуатации конвейера. А сам процесс такой замены резиновой футеровки барабана ленточного конвейера позволяет предельно сократить время его вынужденной остановки и резко увеличить эффективность ремонта.

Выводы

1. В настоящее время замена изношенной футеровки приводного барабана ленточного конвейера возможна только в стационарных условиях специализированного предприятия после разборки приводной станции конвейера.

2. В статье предложена конструкция быстрозаменяемой футеровки приводного барабана, позволяющая производить ремонт футеровки на месте эксплуатации конвейера без его разборки.

Библиографический список

1. Зенков Р.Л. Машины непрерывного транспорта / Р.Л. Зенков, И.И. Ивашков, Л.Н. Колобов. – М.: Машиностроение, 1987. – 432 с.
2. Васильев, М.В. Конвейеры большой протяженности на открытых работах / М.В. Васильев. – М.: Недра, 1977. – 264 с.
3. Белецкий, Б.Ф. Строительные машины и оборудование / Б.Ф. Белецкий, И.Г. Булгакова. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2005. – 608 с.
4. Шулькин, Л.П. Повышение эффективности работы ленточных и винтовых конвейеров на комбинате строительных материалов / Л.П. Шулькин // Электронный научный журнал: «Инженерный вестник Дона». – Ростов-на-Дону, 2013 – № 4, http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/R_35_schulkin_1.pdf_2177.pdf
5. Касьянов, В.Е. Определение максимальной нагруженности деталей с помощью моделирования / В.Е. Касьянов, Л.П. Шулькин // Электронная версия журнала «Научное обозрение». – 2014. – № 10 (3).
6. Спиваковский А.О. Карьерный конвейерный транспорт / А.О. Спиваковский, М.Г. Потапов, Г.В. Приседский. – М.: Недра, 1979. – 264 с.
7. Беленький, Д.М. Магистральные конвейеры / Д.М. Беленький. – М.: Недра, 1965. – 219 с.
8. Спиваковский, А.О. О приводе мощных ленточных конвейеров для открытых и подземных горных разработок / А.О. Спиваковский // Изв. вузов. Горный журнал. – 1976. – № 11. – С. 47-50.
9. Беленький, Д.М. Пластинчатые конвейеры / Д.М. Беленький, Д. Кузнецов – М.: Недра, 1971. – 184 с.
10. Шахмейстер, Л.Г. Теория и расчет ленточных конвейеров / Л.Г. Шахмейстер, В.Г. Дмитриев – М.: Машиностроение, 1978. – 392 с.

IMPROVING THE DESIGN AND TECHNOLOGY OF REPAIR CONVEYOR EQUIPMENT

A.V. Novkunskiy, A.A. Novkunskiy,
M.O. Tumanyan, L.P. Chulkin

Abstract. The article analyzes the methods of repair of rubberized drum belt. On the basis of the analysis it was found that replacing worn-out rubber lining of the drum is only possible at the factory after dismantling the drive station of the conveyor. The authors proposed the design of the quick change of the lining of the drum in the form of a set of separate rubber sections with threaded mount to the drum. This allows the relining of the drum on site without disassembly.

Keywords: conveyor belt, drive pulley, repair of the rubber lining of the drum.

References

1. Zenkov R.L., Ivashkov I.I., Kolobov L.N. *Mashiny nepreryvnogo transporta* [Cars of continuous transport]. Moscow, Mashinostroenie, 1987. 432 p.
2. Vasil'ev M.V. *Konveyery bol'shoy protyazhyonnosti na otkrytykh rabotakh* [Conveyors of big extent at open works]. Moscow, Nedra, 1977. 264 p.
3. Beleckiy B.F., Bulgakova I.G. *Stroitel'nye mashiny i oborudovanie* [Construction cars and equipment]. Rostov-na-Donu.: Feniks, 2005. 608 p.
4. Shul'kin L.P. *Povyshenie effektivnosti raboty lentochnykh i vintovykh konveyerov na kombinatе stroitel'nykh materialov* [Increase of overall performance of tape and screw conveyors at combine of construction materials]. *EHlektronnyy nauchnyy zhurnal: Inzhenernyy vestnik Dona*, Rostov-na-Donu, 2013, no 4.
5. Kas'yanov V.E., Shul'kin L.P. *Opredelenie maksimal'noy nagruzhennosti detaley s pomoshch'yu modelirovaniya* [Determination of the maximum loading of details by means of modeling]. *EHlektronnaya versiya zhurnala Nauchnoe obozrenie*, 2014, no 10 (3).
6. Spivakovskii A.O., Potapov M.G., Prisedskii G.V. *Karernii konveiernii transport* [Career conveyor transport]. Moscow, Nedra 1979. 264 p.
7. Belen'kiy D.M. *Magistral'nye konveyery* [Main conveyors]. Moscow, Nedra, 1965. 219 p.
8. Spivakovskiy A.O. *O privode moshhnykh lentochnykh konveyerov dlya otkrytykh i podzemnykh gornyykh razrabotok* [About the drive of powerful tape conveyors for open-cast and underground mountain minings]. *Izv. vuzov. Gornyy zhurnal*, 1976, no 11. pp. 47-50.
9. Belen'kiy D.M., Kuznetsov D. *Platinchatye konveyery* [Lamellar conveyors]. Moscow, Nedra, 1971. 184 p.
10. Shahmejster L.G., Dmitriev V.G. *Teoriya i raschet lentochnykh konveyerov* [Theory and calculation of tape conveyors]. Moscow, Mashinostroenie, 1978. 392 p.

Новкунский Александр Вячеславович (Россия, г. Самара) – директор ООО «Нониус» (г. Самара ул. Гидротурбинная д. 13 e-mail: 8644372566@mail.ru).

Новкунский Алексей Александрович (Россия, г. Санкт-Петербург) – кандидат технических наук; Институт энергетики и транспортных систем Санкт-Петербургского политехнического университета (195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: 9110957043@mail.ru).

Туманян Манасер Овсепович (Россия, г. Ростов-на-Дону) – зав. лабораторией кафедры ТЭСАО ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет» (г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162, e-mail: manastum@mail.ru).

Шулькин Леонид Прокофьевич (Россия, г. Ростов-на-Дону) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Механизация, автоматизация и энергообеспечение строительства» ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет» (г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162, e-mail: dmitrnd@yandex.ru).

Novkunsky Alexander Vyacheslavovich (Russian Federation, Samara) – director of LLC Nonius (Samara Gidroturbinnaya St. of of 13 e-mails: 8644372566@mail.ru).

Novkunsky Alexey Aleksandrovich (Russian Federation, St. Petersburg) – candidate of technical sciences; Institute of power and transport systems of the St. Petersburg polytechnical university (195251, St. Petersburg, Politekhnikeskaya St., 29, e-mail: 9110957043@mail.ru).

Tumanyan Manaser Ovsepovich (Russian Federation, Rostov-on-Don) – manager laboratory of department of TESA O FGBOU VPO "Rostov state construction university" (Rostov-on-Don, Sotsialisticheskaya St., 162, e-mail: manastum@mail.ru).

Shchulkin Leonid Prokofyevich (Russia, Rostov-on-Don) – candidate of technical sciences, the associate professor "Mechanization, Automation and Power Supply of Construction" department FGBOU VPO "The Rostov state construction university" (Rostov-on-Don, Sotsialisticheskaya St., 162, e-mail: dmitrnd@yandex.ru).

УДК 621.879

РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМ ПРИВОДОМ ПОВОРОТНОЙ ПЛАТФОРМЫ ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА

В.В. Савинкин¹, В.Н. Кузнецова², В.Г. Яковлев³

¹ Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева, г. Петропавловск, Казахстан;

² ФГБОУ ВПО «СибАДИ», г. Омск, Россия;

³ Товарищество с ограниченной ответственностью «Мехколонна - 60», г. Петропавловск, Казахстан.

Аннотация. Технологические операции гидропривода одноковшового экскаватора осуществляются при высоких затратах энергии, большая доля которой приходится на преодоление сил сопротивления и перемещение собственных масс рабочего оборудования. При этом мощные гидравлические механизмы и рабочее оборудование испытывают циклически изменяющиеся нагрузки при выполнении технологических операций. В статье приводится описание разработанной системы управления энергоэффективным приводом поворотной платформы одноковшового экскаватора, предназначенной для регулирования и оптимального распределения сил и моментов сил между усилителем и гидромотором, что приводит к снижению энергонапряженности гидропривода как минимум в 1,2 раза.

Ключевые слова: энергоэффективность, следящая система, алгоритм, силы сопротивления, кинематическая пара.

Введение

У большинства существующих экскаваторов поворотная платформа вращается посредством гидропривода, включающего в себя основные элементы:

гидронасос, гидродвигатель и гидрораспределительную систему. Особенностью работы гидропривода является непостоянство крутящего момента на валу приводной шестерни и момента