

<https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-3-223-232>

УДК 622

Конструкция устройства для улавливания конвейерных лент и методика расчета основных параметров ловителей

Кандидаты техн. наук А. В. Глебов¹⁾, Г. Д. Кармаев¹⁾

¹⁾Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук (Екатеринбург, Российская Федерация)

© Белорусский национальный технический университет, 2019
Belarusian National Technical University, 2019

Реферат. Результаты анализа научно-технической и патентной литературы показывают, что при всем многообразии конструктивного исполнения предложенных ловителей отсутствуют сравнительно простые по конструкции, эффективно действующие и достаточно надежные устройства для улавливания конвейерной ленты при ее обратном ходе. Это подтверждается практикой предприятий по добыче и переработке полезных ископаемых, а также других отраслей. В Институте горного дела Уральского отделения Российской академии наук разработана и прошла испытания в промышленных условиях новая конструкция ловителя конвейерных лент, удовлетворяющая большинству требований, предъявляемых к устройствам такого назначения. В конструкции предусмотрено удержание конвейерной ленты при обратном ее ходе за свободные от транспортируемого материала края. Улавливающие устройства устанавливаются с обеих сторон ленты. Торможение ленты при обратном ходе происходит за счет ее фрикционного взаимодействия с фрикционным башмаком ловителя, расположенным над лентой, и эксцентриком, установленным на раме под лентой. Фрикционный башмак выполнен с вогнутой криволинейной поверхностью, обращенной к ленте. Приведена методика расчета основных параметров предлагаемой конструкции ловителей конвейерных лент, позволяющая определить силу, скатывающую ленту конвейера вниз, а также в каждом периоде торможения – пройденный лентой путь, величину ее сжатия, величину тормозной силы, время торможения и ускорение движения ленты, время и длину пути, проходимого лентой до ее полной остановки, параметры ловителя и несущих металлоконструкций и прочие параметры. Приведены результаты расчета основных конструктивных параметров улавливающих устройств для наклонного конвейера с шириной ленты 1400 мм по двум вариантам конструктивного исполнения ловителя: с расположением эксцентрика под лентой, а тормозного башмака над лентой (вариант I) и с расположением эксцентрика над лентой конвейера, а тормозного фрикционного башмака под лентой (вариант II).

Ключевые слова: конвейер, улавливающие устройства, конвейерная лента, эксцентрик, тормозной башмак, торможение, ускорение

Для цитирования: Глебов, А. В. Конструкция устройства для улавливания конвейерных лент и методика расчета основных параметров ловителей / А. В. Глебов, Г. Д. Кармаев // *Наука и техника*. 2019. Т. 18, № 3. С. 223–232. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-3-223-232>

Design of Device for Capturing Conveyor Belts and Calculation Method of Basic Parameters for Catchers

A. V. Glebov¹⁾, G. D. Karmaev¹⁾

¹⁾Institute of Mining, Ural Branch of Russian Academy of Sciences (Yekaterinburg, Russian Federation)

Abstract. Results of the analysis of scientific, technical and patent literature show that while having a great variety of constructive implementation of the proposed catchers there are no efficient and sufficiently reliable devices for catching conveyor belts at its reverse motion which are relatively simple in design. This is proved by practical activity of enterprises involved

Адрес для переписки

Глебов Андрей Валерьевич
Институт горного дела
Уральского отделения Российской академии наук
ул. Мамина-Сибиряка, 58,
620075, г. Екатеринбург, Российская Федерация
Тел.: +7 952 144-0-444
glebov@igduran.ru

Address for correspondence

Glebov Andrey V.
Institute of Mining,
Ural Branch Russian Academy of Sciences
58 Mamin-Sibiryak str.,
620075, Yekaterinburg, Russian Federation
Tel.: +7 952 144-0-444
glebov@igduran.ru

in extraction and processing of commercial minerals and other industries. A new design of a conveyor belt catcher that meets most requirements for the given equipment has been developed at the Institute of Mining, Ural of Branch of the Russian Academy of Sciences and then it has been tested under industrial conditions. The design makes provision for retention of the conveyor belt at its reverse motion beyond free edges from transported material. Catching devices are installed on both sides of the belt. Braking action of the belt at the reverse motion occurs due to its friction interaction with a catcher friction shoe located above the belt, and an eccentric mounted on the frame under the belt. A friction shoe is made with a concave curved surface facing the belt. The paper presents a calculation methodology of main parameters for the proposed design of catcher conveyor belts that permits to determine a force catching a conveyor belt down and for every braking period - distance which has been passed by the belt, value of its compression, value of braking force, braking time and acceleration of belt motion, time and length of the distance passed by the belt to its full stop, parameters of a catcher and supporting structures, and other parameters. The paper also provides results of calculations for main design parameters of catching devices with an inclined conveyor having a belt width of 1400 mm for two catcher design versions: with location of an eccentric under the belt, and a brake shoe over the belt (option I) and with location of the eccentric over the conveyor belt, and the brake friction shoe under the belt (option II).

Keywords: conveyor, catching devices, conveyor belt, eccentric, brake shoe, braking, acceleration

For citation: Glebov A. V., Karmaev G. D. (2019) Design of Device for Capturing Conveyor Belts and Calculation Method of Basic Parameters for Catchers. *Science and Technique*. 18 (3), 223–232. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-3-223-232> (in Russian)

Введение

Устройства для улавливания ленты (ловители) предназначены для повышения безопасности эксплуатации наклонных ленточных конвейеров путем удержания конвейерной ленты с транспортируемым материалом от ухода вниз (в хвостовую часть конвейера) в случае поперечного ее порыва или отказа тормозов приводной станции. В соответствии с Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности [1, 2] конвейеры и элеваторы с углом наклона более 6° должны иметь тормозные или стопорные устройства, исключающие обратный ход механизма после его остановки. При углах наклона более 10° ленточные конвейеры длиной более 100 м должны оборудоваться уловителями ленты при разрыве стыка ленты.

К конструкции ловителей предъявляются следующие требования: экстренное срабатывание без повреждения конвейерной ленты; минимальные время срабатывания и путь торможения ленты; исключение износа ленты при нормальной работе конвейера и снижения его производительности; простота конструкции и соответствие требованиям правил безопасности; обеспечение надежного улавливания (безотказное срабатывание ловителя) уходящей вниз конвейерной ленты с грузом и автоматическое ее растормаживание при запуске конвейера.

Существующие конструкции ловителей, отличающиеся в основном типом улавливающего

устройства, могут быть разделены на три группы: ловители, воздействующие непосредственно на ленту и состоящие из неподвижных элементов; ловители, непосредственно воздействующие на ленту и состоящие из движущихся частей; ловители, стопорящие ленту посредством остановки роликов. Достаточно подробно ловители конвейерных лент рассмотрены Л. Г. Шахмейстером. В результатах исследований приведены классификация типов ловителей, требования к ним, их принципиальные конструктивные схемы и выбор основных параметров улавливающих устройств. Для конвейеров большой длины и производительности рекомендуются эксцентриковые, клиновые, рычажные и роликовые ловители, включающиеся непосредственно от взаимодействия с лентой или от сигнальной системы [3, 4].

Анализ научно-технической и патентной литературы [5–11] показывает, что при всем многообразии конструктивного исполнения предложенных ловителей отсутствуют сравнительно простые по конструкции, эффективно действующие и достаточно надежные устройства для улавливания конвейерной ленты при ее обратном ходе. Это подтверждается практикой предприятий по добыче и переработке полезных ископаемых, а также других отраслей. Большинство разработанных ловителей не нашли широкого промышленного применения, как правило, из-за существенных конструктивных недостатков и недостаточной эксплуатационной надежности. Одни типы ловителей например, роликовые остановы, ненадежны

вследствие неэффективности торможения ленты при обратном ее ходе в случае отказа тормозов. Другие типы ловителей, например маятниковые, не освобождают автоматически ленту от заклинивания при запуске конвейера после срабатывания ловителей в случае отказа тормозов. Остальным известным типам ловителей также присущи те или иные недостатки, снижающие их эффективность и надежность.

Конструкция ловителя конвейерных лент

В Институте горного дела Уральского отделения Российской академии наук (ИГД УрО РАН) разработана и прошла испытания в промышленных условиях новая конструкция ловителя конвейерных лент, удовлетворяющая большинству требований, предъявляемых к устройствам такого назначения. Принципиальная схема представлена на рис. 1. В конструкции предусмотрено удержание конвейерной ленты при обратном ее ходе за свободные от транспортируемого материала края (кромки). Улавливающие устройства устанавливаются с обеих сторон ленты. Торможение ленты при обратном ходе происходит за счет ее фрикционного взаимодействия с фрикционным башмаком ловителя, расположенным над лентой, и эксцентриком, установленным на раме под лентой. Фрикционный башмак выполнен с вогнутой криволинейной поверхностью, обращенной к ленте.

Для снижения динамических нагрузок при улавливании ленты (при срабатывании ловителя) криволинейная поверхность фрикционного башмака перекрыта плоской пластиной из упругоэластичного материала (например, конвейерной ленты). Снижение динамических нагрузок происходит за счет «растягивания» во времени процесса торможения, вследствие чего замедляется ускорение тормозного импульса.

Для осуществления автоматического расклинивания заторможенной ленты конвейера фрикционный башмак выполнен подвижным. Он может перемещаться на заданное расстояние в пазах опорной рамы (вдоль конвейера). Паза расположены под углом к плоскости конвейерной ленты, что обеспечивает достаточный зазор между башмаком ловителя и лентой при нормальной эксплуатации конвейера (при движении ленты в грузовом направлении). Предусмотренная подвижность башмака способствует автоматическому расклиниванию заторможенной ленты при запуске конвейера после срабатывания ловителей в аварийной ситуации.

Эксцентрик с выпуклой криволинейной поверхностью установлен на оси, закрепленной в опорной раме. В направлении обратного движения ленты эксцентрик до взаимодействия с ней поворачивается за счет сил трения между нижней поверхностью верхней (грузонесущей) ветви ленты и специальным роликом, установленным на оси эксцентрика.

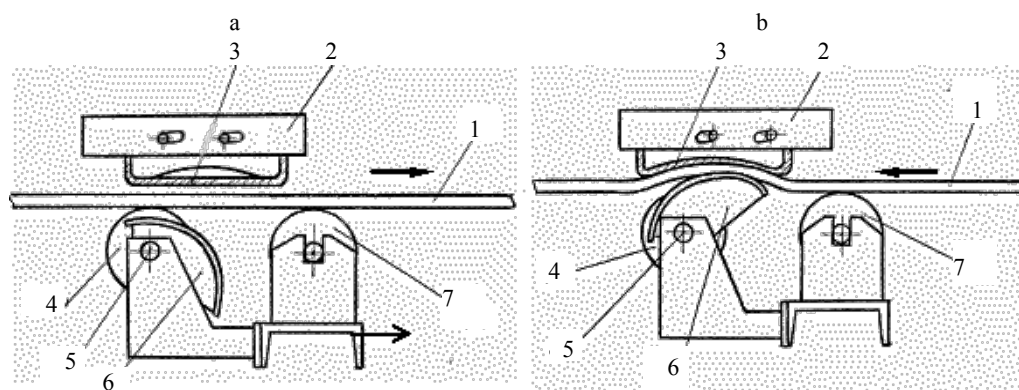


Рис. 1. Принципиальная схема устройства для улавливания ленты конвейера при ее поперечном обрыве или отказе тормозов приводной станции (вариант с размещением тормозного башмака над лентой конвейера) для устройства в режиме:

- а – ожидания; б – улавливания ленты конвейера; 1 – конвейерная лента; 2 – тормозной башмак;
3 – упругоэластичная пластина; 4 – ролик эксцентрика; 5 – ось эксцентрика; 6 – эксцентрик; 7 – ролик конвейера

Fig. 1. Schematic diagram of device for capturing conveyor belt in case of its transverse breakage or failure of drive station brakes (variant with placement of brake shoe over conveyor belt): а – device in standby mode; б – device in mode of catching conveyor belt; 1 – conveyor belt; 2 – brake shoe; 3 – flexible and elastic plate; 4 – eccentric roller; 5 – eccentric axis; 6 – eccentric; 7 – conveyor roller

Криволинейные поверхности фрикционного башмака и эксцентрика выполнены так, чтобы обеспечить равномерное (по всей площади) зажатие ленты между ними в процессе торможения. Максимальное сжатие ленты ограничивается путем установки упора, препятствующего повороту эксцентрика на угол больше допустимого. При этом усилие сжатия ленты (в допустимых пределах) может регулироваться изменением толщины прокладок между упором и опорной поверхностью эксцентрика.

Предложенный выше способ улавливания ленты может быть также реализован при расположении фрикционного башмака ловителя под конвейерной лентой, а эксцентрика – над лентой (рис. 2). В этом случае ролик, опирающийся на ленту, удерживает эксцентрик на минимально возможном расстоянии от ленты. Такое конструктивное исполнение ловителя существенно сокращает угол поворота эксцентрика, а также снижает ускорение и скорость движения ленты при обратном ходе до начала ее торможения. Конструкция ловителя по этому варианту предназначена для мощных ленточных конвейеров, обладающих большой скатывающей силой при уходе ленты с грузом в обратном направлении (вниз).

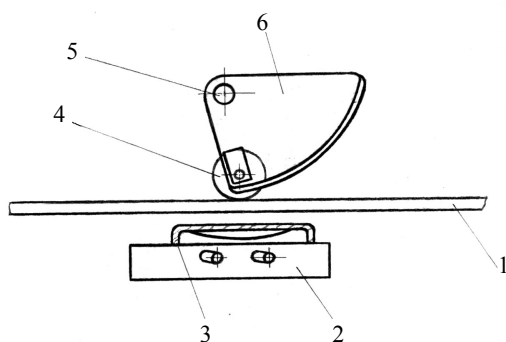


Рис. 2. Принципиальная схема устройства для улавливания ленты конвейера с размещением тормозного башмака под лентой конвейера: 1 – конвейерная лента; 2 – тормозной башмак; 3 – упругоэластичная пластина; 4 – ролик эксцентрика; 5 – ось эксцентрика; 6 – эксцентрик

Fig. 2. Schematic diagram of device for catching conveyor belt with placement of brake shoe under conveyor belt:

- 1 – conveyor belt;
- 2 – brake shoe;
- 3 – flexible and elastic plate;
- 4 – eccentric roller;
- 5 – eccentric axis;
- 6 – eccentric

Расчет основных параметров предлагаемой конструкции ловителей конвейерных лент заключается в определении: времени торможения

ленты; расстояния перемещения ленты с грузом вниз за период торможения; геометрических параметров фрикционного башмака и эксцентрика, обеспечивающих надежное торможение и удержание ленты без разрушения ее целостности; нагрузок, необходимых для выбора сечения опорных элементов конструкции ловителя. Расчет производится поэтапно по характерным периодам торможения ленты для конструктивного исполнения ловителя с расположением фрикционного башмака над лентой (рис. 1).

Методика расчета основных параметров ловителей

В методике расчета, разработанной ИГД УрО РАН [11], применяется рабочий алгоритм, позволяющий определить силу, скатывающую ленту конвейера вниз, а также в каждом периоде торможения – пройденный лентой путь, величину ее сжатия, величину тормозной силы, время торможения и ускорение движения ленты, время и длину пути, проходимого лентой до ее полной остановки, параметры ловителя и несущих металлоконструкций и прочие характеристики.

Расчет основных параметров ловителей лент выполняется в следующем порядке:

1. Угол поворота эксцентрика ловителя от точки начала его взаимодействия с плоской упругоэластичной пластиной фрикционного башмака до контакта с $\alpha_{л}$ (град) – вогнутой криволинейной поверхностью

$$\frac{\alpha_{л}}{2} = \frac{200\sigma'_1}{k_{зп}E'_p} + 10,$$

где σ'_1 – предел прочности на растяжение упругоэластичной пластины фрикционного башмака (в качестве упругоэластичной пластины используется конвейерная лента); $k_{зп}$ – коэффициент запаса прочности элементов ловителя, $k_{зп} = 4$; E'_p – модуль упругости прокладки ленты (упругоэластичной пластины) фрикционного башмака ловителя, даН/см прокладки.

2. Максимальная величина прогиба упругоэластичной пластины ловителя, см:

$$h_{и} = (r_2 + \delta_2) \left(1 - \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right),$$

где r_2 – максимальный радиус эксцентрика ловителя (вначале задается r_2), см; δ_2 – толщина ленты конвейера, см.

3. Площадь участка эксцентрика, находящегося в контакте с лентой конвейера, см²:

$$S_k = 0,0349r_2 \left(\frac{\alpha}{2} \right) B_{к.з},$$

где $B_{к.з}$ – ширина участка (края) ленты конвейера, зажатая между эксцентриком и упругоэластичной пластиной, см.

4. Давление на рабочую обкладку ленты конвейера со стороны эксцентрика, даН/см²:

$$P_p = \frac{0,01745\sigma'_1 i_1 B_{к.з}}{nS_k \mu_k},$$

где μ_k – коэффициент, определяемый условиями контакта ленты конвейера с эксцентриком.

Если значение P_p существенно меньше допустимого, значит, максимальный радиус эксцентрика ловителя r_2 выбран правильно. Величина радиуса эксцентрика может быть скорректирована при конструкторской проработке узла улавливания.

5. Сила, скатывающая грузонесущую ленту вниз при ее обрыве в головной части конвейера, даН:

$$P_1 = L_n q \sin \beta_n - L_n (q + q'_p) f \cos \beta,$$

где L_n – длина наклонной части конвейера, м; β_n – угол подъема наклонной части конвейера, град; f – коэффициент сопротивления движению конвейерной ленты вниз ($f = 0,025$); q'_p – нагрузка от вращающихся частей роликов верхней ветви грузонесущей ленты, даН/м

$$q = q_n + q_r = q_n + Q_{\max} / 3,6v,$$

где q_n – нагрузка от 1 м конвейерной ленты, даН/м; q_r – нагрузка на ленте от транспортируемой горной массы, даН/м; Q_{\max} – максимальная производительность конвейера, т/ч.

6. Максимально допустимое натяжение ленты конвейера по условию допускаемого давления на ее поверхность на участках, прилегающих к бортам ленты, общей шириной $2B_1$, даН:

$$F_{л}^m = 100kS_k,$$

где k – коэффициент трения между лентой и эксцентриком.

7. Максимально допустимое натяжение ленты конвейера по условию допустимого натяжения ткани прокладок на участках, прилегающих к бортам ленты, суммарной шириной $2B_{к.з}$, даН:

$$F_{л} = \frac{2\sigma''_1 i_2 B_{к.з}}{n},$$

где i_2 – число прокладок грузонесущей ленты конвейера; σ''_1 – прочность прокладок ленты конвейера, даН/см прокладки.

Принимается меньшее значение допустимого натяжения ленты ($F_{л}^m$ или $F_{л}$) и сравнивается со значением силы, скатывающей грузонесущую ленту вниз (P_1).

Если $F_{л} - P_1 > 0$, принимается одна пара ($j = 1$) ловителей. Если это условие не соблюдается, тогда определяется число $j = \frac{P_1}{F_{л}} + 1$ пар ловителей ленты, и полученное значение округляется до целого числа.

8. Определение тормозного усилия, суммарного сжатия ленты и упругоэластичной пластины фрикционного башмака ловителя (по периодам торможения, в расчете на одну пару ловителей).

8.1. Скатывающая сила, приходящаяся на одну пару ловителей, даН:

$$P_2 = \frac{P_1}{j}.$$

8.2. Давление на нерабочую обкладку ленты конвейера на момент максимального растяжения ленты ловителя, даН/см²:

$$P_n = P_p + \frac{0,01745P_2}{2S_{л}\mu_k}.$$

8.3. Сила сопротивления движению ленты конвейера со стороны пары ловителей на момент достижения максимального растяжения ленты (первый момент торможения), даН:

$$F'_{л} = 2S_k k (P_p + P_n).$$

8.4. Суммарная толщина нижней обкладки (δ'_n) ленты ловителя и конвейерной ленты (δ_2), см:

$$\delta_3 = \delta'_n + \delta_2.$$

8.5. Абсолютное сжатие лент ловителя и конвейера от действующего на них давления на момент максимального растяжения ленты ловителя, см:

$$h_1 = \frac{P_p \delta_3 + P_n \delta_2}{E_0},$$

где E_0 – модуль упругости лент на сжатие, даН/см².

8.6. Прирост силы трения, возникающей от сжатия лент ловителя и конвейера после первого периода торможения, к моменту перехода от ускоренного ее движения к равномерному (второй период торможения), даН:

$$F_p'' = \frac{P_2 - F_l'}{2}.$$

8.7. Прирост абсолютного сжатия ленты ловителя и конвейера за второй период торможения, см:

$$h_2 = F_p'' \frac{\delta_1 + \delta_2}{2kE_0S_k}.$$

8.8. Прирост абсолютного сжатия лент конвейера и ловителя за период равнозамедленного движения ленты конвейера (третий период торможения), см

$$h_3 = \frac{(F_l - P_2)(\delta_1 + \delta_2)}{4kE_0S_k}.$$

8.9. Абсолютное смятие (сжатие) лент конвейера и ловителя при торможении ленты конвейера, см:

$$h_c = h_1 + h_2 + h_3.$$

9. Расчет ускорения движения и ухода ленты конвейера вниз при ее обрыве и определение времени торможения ленты при срабатывании ловителей.

9.1. Минимальный радиус сектора эксцентрика ловителя, см:

$$r_1 = r_2 - 2\delta_2 - h_n - 0,3.$$

9.2. Постоянные величины (k_1 , $a_{л1}$) и промежуточные расчетные величины ($A_{л}$, k_2 , $c_{л}$) для конкретного ловителя:

$$k_1 = \frac{\lg \frac{r_1}{r_2}}{\lg \frac{\varphi_{л1}}{\varphi_{л2}}}; \quad a_{л1} = \frac{r_1}{\varphi_{л1}^{k_1}}; \quad A_{л} = r_1 + 2\delta_2 + 0;$$

$$k_2 = \frac{1}{k_1}; \quad c_{л} = \frac{1}{a_{л1}^{k_2}},$$

где $\varphi_{л1}$ – угол, характеризующий исходное положение ловителей ($\varphi_{л1} = 30^\circ$); $\varphi_{л2}$ – максимальный угол поворота ловителя ($\varphi_{л2} = 180^\circ$).

Эти величины используются в дальнейшем при расчете угла поворота сектора (эксцентрика) и расстояния, проходимого лентой в периоды торможения.

9.3. Суммарная масса (кг) верхней ветви ленты конвейера с грузом и вращающихся частей роликов на участке от ловителя до хвостового барабана (горизонтального участка) определяется в расчете на одну пару ловителей

$$m_{\text{сум}} = \frac{L_n(q + q_p')}{2g}.$$

9.4. Ускорение движения ленты конвейера после ее обрыва до начала торможения ловителем, м/с²:

$$a_c = \frac{P_2}{m_{\text{сум}}}.$$

9.5. Угол поворота сектора (эксцентрика) ловителя, характеризующий его конечное положение до начала торможения, град:

$$\varphi_{л3} = c_{л} A_{л}^{k_2}.$$

9.6. Угол поворота сектора (эксцентрика) ловителя, град:

$$\varphi_3 = \varphi_{л3} - \varphi_{л1}.$$

9.7. Расстояние, проходимое лентой конвейера до начала ее торможения (первый период), м:

$$S_0 = 0,001745r_2\varphi_3.$$

9.8. Время движения ленты до начала ее торможения, с:

$$t_0 = \sqrt{\frac{2S_0}{a_c}}.$$

9.9. Скорость движения ленты конвейера до начала ее торможения, м/с:

$$v_k = a_c t_0.$$

9.10. Показатели, характеризующие первый период торможения:

– начальная фаза торможения:

$$S = 0; t = 0; F = F_{л}; S_0 = S_0 + S; t_0 = t_0 + t; \\ P = P_2; a_3 = a_c; h = h_1 + h_{н}, \text{ см};$$

– конечная фаза торможения:

$$B = A, \text{ см}; A = A + h, \text{ см}; \varphi = c_{л}(A^{k_2} - B^{k_2});$$

$$a_2 = \frac{P - F}{m}; t_1 = \sqrt{\frac{2S}{a_{cp}}}; a_{cp} = \frac{a_3 + a_2}{2};$$

$$v_{k1} = v_{н} + a_c t_1; v_{н} = v_k.$$

9.11. Показатели второго этапа торможения:

$$P - F = 0; a_3 = a_2; h = h_2; S_0 = S_0 + S; t_0 = t_0 + t;$$

$$B = A; \varphi = c(A^{k_2} - B^{k_2});$$

$$A = A + h; a_2 = \frac{P - F}{m}; a_{cp} = \frac{a_3 + a_2}{2};$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{2S}{a_{cp}}}; v_{k1} = v_{н} + a_c p t.$$

9.12. Показатели третьего этапа торможения:

$$S_0 = S_0 + S; t_0 = t_0 + t; P = P_2; F = F_{л}; h = h_3;$$

$$a_3 = a_2; B = A, \text{ см}; \varphi = c(A^{k_2} - B^{k_2}); A = A + h;$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{2S}{a_{cp}}}; v_{k1} = v_{н} + a_c p t.$$

9.13. Показатели четвертого этапа торможения:

$$S_0 = S_0 + S; t_0 = t_0 + t; v_k''' = v_k; t = \frac{m v_k''}{F_{л} - P_2}.$$

Путь, пройденный лентой конвейера, м:

$$S = v_k''' t - \frac{a t^2}{2}.$$

Суммарное время движения ленты, с:

$$t_c = t_0 + t.$$

Путь, пройденный лентой после обрыва до полной остановки, м:

$$S_0 = S_0 + S.$$

Результаты исследований

По приведенной методике выполнен расчет основных конструктивных параметров улавливающих устройств для наклонного конвейера с шириной ленты 1400 мм глиноземного цеха ОАО «СУАЛ-УАЗ» (табл. 1) [11]. Расчетные показатели по периодам торможения для конструктивного исполнения ловителя с расположением эксцентрика под лентой, а тормозного башмака над лентой приведены в табл. 2 (вариант I).

Аналогичные расчеты (табл. 3) выполнены для варианта II конструктивного исполнения ловителя с расположением эксцентрика над лентой конвейера, а тормозного фрикционного башмака под лентой. Сравнение показателей свидетельствует, что по варианту II скорость, время движения ленты и путь, пройденный ею в хвостовую часть конвейера, существенно меньше, чем в варианте I. Поэтому предпочтительнее принять вариант исполнения ловителей с верхним расположением эксцентрика и нижним расположением тормозного башмака.

Таблица 1

Технические параметры конвейера
Technical parameters of conveyor

| Параметр | Значение |
|--|-----------------|
| Максимальная производительность конвейера, т/ч | 700 |
| Ширина ленты конвейера, мм | 1400 |
| Скорость движения ленты, м/с | 1,2 |
| Длина конвейера, м, всего, в том числе наклонная часть | 190 155 |
| Угол наклона конвейера (наклонной части), град | 15° |
| Мощность двигателя приводной станции, кВт | 125 |
| Тип конвейерной ленты | Резино-тканевая |
| Число прокладок ленты, шт. | 6 |
| Толщина обкладок ленты, мм: рабочей нерабочей | 4,5 2,0 |
| Угол наклона боковых роликов верхней ветви ленты, град | 20°–25° |
| Диаметр обечайки роликов, мм | 159 |

Таблица 2

Расчетные параметры ловителей конвейера по варианту I
Calculated parameters of conveyor catchers according to variant I

| Показатель | Период торможения* | | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------------|
| | I | II | III | IV |
| Тормозное усилие, даН | 438 | 1512 | 3462 | 3462 |
| Ускорение движения ленты, м/с ² | $\frac{1,78}{1,55}$ | $\frac{1,55}{0}$ | $\frac{0}{-1,3}$ | $\frac{-1,3}{0}$ |
| Скорость движения ленты, м/с | $\frac{0,92}{1,49}$ | $\frac{1,49}{1,89}$ | $\frac{1,89}{1,53}$ | $\frac{1,53}{0}$ |
| Время движения ленты, с | 0,343 | 0,52 | 0,545 | 1,17 |
| Путь, пройденный лентой, м | 0,099 | 0,105 | 0,1 | 0,304 |
| Сжатие конвейерной ленты и упругоэластичной пластины, см | 0,1 | 0,66 | 0,56 | 1,32 ($\Sigma_{\text{сжатие}}$) |

* Над чертой – показатели в начале, под чертой – в конце периода торможения.

Таблица 3

Расчетные параметры ловителей конвейера по варианту II
Calculated parameters of conveyor catchers according to variant II

| Показатель | Период торможения* | | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------------|
| | I | II | III | IV |
| Тормозное усилие, даН | 438 | 1512 | 3462 | 3462 |
| Ускорение движения ленты, м/с ² | $\frac{1,78}{1,55}$ | $\frac{1,55}{0}$ | $\frac{0}{-1,3}$ | $\frac{-1,3}{0}$ |
| Скорость движения ленты, м/с | $\frac{0,64}{1,04}$ | $\frac{1,04}{1,32}$ | $\frac{1,32}{1,07}$ | $\frac{1,07}{0}$ |
| Время движения ленты, с | 0,24 | 0,363 | 0,38 | 0,766 |
| Путь, пройденный лентой, м | 0,048 | 0,051 | 0,047 | 0,146 |
| Сжатие конвейерной ленты и упругоэластичной пластины, см | 0,1 | 0,66 | 0,56 | 1,32 ($\Sigma_{\text{сжатие}}$) |

* Над чертой – показатели в начале, под чертой – в конце периода торможения.

Далее приведены основные расчетные параметры и эксплуатационные показатели ловителей для рекомендуемого варианта их конструктивного исполнения (вариант II): число ловителей, устанавливаемых на конвейере, – 3 пары; суммарная скатывающая сила – 6923 даН, в том числе на одну пару ловителей – 3462 даН; максимальный радиус эксцентрика – 20 см; сила давления на ось эксцентрика – 1350 даН; время движения ленты конвейера при уходе вниз от момента обрыва до полной ее остановки – 1,749 с; уход ленты конвейера вниз до остановки ее ловителями – 0,292 м; суммарное сжатие (смятие) ленты конвейера и упругоэластичной пластины фрикционного башмака – 1,32 см.

Улавливающие устройства устанавливаются с обеих сторон конвейерной ленты парами

вдоль става конвейера. Тормозной башмак и эксцентрик ловителей размещают в корпусах, которые посредством кронштейна крепятся на полурамах, опирающихся на основание линейного става конвейера. Полурамы соединены поперечными балками и закреплены на основании (рис. 3). Взаимное расположение эксцентриков и башмаков в корпусах, обеспечивающее при срабатывании ловителей номинальное расчетное сжатие ленты конвейера и упругоэластичной пластины (диафрагмы), регулируется набором прокладок. Положение корпуса ловителей относительно рабочей ветви регулируется в зависимости от угла наклона боковых роликоспор линейного става конвейера. Ловители устанавливаются на конвейерах с углом наклона боковых роликов роликоспор рабочей ветви ленты от 15 до 35°.

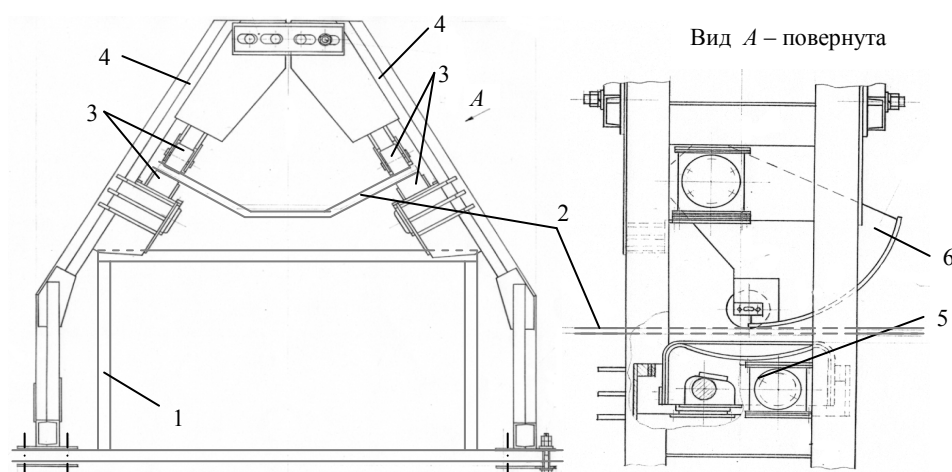


Рис. 3. Схема установки ловителя на конвейере: 1 – металлоконструкция линейного става конвейера; 2 – конвейерная лента; 3 – улавливающее устройство; 4 – полурама; 5 – тормозной башмак; 6 – эксцентрик

Fig. 3. Scheme for installation of catcher on conveyor: 1 – metal structure of linear conveyor section; 2 – conveyor belt; 3 – catching device; 4 – half-frame; 5 – brake shoe; 6 – eccentric

ВЫВОДЫ

1. Для нормальной работы ловителей необходимо обеспечить поперечное центрирование грузопотока относительно ленты. Конвейерная лента должна иметь с каждой стороны свободные от транспортируемого материала кромки (полосы) шириной не менее 120 мм. С целью исключения взаимодействия рабочих органов ловителей при загрузке ленты выше номинальной (экстремальная ситуация) участок установки улавливающего устройства ограждается плужковыми отбойниками.

2. Для исключения развала желоба ленты при ее поперечном порыве и движении в направлении обратного хода в зоне расположения ловителей возможна установка желобчатой опоры скольжения. Размещать ее следует в пролете между роlikоопорами ниже верхнего уровня роликa на 5–15 мм, а ширина боковых сторон должна быть меньше длины роликa на 250–300 мм.

3. Предлагаемая методика опробована при определении основных параметров и разработке рабочей конструкторской документации вновь создаваемых базовых моделей ловителей лент для наклонных конвейеров ряда горнодобывающих и металлургических предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопас-

ности при обогащении и брикетировании углей» [Электронный ресурс]: приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, 20 ноября 2017 г., № 487. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/542612568>.

2. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах» (с изменениями на 25 сентября 2018 года) [Электронный ресурс]: приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, 19 ноября 2013, № 550. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499060050>.
3. Шахмейстер, Л. Г. Подземные конвейерные установки / Л. Г. Шахмейстер, Г. И. Солод / под ред. А. О. Спиваковского. М.: Недра, 1976. 432 с.
4. Шахмейстер, Л. Г. Ловители для наклонных ленточных конвейеров / Л. Г. Шахмейстер, П. А. Ляшкевич, В. Г. Фохтин. М.: ЦНИЭИуголь, 1972. 53 с. (Сер. Механизация и автоматизация производственных процессов).
5. Тарасов, Ю. Д. Перспективы совершенствования технических средств для улавливания лент уклонных и бремсберговых конвейеров / Ю. Д. Тарасов, Ф. В. Федоров // Записки Горного института. 2008. Т. 178. С. 95–101.
6. Устройство для улавливания конвейерной ленты в случае ее обрыва: пат. Рос. Федерации 2184068, МПК В65G43/06 / Ю. Д. Тарасов; заявитель и патентообладатель Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г. В. Плеханова (технический университет). Заявл. 07.05.2001; опубл. 27.06.2002.
7. Тормозные и улавливающие устройства ленточных конвейеров [Электронный ресурс] / Ю. Д. Тарасов. СПб.: Политехника, 2015. Режим доступа: <http://www.medcol.legelib.ru/book/ISBN5732505423.html>.
8. Способ остановки ленты конвейера в случае ее обрыва и устройство для его осуществления: пат. 2067070 СССР, МПК В65G 43/06 / Г. К. Герасимов, А. В. Ещеркин, Р. И. Чернов; дата публ. 20.11.2001.

9. Устройство для улавливания ленты конвейера в случае ее обрыва: пат. 2184068, МПК В65G / В. И. Ануфриев, С. М. Луцкий, А. П. Воинов; дата публ. 27.06.2002.
10. Устройство для улавливания ленты шахтного конвейера в случае ее обрыва: пат. ВУ 204, МПК В65G 43/00 / В. Я. Щерба, В. В. Островский, А. В. Протасеня, А. М. Роговский, Н. В. Прушак, В. И. Шаповалов; дата публ. 30.12.2000.
11. Устройство для улавливания ленты шахтного конвейера в случае ее обрыва: патент ВУ 7972, МПК В 65G 43/06, 45/12 / В. Я. Щерба, В. В. Островский, А. В. Протасеня, А. М. Роговский, Н. В. Прушак, В. И. Шаповалов; дата публ. 30.04.2006.
12. Разработка конструкторской документации на ловители ленты для наклонных конвейеров. Расчет конструктивных параметров устройства для улавливания конвейерной ленты и руководство по его монтажу: отчет о НИР (х/д 06/03-1/18-М). Екатеринбург, 2003. 21 с.

Поступила 15.03.2018

Подписана в печать 17.05.2018

Опубликована онлайн 30.05.2019

REFERENCES

1. Federal Norms and Rules in the Field of Industrial Safety "Safety Rules for the Enrichment and Briquetting of Coal": Federal Service for the Supervision of Environment, Technology and Nuclear Management: Order Dated 20 November 2017, No 487. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/542612568> (in Russian).
2. Federal Norms and Rules in the Field of Industrial Safety "Safety Rules for Coal Mines" (as Amended on September 25, 2018): Federal Service for the Supervision of Environment, Technology and Nuclear Management: Order dated 19 November 2013, No 550. Available at: – <http://docs.cntd.ru/document/499060050> (in Russian).
3. Shakhmeyster L. G., Solod G. I. (1976) *Underground Conveying Units*. Moscow, Nedra Publ. 432 (in Russian).
4. Shakhmeyster L. G., Lyashkevich P. A., Fokhtin V. G. (1972) *Catcher for Incline Belt Conveyors. Series: Mechanization and Automation of Industrial Processes*. Moscow,

- Central Scientific-Research Institute of Economics and Scientific and Technical Information for Coal-Mining Industry. 53 (in Russian).
5. Tarasov Yu. D., Fedorov F. V. (2008) Prospects for Improvement of Technical Facilities Used for Catching Belts of Incline and Gravity Incline Conveyors. *Zapiski Gornogo Instituta = Journal of Mining Institute*, 178, 95–101 (in Russian).
6. Tarasov Yu. D. (2002) *Device for Catching Conveyor Belt in Case of its Breakage*. Patent of the Russian Federation No 2184068 (in Russian).
7. Tarasov Yu. D. (2015) *Braking and Catching Devices of Belt Conveyors*. Saint Petersburg, Politekhnik Publ. Available at: <http://www.medcollegelibrary.ru/book/ISBN5732505423.html> (in Russian).
8. Gerasimov G. K., Eshcherkin A. V., Chernov R. I. (2001) *Method for Belt Stoppage in Case of its Breakage and Device for its Implementation*. Patent No 2067070 USSR (in Russian).
9. Anufriev V. I., Lutsky S. M., Voinov A. P. (2002) *Device for Catching Conveyor Belt in Case of its Breakage*. Patent of the Russian Federation No 2184068 (in Russian).
10. Shcherba V. Ya., Ostrovskii V. V., Protasenya A. V., Rogovskii A. M., Prushak N. V., Shapovalov V. I. (2000). *Device for Catching Shaft Conveyor Belt in Case of its Breakage*. Patent BY 204.
11. Shcherba V. Ya., Ostrovskii V. V., Protasenya A. V., Rogovskii A. M., Prushak N. V., Shapovalov V. I. (2006). *Device for Catching Shaft Conveyor Belt in Case of its Breakage* Patent of the Republic of Belarus No 7972 (in Russian).
12. *Development of Design Documentation on Belt Catchers for Incline Conveyors. Calculation of Design Parameters for Device Used to Catch Conveyor Belt and Manual for its Installation*: Research Report (Commercial Contract 06/03-1/18-M). Yekaterinburg, 2003. 21 (in Russian).

Received: 15.03.2018

Accepted: 17.05.2018

Published online: 30.05.2019