

## ЛЕНТОЧНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ НА КАТКОВЫХ ОПОРАХ И ЗАДАЧИ ИХ ВНЕДРЕНИЯ

Даны основные сведения о конвейерах с подвесной лентой, рассмотрены их преимущества и недостатки по сравнению с ленточными конвейерами на роликовых опорах и задачи, связанные с перспективой внедрения новой конструкции конвейеров в промышленность.

На первом этапе исследований рассмотрена специфика напряженного состояния ленты на переходном участке конвейера, дана базовая математическая модель, описывающая связь между поперечными натяжениями ленты и расстоянием от начала переходного участка ленты до концевого барабана.

Представлена расчетная схема для определения формы ленты, загруженной сыпучим материалом, и для ленты без действия весовых нагрузок. Предложены варианты математического описания физических моделей. Представлены предварительные результаты экспериментов.

Basic information about hanging belt conveyors are given, their advantages and disadvantages in comparison with belt conveyors on roller bearing and tasks connected with prospect of manufacturing application of new construction are considered.

On the first stage specificity of strained state of a belt on a transitional part of the conveyor is considered. Basic mathematical model describing dependence between cross belt tensions and distance from the beginning of the transitional part of the conveyor to end belt pulley is given.

Calculating scheme for detection of the form of belt loaded by pouring material and for the belt without action of weight loads is given. Theoretical dependences according to this scheme are proposed. Provisional experimental data is shown.

Постоянный рост темпов выпуска продукции, происходящий вследствие совершенствования технологий и внедрения новых эффективных методов работы предприятий, в значительной мере связан с расширением схемы производства. В свою очередь, это повышает роль транспорта, в частности конвейерного, в технологической цепочке заводов. Поэтому одной из приоритетных задач является увеличение эффективности конвейерного транспорта, продление срока службы и надежности этих машин.

В рамках этой проблемы перспективным является использование конвейеров с подвесной лентой, так как они обладают рядом существенных преимуществ по сравнению с широко используемыми ленточными конвейерами с роликовыми опорами [2].

Важным достоинством конвейеров с подвесной лентой являются значительно меньшие сопротивления движению ленты,

особенно при использовании разрезной конструкции катков [3]. Применение конвейеров с подвесной лентой, по расчетным данным [3], позволяет снизить энергопотребление при транспортировании по горизонтали на 23 % (по сравнению с конвейерами с роликовыми опорами); уменьшить металлоемкость опорных элементов конструкции на 83 % и значительно продлить срок службы используемой ленты, что немаловажно, так как доля затрат, расходуемых на ленту, составляет 60-70 % от общей суммы, идущей на содержание и использование конвейера.

Вместе с тем внедрение и промышленная эксплуатация конвейеров с подвесной лентой сопряжены с рядом трудностей, связанных, в первую очередь, с неполной конструкторской проработкой некоторых его узлов, в частности натяжного устройства, которое должно обеспечивать автоматическое изменение длины трубчатых направ-

ляющих для ходовых катков с компенсацией остаточного и упругого удлинений ленты при работе конвейера. Например, длина применяемых в настоящее время конвейеров с подвесной лентой конструкции Брянского машиностроительного института ограничена всего лишь 80 м.

Подлежат разработке конструкции амортизирующих устройств, размещаемых в зоне загрузки конвейера крупнокусковым грузом. Не решена задача выбора параметров переходного участка конвейера, на котором происходит выполаживание ленты. Именно в этой зоне лента испытывает наибольшие нагрузки, так как одновременно подвергается действию гравитационных и растягивающих сил, связанных с изменением профиля трубчатых направляющих. Определение нагрузок на этих участках позволит уточнить требуемые прочностные параметры ленты.

Основной целью первого этапа исследований является определение поперечных натяжений на переходных участках конвейера как функции линейной координаты (рис.1). Расчет этих натяжений осложнен тем, что на данном участке лента подвержена совместному действию взаимосвязанных разнонаправленных сил. Это продольное натяжение ( $T_{II}$ ), поперечное натяжение от веса самой ленты и груза, а также поперечное натяжение, обусловленное взаимным расположением трубчатых направляющих в плане и по высоте.

Для порожней ленты, подвешенной на катковых опорах, находящейся в свободном состоянии (без груза и продольного натяжения), характерна желобчатая форма сечения, описываемая уравнением цепной линии. Однако на практике часто применяют кривые второго порядка, менее точные, но более простые для прикладных расчетов.

Когда лента нагружена транспортируемым материалом, ее форма меняется, так как нагрузка от веса материала неравномерно распределяется по сечению и является функцией расстояния горизонтали оси конвейера до рассматриваемого сечения ленты ( $q = f(x)$ ). Дифференциальное уравнение, описывающее форму поперечного сечения ленты, выглядит следующим образом:

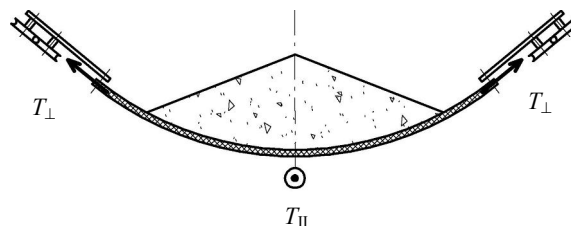


Рис. 1. Схема к определению действующих усилий в поперечном сечении ленты

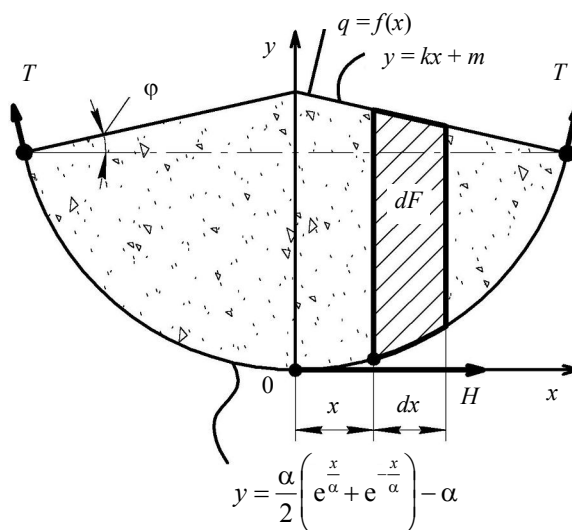


Рис. 2. Расчетная схема для определения формы сечения ленты

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{\gamma}{H} \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} + \frac{\delta}{H} \frac{dF}{dx},$$

где  $\gamma$  – вес единицы длины сечения, Н/м;  $\delta$  – вес единицы площади сечения груза, Н/м<sup>2</sup>;  $H$  – горизонтальное натяжение ленты в нижней точке сечения;  $dF$  – элементарная площадь груза, м<sup>2</sup>.

Когда площадь поперечного сечения груза ограничена прямой (в соответствии с углом естественного откоса груза) и цепной линией (рис.2), производная

$$\frac{dF}{dx} = (kx + m) - \frac{\alpha}{2} \left( e^{\frac{x}{\alpha}} + e^{-\frac{x}{\alpha}} \right) + \alpha; \quad \alpha = \gamma / H.$$

Таким образом, приходим к неоднородному дифференциальному уравнению второго порядка. Однако полученное уравнение не отражает истинного напряженного со-

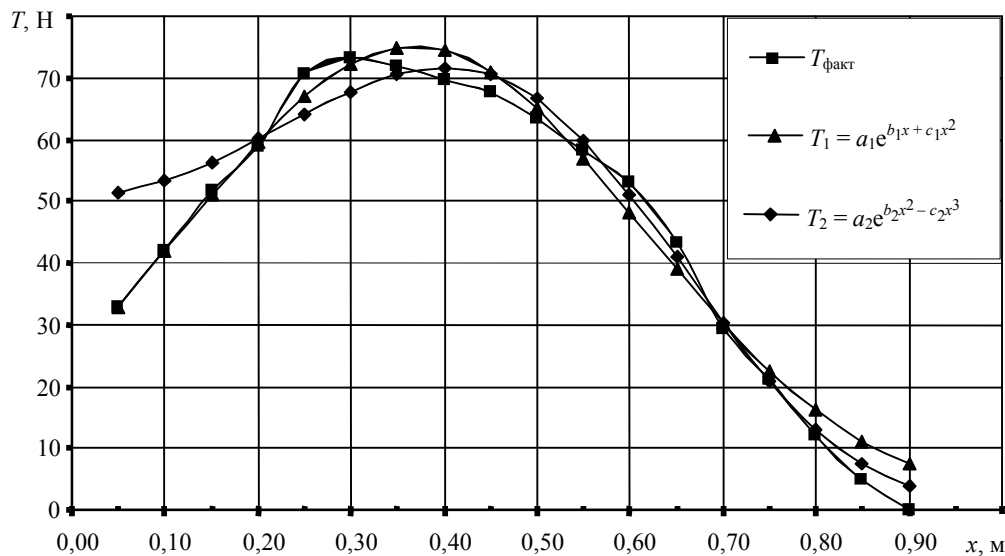


Рис.3. Распределение поперечных натяжений по длине переходного участка и аппроксимирующие их кривые

стояния ленты под действием продольного натяжения. Продольное натяжение частично либо полностью компенсирует действие веса груза, вызывающего поперечное натяжение ленты, и поэтому они становятся более сложной функцией двух переменных. Осложняет отыскание функциональной зависимости и неравномерность распределения продольных нагрузок по сечению ленты. Следовательно, возникает необходимость более детального изучения напряженного состояния ленты на переходном участке.

Для проведения исследований по этой проблеме проф. Ю.Д.Тарасовым предложена математическая модель переходного участка ленты, обосновывающая нелинейную зависимость между поперечным натяжением ленты и линейной координатой на длине переходного участка:

$$T = ax^b e^{cx} + de^{kx},$$

где  $a, b, c, d$  – постоянные коэффициенты, определяемые из граничных условий.

Граничные условия

$$d = T_0, \quad a = -\frac{T_0 e^{kL_B}}{L_B^b e^{cL_B}},$$

где  $L_B$  – длина участка выполаживания;  $T_0$  – поперечное натяжение ленты в начале переходного участка конвейера.

Окончательно

$$T = T_0 \left[ \frac{1}{k} e^{kx} - \frac{e^{kL_B}}{L_B^b e^{cL_B}} x^b e^{cx} \right].$$

Схожую с предполагаемой кривой распределения поперечных натяжений форму имеет зависимость вида

$$T_1 = a_1 e^{b_1 x + c_1 x^2},$$

где  $a_1 = T_0$ ;  $b_1, c_1$  определяются экспериментально.

Вполне вероятно, что описание физики явления может быть осуществлено с помощью следующей формулы:

$$T_2 = a_2 e^{b_2 x^2 - c_2 x^3},$$

где  $a_2 = T_0$ ;  $b_2, c_2$  определяются экспериментально.

Поиск математической модели будет проводиться среди этих функций. Однако подобные зависимости не могут быть решены алгебраическим путем, поэтому постоянные коэффициенты необходимо определять экспериментально.

Для решения этих задач разработан и изготовлен стенд [1], позволяющий измерять значения поперечных напряжений в конкретных точках ленты по всей длине

участка выполаживания. Стенд моделирует реальные условия нагрузки ленты в переходной зоне, имитирует силы, обуславливающие продольные и поперечные натяжения ленты, с возможностью их варьирования в широких пределах.

На данном этапе ведутся работы по постановке экспериментов на этом стенде, в результате чего планируется определить все неизвестные элементы уравнения, описывающего напряженное состояние ленты на переходном участке. Получены предварительные экспериментальные данные.

Каждой экспериментальной точке на графике (рис.3) соответствует шесть параллельных опытов, неровность кривой связана в основном с недостатками конструкции стенда. Их планируется устранить на сле-

дующем этапе экспериментов. Также планируется проведение эксперимента для различных значений продольного натяжения, длины выполаживания, весовой нагрузки, при разной форме желобчатости в начале переходного участка и при различных профилях направляющих для катков.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 2188787 РФ. МПК В65G 15/00 43/00. Стенд для исследования напряженного состояния желобчатой ленты / Ю.Д.Тарасов, В.В.Сакса. № 2001114899/03. Заявл. 30.05.2001. Оpubл. 10.09.2002. Бюл. № 25.
2. Тарасов Ю.Д. Перспективы использования и особенности расчета конвейеров с подвесной лентой // Известия вузов. Горный журнал. 2002. № 4.
3. Тарасов Ю.Д. Снижение энергоемкости транспортирования и износа катковых опор конвейеров с подвесной лентой // Горные машины и автоматика. 2003. № 1.

Научный руководитель д.т.н. проф. Ю.Д.Тарасов