

П.Н. Чередник

## УСТАНОВЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ НАТЯЖЕНИЯ ЛЕНТЫ ПРИ ТОРМОЖЕНИИ ТРУБЧАТОГО КОНВЕЙЕРА

При резком торможении лента трубчатого конвейера может подвергнуться деформации в связи с быстрым падением натяжения в ленте. При этом возможна потеря герметичности внутреннего объема ленты, раскрытие бортов ленты и как следствие нарушение работы конвейера. Для того чтобы вернуть ленту в исходное рабочее состояние, необходимо увеличить продольное натяжение в ленте, но это не всегда приводит к восстановлению трубообразной формы. Экспериментальным путем исследовано возникновение таких ситуаций.

Ключевые слова: ленточный конвейер, трубчатый конвейер, тормозные режимы, динамические процессы, цифровая модель, прочностной расчет ленты.

**В** ленточном трубчатом конвейере, при создании тормозных режимов натяжения в ленте могут существенно изменяться в зависимости от места, установки тормозного натяжного устройства и способа торможения. Особенно опасно снижения натяжения в ленте конвейера, т.к. невысокие натяжения могут привести к раскрытию замкнутого внутреннего объема трубы, просыпанию груза, т.е. конвейера становится не работоспособным. Таким образом необходимо в режиме торможения, не дать натяжению понизиться ниже некоторой минимально допустимой величины.

Под минимально-допустимым натяжением будем понимать натяжение при котором лента, свернутая в трубу и сдеформированная в некоторое новое положение при самом малом натяжении, при повышении натяжения возвращается в исходное замкнутое состояние, т.е. сохраняется устойчивость трубообразной формы ленты.

В отличие от ленточного конвейера традиционной конструкции, когда устойчивость формы достигается простым увеличением натяжения ленты, в трубчатом конвейере возможны слу-

чаи, когда трубообразная лента, потеряв форму при малом натяжении (рис. 1, а), при повышении его (рис. 1, б) – в рабочее состояние не возвращается, т.к. не образуется нахлеста.

В таком случае будем говорить о потере лентой трубчатого конвейера устойчивости формы. При этом сила сопротивления движению резко возрастает и возможны случаи, когда запустить конвейер с лентой, потерявшей устойчивую форму, будет невозможно.

Задачей данного исследования является установление минимально-допустимых значений натяжения в ленте, при котором лента не может самостоятельно вернуться в рабочее положение.

Для решения данной задачи была создана цифровая модель линейной секции ленточного трубчатого конвейера в программном комплексе ANSYS.

Программный комплекс ANSYS используется для анализа ленточных конвейеров как в отечественной практике [3], так и за рубежом [4], позволяя проводить автоматизированные инженерные расчеты и решать задачи, которые не всегда поддаются аналитическому решению.

Модель представляет собой участок линейной части трубчатого конвейера, состоящий из двух кольцевых роlikоопор и отрезка ленты, свернутого в трубу. При этом борта ленты, соединены внахлест (рис. 2).

При моделировании лента ЛТК была принята в виде гибкой ортотропной цилиндрической оболочки с разными модулями упругости в продольном и поперечном направлениях. Поскольку отношение радиуса кривизны ленты к ее толщине су-

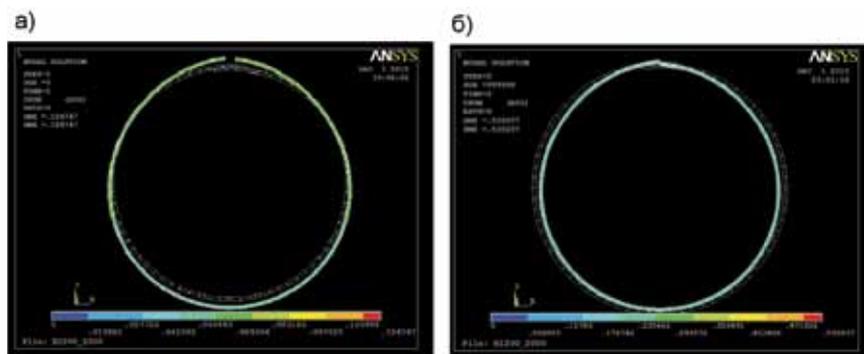


Рис. 1. Форма ленты при пониженном натяжении (а), форма ленты при повышенном после понижения натяжении (б)

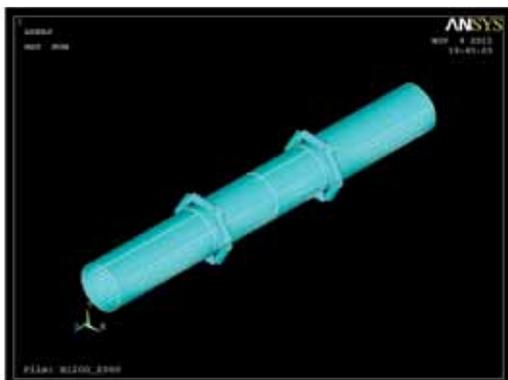


Рис. 2. Модель ЛТК в программном комплексе ANSYS

щественно, то можно не учитывать сдвиговые деформации в ленте и применять для задания типа конечных элементов ленты элемент оболочек SHELL63; для роликов наиболее рациональным является использование конечно-элементной разбивки из элементов LINK1. Для создания контакта между лентой ЛТК и роликоопорой в диалоговом режиме формируется жестко-податливое взаимодействие роликов с лентой, т.е. формируются специальные элементы, описывающие контактные взаимодействия. При этом ролики условно принимаются «целевой» поверхностью (Target170), т.е. всегда жесткой, а лента — «контактной» (Conta174) деформируемой поверхностью.

Для задания нагрузок действующих на ленту, для определения заполнения поперечного сечения ленты, использовались результаты работы В.Н. Гущина [5]. В расчетах использовались полученные после интегрирования зависимостей (1) и (2) по

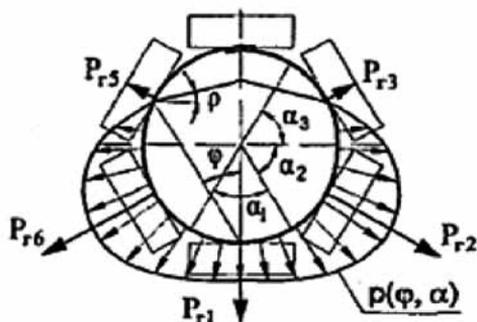


Рис. 3. Расчет сосредоточенных нагрузок на ролики от пассивного давления груза

определению активных  $P_{act}$  и пассивных  $P_{pas}$  нагрузок на ленту от груза.

- активное

$$P_{act} = R \cdot \rho \cdot \frac{g}{\Delta\alpha} \cdot \int_{\alpha}^{\alpha+\Delta\alpha} (\cos 2\varphi + \cos \alpha) \cdot (\cos^2 \alpha + m \cdot \sin^2 \alpha) \cdot d\alpha, \quad (1)$$

- пассивное

$$P_{pas} = R \cdot \rho \cdot \frac{g}{\Delta\alpha} \cdot \int_{\alpha}^{\alpha+\Delta\alpha} (\cos 2\varphi + \cos \alpha) \cdot \left( \cos^2 \alpha + \frac{\sin^2 \alpha}{m} \right) \cdot d\alpha. \quad (2)$$

где  $R$  – радиус изгиба ленты в поперечном сечении;  $\varphi$  – угол, характеризующий степень заполнения поперечного сечения ленты;  $\alpha$  – угол наклона рассматриваемой площадки к горизонтали;  $m$  – коэффициент подвижности материала;  $\rho$  – насыпная плотность груза.

При помощи одной из подпрограмм, разработанных в Math Cad, формируются таблицы данных пассивных и активных давлений на ленту в зависимости от характеристик груза и параметров конвейера. Для каждого из вариантов «груз-конвейер» формируются два файла данных содержащих активные и пассивные давления приходящиеся на конкретный участок разбивки поперечного сечения ленты, которые впоследствии импортируются в ANSYS и переносятся на модель.

В таблице приведены принятые величины для модели ленточного трубчатого конвейера.

Для начала эксперимента создаем натяжение  $S_{min}$  в ленте, при котором достигается нормальное рабочее состояние.

Затем понижаем натяжение до некоторого значения, фиксируем расхождение бортов ленты и вновь повышаем натяжение до некоторого натяжения  $S'$ , если лента вернулась в исход-

Параметр	Значение величины
Ширина конвейерной ленты	1200, мм
Расстояние между роlikоопорами	1000, мм
Степень заполнения поперечного сечения ленты	85% ( $\varphi = 27^\circ$ )
Насыпная плотность груза	1500, кг/м <sup>3</sup>
Начальное натяжение ленты	30 кН
Модуль упругости ленты	$3 \cdot 10^8$ Па
Коэффициент подвижности груза	0,3

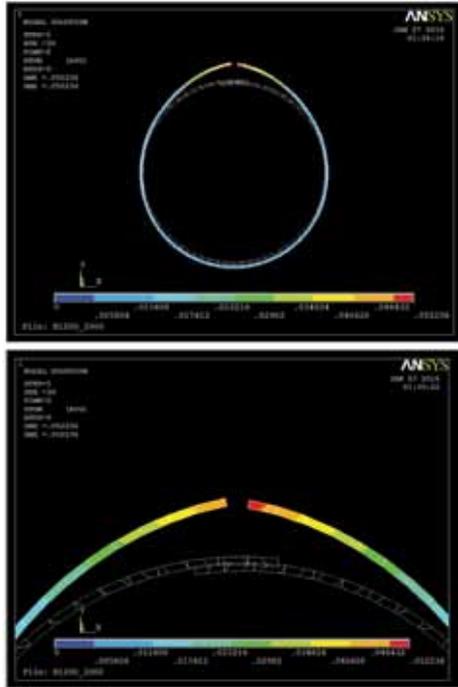


Рис. 4. Сечение оболочки ленты при натяжении  $S^* = 8 \text{ кН}$

ное положение (возник необходимый нахлест ленты), тогда снижаем натяжение до  $S''$ . Если после какого-то натяжения  $S'_i$  лента не возвращается в исходное положение — считаем данное натяжение критическим.

Ограничения степеней свободы, натяжения и нагрузки, заданные на модель, автоматически передавались программой в сеточную модель при инициализации процедуры численного решения. Задание и последующее изменение натяжения ленты, а также нагрузок от груза осуществлялось с помощью специально созданных для данной задачи подпрограмм. После задания соответствующих параметров выполнялось само решение. Итогом работы программы на постпроцессорной стадии являлось графическое и табличное представление результатов.

Так для принятых величин указанных в таблице, получилось следующее решение:

Значение  $S_{\min}$  было принято равным 30 кН, при этом лента сохраняла рабочую нормальную форму и не подвергалась существенных деформациям под воздействием груза (загрузка 85%).

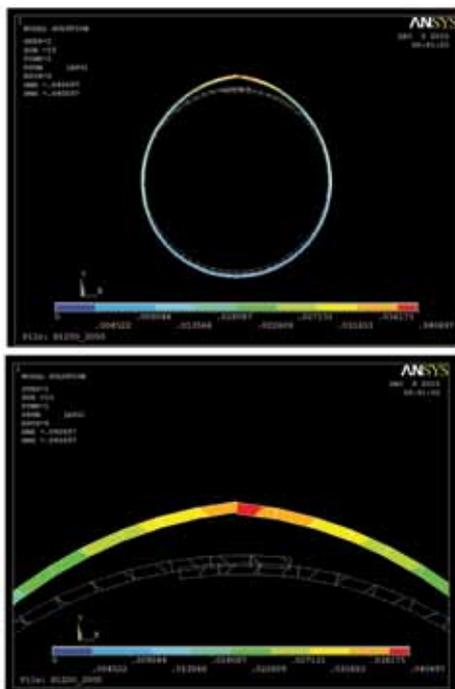


Рис. 5. Поведение ленты ЛТК на втором шаге, при натяжении  $S' = 30$  кН

Далее при последовательном снижении  $S_{\min}$  до значения  $S' = 8$  кН, модель ленты трубчатого конвейера потеряла свою устойчивую форму и подверглась деформациям (рис. 4). При последующем шаге натяжение было увеличено вновь до  $S_{\min} = 30$  кН, но вернуть ленту в исходное рабочее положение не удалось (рис. 5).

Тем самым, были установлены режимы критического натяжения для показателей ленточного трубчатого конвейера (таблица), а именно  $S_{\text{крит}} = 8$  кН.

Таким образом, данный эксперимент показывает, что при неправильном торможении ленточного трубчатого конвейера, а именно при резком падении натяжении в ленте, возможно нарушение герметичности внутреннего объема соединенной внахлестку ленты, ввиду раскрытия бортов ленты и невозможность вернуть их в исходное положение исходным рабочим натяжением ленты, что в свою очередь ведет к нарушению работы ЛТК.

Подобные эксперименты были выполнены с лентами шириной: 800, 1000 и 1200 мм.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галкин В. И., Дмитриев В. Г. и др. Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий. – М.: Горная книга, 2011. – 527 с.

2. Поляков Н. С., Смирнов В. К. Тормозные режимы работы ленточных конвейеров / Вопросы рудничного транспорта. Сборник, вып. 10. – М.: Недра, 1967.

3. Кулагин Д. С. Обоснование допустимых радиусов изгиба трасс ленточных трубчатых конвейеров в горизонтальной плоскости, автореферат диссертации на соискание уч. степени канд. технич. наук. – М., 2007. – 56 с.

4. Li X. X., Ma Q. J., Wu Z. H. Structural analysis of transmission frame of coal-mining tubular belt conveyor / International Conference on Mechatronics Engineering and Computing Technology, ICMECT 2014, Shanghai, China. Vol. 556–562, Shanghai, 2014, pp. 1380–1383. **VIAS**

## КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Чередник П. Н. – аспирант, e-mail: xbox10@ya.ru, МГИ НИТУ «МИСиС».

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 12, pp. 222–224.

UDC  
621.867.2

**P.N. Cherednik**

## **ESTABLISHMENT OF A CRITICAL VALUE OF TAPE TENSION DURING BRAKING OF TUBULAR CONVEYOR**

When braking the tape tubular conveyor may be subjected to deformation due to the rapid drop in tension in the tape. You may lose the tightness of the internal volume of the tape, the disclosure of the sides tape and as a consequence of a malfunction in the conveyor. In order to return the tape in its original working condition, it is necessary to increase the longitudinal tension in the tape, but it does not always lead to the restoration of tubular form. This article experimentally investigates the occurrence of such situations.

Key words: belt conveyor, tubular conveyor, brake modes, dynamic processes, digital model, strength analysis of the tape.

## AUTHORS

Cherednik P.N., Graduate Student, e-mail: xbox10@ya.ru, Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

## REFERENCES

1. Galkin V.I., Dmitriev V.G. *Sovremennaya teoriya lentochnykh konveyerov gornykh predpriyatiy* (Contemporary theory of belt conveyors mining companies), Moscow, Gornaya kniga, 2011, 527 p.

2. Polyakov N. S., Smirnov V. K. *Voprosy rudnichnogo transporta*. Sbornik, vyp. 10 (The issues of mining transport, vol. 10), Moscow, Nedra, 1967.

3. Kulagin D. S. *Obosnovanie dopustimykh radiusov izgiba trass lentochnykh trubchatykh konveyerov v gorizontal'noy ploskosti* (Justification of allowable bending radii of tracks of the tape tubular conveyor in a horizontal plane), Candidate's thesis, Moscow, 2007, 56 p.

4. Li X. X., Ma Q. J., Wu Z. H. Structural analysis of transmission frame of coal-mining tubular belt conveyor. *International Conference on Mechatronics Engineering and Computing Technology*, ICMECT 2014, Shanghai, China. Vol. 556–562, Shanghai, 2014, pp. 1380–1383.