УДК 621.867.2

Ю.С.ПАРХОМЕНКО
Московский государственный горный университет

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЛИНЕЙНОЙ СЕКЦИИ ТРУБЧАТОГО ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Более 20 лет конструкторы разрабатывали трубчатый ленточный конвейер, обладающий существенными преимуществами.

Представлена конструкция трубчатого ленточного конвейера на базе ленточного конвейера конструкции ОАО «ВНИИПТМАШ». Загрузка насыпных грузов в трубчатом ленточном конвейере осуществляется со скоростью, близкой скорости движения ленты, что уменьшает пылеобразование. На трассе лента свернута в трубу опорными роликами. Лента с грузом, свернутая в трубу, может изгибаться как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. В настоящее время задача тягового расчета трубчатого ленточного конвейера не решена, поскольку не известен коэффициент сопротивления движению такой ленты внутри роликоопоры. Определение коэффициента сопротивления движению ленты позволит выполнить тяговый и прочностной расчеты конвейерной ленты.

For more than twenty years designers have been attempting to develop a tubular belt conveyor, as it has long been recognized that there are significant advantages inherent in such conveyors fitted with tubular belts.

A construction of a tubular belt conveyor designed on the basis of a typical conveyor developed at OAO «VNIIPTMASH» is presented in the paper. Loading of bulk commodities in a tubular conveyor is performed at the rate close to the belt speed, which reduces dust formation. On the track the belt is pipe-shaped by means of supporting rollers. Tubular shape of the loaded belt allows its bending both horizontally and vertically. The problem of traction calculation has not been solved yet as specific resistance to motion of such tubular belt conveyors inside the roller carriage is not known. Determination of this coefficient will allow to make the traction and durability calculations for the tubular conveyor belt.

К началу 70-х годов прошлого столетия в большинстве стран мира были значительно ужесточены меры по охране окружающей среды. Это способствовало интенсивному развитию закрытых технологий перегрузки экологически неблагополучных, в том числе пылящих, грузов. Одной из самых удачных разработок того времени стала концепция трубчатого конвейера.

Трубчатый конвейер, будучи закрытой системой, обеспечивает экологическую защиту окружающей среды и возможность устройства трассы с изгибами в трехмерном пространстве, надежное транспортирование «трудных» грузов разного объемного веса, влажности, размера частиц и т.д. В ряде случаев эти его свойства ставили трубчатые конвейеры вне конкуренции по сравнению с другими технологическими решениями.

В данной работе исследован трубчатый конвейер, за основу которого, исходя из экономических соображений, взят став типажного подземного ленточного конвейера. Поскольку привод конвейера обладает высокой мощностью, на нем используется резинотросовая лента.

В своей основе трубчатый конвейер является видоизмененной конструкцией обычного ленточного конвейера, на котором лента в поперечном сечении имеет форму почти правильной окружности, т.е. принимает форму трубы. В загрузочной части конвейера лента формируется в глубокий желоб, затем при помощи кольцеобразных роликоопор секции трансформируется в трубу с образованием гарантированного нахлеста краев ленты и удерживается в этом виде на протяжении всего пути за счет ро-

ликовых блоков. Укрепленные на опорных рамах в виде шестиугольника роликоопоры удерживают ленту в форме трубы на участках между приводной и разгрузочной, а также между возвратной и натяжной станциями. Кромки ленты соединены внахлест и благодаря значительной упругости ленты плотно прижаты друг к другу. Большая плотность соединения кромок защищает окружающую среду от загрязнения (просыпи или пыли), а груз – от воздействия природных факторов: ветра или осадков. Перед приводным, натяжным и обводными барабанами труба раскрывается, и лента, принимая плоскую форму, их свободно огибает. Такая форма ленты предупреждает разбрасывание и пыление груза с грузовой ветви, так как с роликоопорами контактирует только чистая сторона ленты. В разгрузочной части конвейера лента переходит в плоскую форму благодаря внутренним силам. Порожняя ветвь конвейера остается без изменений. Свойство конвейерной ленты, сформированной в трубу, допускать изгиб в трехмерном пространстве дает возможность проектировать конвейерную систему без устройства перегрузочных пунктов.

Ввиду своеобразности конструкции возникает задача по определению силы и коэффициента сопротивления движению ленты трубчатого ленточного конвейера. К настоящему времени известны работы по определению составляющих сопротивления движению ленточных конвейеров с желобчатой лентой, но применительно к трубчатому ленточному конвейеру задача такого рода не решалась. Решение данной задачи (а точнее – определение коэффициента сопротивления движению от деформирования ленты и лежащего на ней груза) аналитическими методами сложное, так как в расчетной модели используется достаточно много переменных параметров. В данном проекте для решения используется метод конечных элементов (МКЭ) и программный пакет ИСПА для расчета данным методом на ЭВМ.

Общий коэффициент сопротивления движению ленты на роликоопоре складывается из коэффициентов сопротивления вращению подвижных частей роликоопор, вдавливания роликов в нижнюю обкладку ленты и коэффициента деформирования груза на ленте и самой ленты. Нахождение первых двух коэффициентов не вызывает затруднений, а вот с третьим коэффициентом дело обстоит иначе.

Обладая конечной жесткостью в продольном и поперечном направлениях, лента, проходя через роликоопоры, деформируется. Деформация ленты приводит к провисанию ее между роликоопорами, а также к развалу в боковом направлении, связанному с уменьшением кривизны поперечного сечения. Лента является несовершенным упругим телом, и это вызывает потерю энергии при ее деформировании, которая эквивалентна определенной силе $U_{\text{деф.л}}$ сопротивления движению от деформирования ленты.

Насыпной груз на ленте также деформируется, и его деформация приводит к необратимым потерям энергии, т.е. к появлению еще одной силы $U_{\text{деф.г}}$ сопротивления движению от деформирования груза.

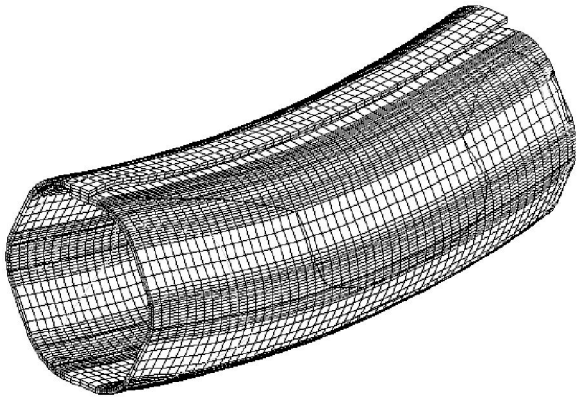
Эти потери энергии эквивалентны определенной силе $U_{\text{деф}}$ сопротивления движению. На эту силу влияют все те факторы, от которых зависит деформированное состояние ленты: натяжение, скорость движения ленты, линейная нагрузка на нее, расстояние между роликоопорами, жесткость ленты, физико-механические характеристики груза. Данная составляющая, по сравнению с сопротивлением от вращения роликов и от вдавливания роликов в ленту, является преобладающей. Для ее нахождения необходимо найти деформации, возникающие в ленте, обжимающей груз между роликоопорами.

Для решения поставленной выше задачи в программном комплексе ИСПА создается параметрическая модель, которая в максимальном приближении может в ходе решения задачи дать представление о поведении ленты, свернутой в трубу, между роликоопорами.

Последовательность решения следующая:

1) построение в AutoCAD модели ленты, свернутой в трубу между роликоопорами;

2) экспорт этой модели в программный комплекс ИСПА и ее доработка;



Деформированное состояние ленты

3) разбиение на элементы, обладающие индивидуальными свойствами;

4) задание условий закрепления;

5) приложение продольной силы натяжения ленты и распределенной нагрузки от транспортируемого груза;

6) решение;

7) изображение деформированной формы ленты (см. рисунок);

8) определение напряжений и деформаций ленты.

Решив задачу о деформированном состоянии анизотропной оболочки под действием распределенной нагрузки, мы можем определить составляющую коэффициента сопротивления от деформирования груза и ленты. Основании этого можно определить значение общего коэффициента сопротивления движению, что позволит выполнить тяговый расчет трубчатого ленточного конвейера и оптимизировать параметры линейных секций, а также выполнить прочностной расчет конвейерной ленты.

Выполненные расчеты показали, что общий коэффициент сопротивления движению трубчатого ленточного конвейера при определенных параметрах может существенно превышать коэффициент сопротивления движению ленточного конвейера традиционной конструкции с желобчатой лентой. Определенный на основании выполненных исследований общий коэффициент сопротивления движению позволяет обоснованно выполнять тяговый расчет, определять установочную мощность двигателя и рассчитывать конвейерную ленту на прочность. На основании сформулированной целевой функции решена задача по оптимизации параметров линейных секций трубчатого ленточного конвейера, позволяющая минимизировать сопротивление движению конвейера, а следовательно, уменьшить расход электроэнергии.

Результаты научно-исследовательской работы передаются ОАО «ВНИИПТМАШ» для использования при расчетах трубчатых конвейеров.

Результаты работы были доложены на научном семинаре кафедры «Горная механика и транспорт» Московского государственного горного университета, на научно-техническом семинаре лаборатории компьютерных технологий ОАО «ВНИИПТМАШ», в 2004 г. на факультетской студенческой научной конференции МГГУ (I место).