

УДК 621.867

Романюк Н.Н., кандидат технических наук, доцент;
Сашко К.В., кандидат технических наук, доцент;
Клавсуть П.В., старший преподаватель
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ЛЕНТОЧНОГО ТРАНСПОРТЕРА

***Аннотация.** Рассматриваются вопросы, связанные с разработкой конструкций приводных барабанов и загрузочного устройства, позволяющих повысить производительность и надежность работы ленточных транспортеров.*

Комплексная механизация погрузочно-разгрузочных работ с использованием машин непрерывного транспорта повышает производительность труда и эффективность производства. Ленточные транспортеры широко применяются на предприятиях агропромышленного комплекса благодаря своим преимуществам: удобству обслуживания, незначительному вредному сопротивлению при движении транспортерной ленты, небольшой удельной массе движущихся частей, меньшему по сравнению с другими транспортерами расходу электроэнергии.

Ленточные конвейеры оборудованы фрикционными приводами с приводными барабанами, передающими тяговое усилие и движение ленте трением. На ленточных конвейерах применяют фрикционные приводы, которые дают возможность получать высокие скорости движения рабочего органа – транспортерной ленты. Создание в ленте предварительного натяжения является обязательным условием действия фрикционного привода. Предварительное натяжение должно быть таким, чтобы полностью исключить проскальзывание (пробуксовку) ленты на барабане.

Расчет фрикционного привода основан на решении уравнения, полученном Л. Эйлером для неупругой гибкой нити. Впоследствии теория передачи силы трением была уточнена Н. П. Петровым и Н.

Е. Жуковским [1]. Эти ученые независимо друг от друга рассмотрели взаимодействия блока с гибкой нитью, обладающей определенной упругостью. Идентичный подход к конвейерной ленте при обхвате ею приводного барабана (рисунок 1, а) на дуге обхвата α позволил выявить наличие дуги скольжения αc и дуги покоя αn . На дуге скольжения натяжение в ленте изменяется по логарифмическому закону. При повороте вместе с барабаном любого выделенного отрезка ленты заметно уменьшение его деформации благодаря уменьшению натяжения. Возникает упругое скольжение ленты по барабану, действующее всегда в сторону большего натяжения независимо от направления вращения барабана. На дуге покоя натяжение и деформация ленты не изменяются. Дуга покоя свидетельствует о необходимом для нормальной работы привода запасе сил сцепления между лентой и барабаном.

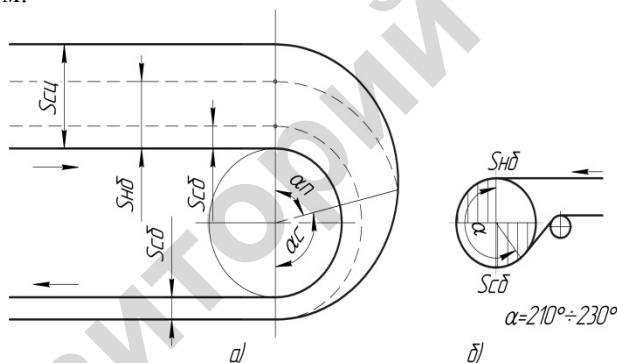


Рисунок 1 – Схемы фрикционных приводов ленточных конвейеров: а – с приводным барабаном; б – с отклоняющим барабаном

В момент пуска ленточного конвейера в результате действия сил инерции от поступательно движущейся с грузом ленты натяжение набегающей ветви ленты $S_{нб}$ возрастает, а в сбегающей ленте $S_{сб}$ уменьшается. Диаграмма натяжения в ленте на дуге обхвата при этом изменяется (см. рисунок 1, а). Для каждого фрикционного привода соотношение между дугами покоя и упругого скольжения должно быть таким, чтобы не было пробуксовки ленты.

При полном использовании силы сцепления между натяжениями и набегающей $S_{нб}$ и в сбегающей $S_{сб}$ ветвях ленты существует зависимость

$$S_{нб} = S_{сб} e^{\mu_0 \alpha},$$

где $e^{\mu_0 \alpha}$ – полный тяговый коэффициент приводного барабана;
 μ_0 – коэффициент сцепления ленты с поверхностью барабана.

Максимальное тяговое усилие, которое способен передать приводной барабан без пробуксовки ленты при известном натяжении в сбегавшей ветви $S_{сб}$,

$$P_{max} = S_{нб} - S_{сб} = (e^{\mu_0 \alpha} - 1) S_{сб}.$$

Для исключения возможности пробуксовки при всех режимах работы конвейера привод должен иметь коэффициент запаса сцепления $k_c = 1,3 \div 1,4$. С учетом этого коэффициента сцепления рекомендуемое тяговое усилие привода (кН)

$$P_0 = S_{нб} - S_{сб} = \frac{1}{k_c} P_{0max} = \frac{1}{k_c} S_{сб} (e^{\mu_0 \alpha} - 1),$$

где $S_{нб}$ и $S_{сб}$ – натяжения в набегающей и сбегавшей ветвях ленты.

По допустимому тяговому усилию рассчитывают мощность привода

$$N = \frac{k_3 P_0 v}{\eta_n \eta_0}$$

где v – скорость ленты, м/с;

η_0 – коэффициент полезного действия передач привода;

k_3 – коэффициент запаса установочной мощности,

$k_3 = 1,0 \div 1,2$.

Эффективность фрикционного привода определяется тяговым коэффициентом. Чем больше значение тягового коэффициента, тем меньше значение расчетного натяжения в ленте. Увеличение тягового коэффициента возможно вследствие повышения коэффициента трения посредством применения фрикционных материалов для футеровки барабана, таких, как древесина, резина и др.

В БГАТУ разработаны оригинальные конструкции приводных барабанов, позволяющие значительно повысить тяговый коэффициент и снизить износ ленты.

На рисунке 2 представлен приводной барабан ленточного транспортера [2].

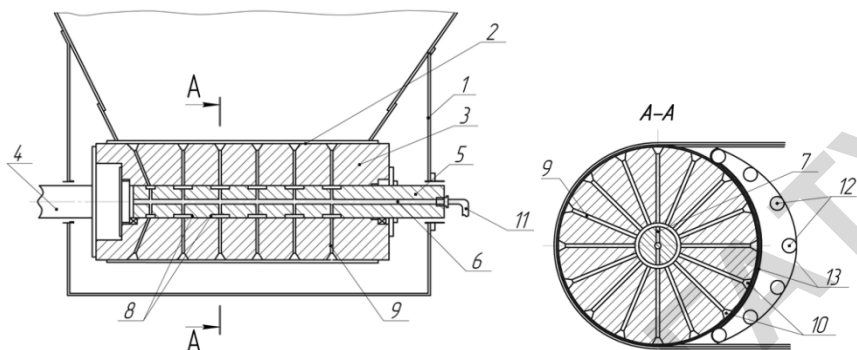


Рисунок 2 – приводной барабан ленточного транспортера

Ленточный транспортер, содержащий раму 1, транспортную ленту 2, устройство для предотвращения буксования транспортной ленты 2, включающее приводной барабан 3, соединенный с приводным валом 4, и установленный на оси 5, в которой выполнен центральный 6 вакуумный канал, являющийся продолжением отсасывающего трубопровода 11 и соединенный радиальными 7 вакуумными каналами с осевыми вакуумными камерами, выполненными в виде кольцевых проточек 8, которые в свою очередь соединены радиальными 9 вакуумными каналами с зоной контакта поверхности приводного барабана 3 и транспортной ленты 2 через контактные 10 вакуумные камеры, при этом контактные 10 вакуумные камеры расположены через равные промежутки по всей поверхности окружности приводного барабана 3 на ширину, не более ширины транспортной ленты 2. К поверхности приводного барабана 3, свободной от соприкосновения с транспортной лентой 2, прижато уплотняющее устройство, состоящее из обоймы роликов 12, которые огибает бесконечная лента 13.

Ленточный транспортер работает следующим образом.

С помощью вакуумного насоса разрежение постепенно создается в отсасывающем трубопроводе 11, центральном 6 вакуумном канале, радиальных 7 вакуумных каналах, осевых вакуумных камерах, выполненных в виде кольцевых проточек 8 и

радиальных 9 вакуумных каналов приводного барабана 1 и контактных 10 вакуумных камер.

Вследствие перепада давления над и под транспортерной лентой 2 в зоне ее контакта с приводным барабаном 3 создается дополнительное усилие прижатия транспортерной ленты 2 к приводному барабану 3, что увеличивает силу трения, препятствующей буксованию транспортерной ленты 2 на приводном барабане 3.

Поверхность приводного барабана 3, свободную от соприкосновения с транспортерной лентой 2 огибает бесконечная лента 13 уплотняющего устройства, которая за счет разрежения в контактных 10 вакуумных камерах прижимается к поверхности приводного барабана 3, обеспечивая тем самым постоянное разрежение в системе. При этом бесконечная лента 13 приводится в движение приводным барабаном 3 и совершает замкнутый оборот вокруг обоймы роликов 12.

Усилие $S_{нб}$ в набегающей на приводной барабан ветви приводит к удлинению конвейерной ленты, которая, соприкасаясь с отдельными элементами обечайки, сдвигает их, в направлении, противоположном вращению приводного барабана. При этом не происходит взаимного скольжения между футеровкой и конвейерной лентой, а тяговое усилие реализуется за счет сцепления между ними и происходит фрикционный износ конвейерной ленты и футеровки.

Повысить тяговую способность приводного барабана можно за счет прижатия ленты к барабану вакуумом создаваемым вакуумными насосам через специальные каналы выполненные в корпусе приводного барабана [2].

Устранить упругое скольжение ленты на приводном барабане возможно за счет выполнения обечайки барабана из размещенных с зазором друг относительно друга из отдельных элементов, каждый из которых может перемещаться в направлении вращения приводного барабана [3]. На рисунке 3 представлен приводной барабан ленточного конвейера.

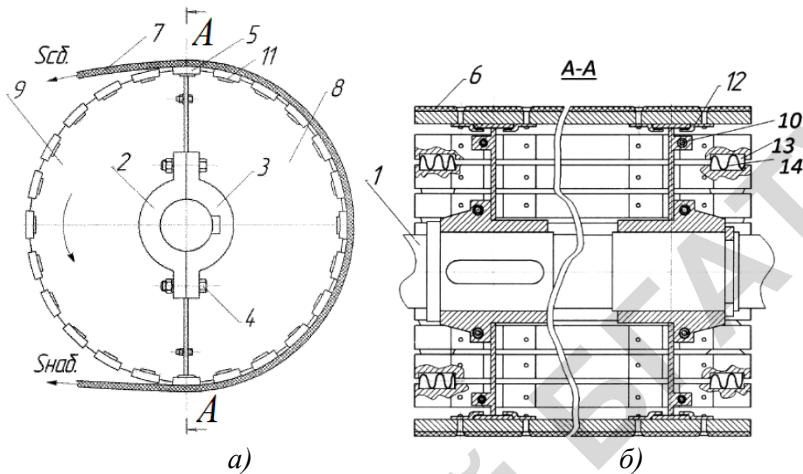


Рисунок 3 – Приводной барабан ленточного конвейера:
 а) вид сбоку; б) разрез А-А

Приводной барабан ленточного конвейера, содержащий вал 1 с закрепленными на нем ступицами, которые выполнены из двух частей 2 и 3, соединенных между собой болтами 4, обечайку, выполненную из размещенных с зазорами относительно друг друга отдельных элементов 5 с закрепленными на них футеровками 6 из материала с максимальным значением коэффициента трения между ним и конвейерной лентой 7 с возможностью огибания приводного барабана конвейерной лентой 7 с усилием в набегающей ветви $S_{наб}$ и усилием в сбегающей ветви $S_{сб}$. К ступицам прикреплены диски, состоящие из двух частей 8 и 9, соединенных между собой болтами 10, к наружному диаметру дисков приварены полосы 11, образующие с дисками Т-образное соединение, на которое установлены отдельные элементы 5 обечайки с возможностью перемещения по полосам 11 и крепления к ним с помощью зацепов 12, закрепленных на внутренней стороне отдельных элементов 5 обечайки, кроме того, на торцевых поверхностях отдельных элементов 5 обечайки расположены выемки 13, в которые уложены S-образные пружины 14, удерживающие отдельные элементы 5 обечайки от соприкосновения друг с другом.

Усилие $S_{\text{наб}}$ в набегающей на приводной барабан ветви приводит к удлинению конвейерной ленты 7, которая, соприкасаясь с отдельными элементами 5 обечайки, сдвигает их, преодолевая усилие S -образных пружин 14, в направлении, противоположном вращению приводного барабана. При этом не происходит взаимного скольжения между футеровкой 6 и конвейерной лентой 7, а тяговое усилие реализуется за счет сцепления между ними и не происходит фрикционный износ конвейерной ленты 7 и футеровки 6. Во время схода конвейерной ленты 7 с приводного барабана усилие $S_{\text{сб}}$ становится меньше усилия $S_{\text{наб}}$, растянутая конвейерная лента 7 укорачивается и сдвигает соприкасающиеся с ней отдельные элементы 5 обечайки в обратном направлении, преодолевая усилие S -образных пружин 14.

Отдельные элементы 5 обечайки, перемещаясь во время работы по полосам 11 в ту или иную сторону, находятся на одинаковом расстоянии от оси вращения и не создают дисбаланс, который вызывает вибрацию приводного барабана.

Мощность приводного электродвигателя в значительной мере зависит и от величины сопротивления движению ленты в месте загрузки конвейера транспортируемым грузом

$$S_3 = S_{\text{зу}} + S_{\text{зб}} + S_{\text{зл}}$$

где $S_{\text{зу}}$ – сопротивление возникающее от необходимого ускорения при подаче трения частиц о ленту из разности скоростей подаваемого груза и ленты;

$S_{\text{зб}}$ – сопротивление трения частиц груза о неподвижные борта направляющего лотка;

$S_{\text{зу}}$ – сопротивление трения уплотняющих полое загрузочного лотка о ленту.

Для снижения этих сопротивлений авторами разработана оригинальная конструкция загрузочного устройства (рисунок 4: а) продольный разрез с положением элементов устройства в исходном положении; б) положение шибера в рабочем положении при срабатывании устройства при остановке конвейерной ленты; в) вид А) [4].

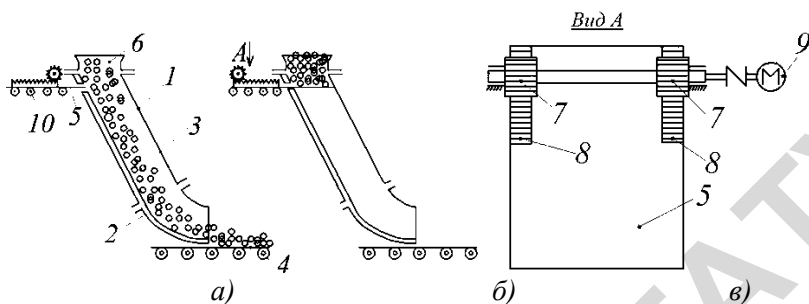


Рисунок 4 – Устройство для перегрузки сыпучих материалов с технологического оборудования на ленточный конвейер:
 а) продольный разрез с положением элементов устройства в исходном положении; б) положение шибера в рабочем положении при срабатывании устройства при остановке конвейерной ленты; в) вид А

Устройство для перегрузки сыпучих материалов с технологического оборудования на ленточный конвейер, содержит желоб, состоящий из сочетания прямолинейного наклонного 1 и криволинейного 2 в зоне перегрузки сыпучих материалов 3 на конвейерную ленту 4 участков, шибер 5, который установлен параллельно горизонту под прямолинейным наклонным 1 участком желоба в зоне соединения технологического оборудования 6 с устройством для перегрузки сыпучих материалов на конвейерную ленту 4. Привод шибера 5 осуществляется с помощью реечных зацеплений, состоящих из шестерен 7, зубчатых реек 8, и электропривода 9, включающегося при остановке конвейерной ленты 4. Шибер 5 и закрепленные на нем зубчатые рейки 8 поддерживаются и перемещаются роликами 10.

При нормальной работе, разгружаемый из технологического оборудования 6, сыпучий материал 3, двигаясь под действием собственного веса, вначале по наклонному прямолинейному 1, а затем по криволинейному 2 участкам, перегружается на конвейерную ленту 4. При внеплановой или аварийной остановке конвейерной ленты 4 включается электропривод 9, который через реечное зацепление перемещает шибер 5 во внутреннее пространство наклонного прямолинейного 1 участка желоба, сдвигая сыпучий материал 3 и перекрывает все внутреннее его пространство, останавливая при этом поступление сыпучего материала 3 с технологического оборудования 6.

Установка шибера 5 под наклонным прямолинейным 1 участком желоба снижает усилие внедрения шибера 5 в перемещаемый сыпучий материал 3, так как в этом случае его необходимо приподнимать и сдвигать, а не сжимать как в прототипе, а размещение шибера в зоне соединения технологического оборудования 6 с устройством для перегрузки сыпучих материалов на конвейерную ленту 4 предотвращает забивание наклонного прямолинейного 1 участка желоба.

Разработанные конструкции приводных барабанов и загрузочного устройства позволяют значительно повысить производительность и надежность работы ленточных транспортеров.

Список использованных источников

1. Александров, М.П. Подъемно-транспортные машины. [Текст]: учеб. для машиностроительных спец. вузов. / М.П. Александров – Москва : Высшая школа, 1985. – 520 с.

2. Ленточный транспортер: патент 8784 U Респ. Беларусь, МПК В65G15/00 / Н.Н. Романюк, К.В.Сашко, К.А.Гриневич; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u 20120468; заявл. 07.05.12; опубл. 30.10.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуаль. уласнасці. – 2013. – № 6. – С. 210-211.

3. Приводной барабан ленточного конвейера: патент 9914 U Респ. Беларусь, МПК В65G23/04 / Н.Н. Романюк, К.В. Сашко, Е.С. Черный, В.Н. Романюк; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u 20130512; заявл. 13.06.2013; опубл. 28.02.2014 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуаль. уласнасці. – 2013. – № 1. – С. 171.

4. Устройство для перегрузки сыпучего материала с технологического оборудования на ленточный конвейер : патент 20440 С2 Респ. Беларусь, МПК В 65G 47/18 / К.В.Сашко (BY); Н.Н.Романюк (BY); Н.П.Ким (KZ); В.Ю.Романюк (BY); К.С.Гриневич (BY) ; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № a20121840; заявл. 27.12.2012; опубл. 30.10.2016 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуаль. уласнасці. – 2016. – № 5. – С.91.

Abstract. Discusses issues related to the development of driving drums and a boot device to improve performance and reliability of belt conveyors.