

УДК 622.64

М.С. Ефимов

ОЦЕНКА НЕРАВНОМЕРНОСТИ НАГРУЖЕНИЯ В ПОПЕРЕЧНОМ НАПРАВЛЕНИИ ЛЕНТЫ ТРУБЧАТОГО КОНВЕЙЕРА

В работе [1] получено дифференциальное уравнение, описывающее вращательное движение трубообразной ленты трубчатого конвейера трассы вокруг ее продольной оси на прямолинейных участках. Данное уравнение позволяет определить угловые перемещения ленты в зависимости от ее физико-механических свойств, конструкции конвейерного става, условий эксплуатации, вида транспортируемого груза и др. Исследование показало, что практически любой вид неравномерного натяжения ленты S по ширине не оказывает влияния на ее угловые отклонения на прямолинейных участках. Однако при изгибе трассы ленточного трубчатого конвейера (ЛТК) в горизонтальной плоскости неравномерное натяжение приводит к появлению некоторого крутящего момента M_{kp} и, как следствие, возникновению угловых отклонений φ_{kp} , которые в совокупности с другими возмущениями могут способствовать значительному угловому повороту ленты. В результате возможно расхождение бортов ленты, нарушение герметичности внутреннего объема, просыпь груза, пыление и др.

Существенно неравномерное натяжение ленты S характерно для наклонных конвейеров и конвейеров значительной длины. В этом случае по ширине ленты имеет место неодинаковое распределение натяжных усилий, преж-

де всего, из-за разного заполнения грузом ее сечения.

С целью определения крутящего момента M_{kp} в работе введено понятие удельного натяжения $s = S/2\pi$, которое может быть описано функцией вида:

$$s(\varphi) = s_0 + s_1 \sin \frac{\varphi}{2}, \quad (0 < \varphi < 2\pi),$$

где s_0 – постоянная составляющая удельного натяжения; s_1 - амплитуда нелинейной составляющей удельного натяжения, зависящая от типа и ширины ленты конвейера, степени его загрузки, длины и др.; φ - угол поворота сечения трубообразной ленты.

Для того, чтобы определить величины натяжений s_0 и s_1 , было выполнено моделирование грузовой ветви ленты ЛТК с применением метода конечных элементов. При этом рассмотрены три различные по ширине конвейерные ленты (800, 1000 и 1200 мм) с двумя вариантами заполнения ее сечения (30 % и 60 %). Учитывалось также влияние угла наклона конвейера при транспортировании груза. На рис. 1 представлена схема приложения нагрузок по ширине ленты с учетом веса груза, ленты, роликоопор, отнесенных к 1 метру длины конвейера.

Удельное распределенное сопротивление движению ленты $W_{y\delta}$, отнесенное к 1 метру длины конвейера, рассчитывалось следующим образом:

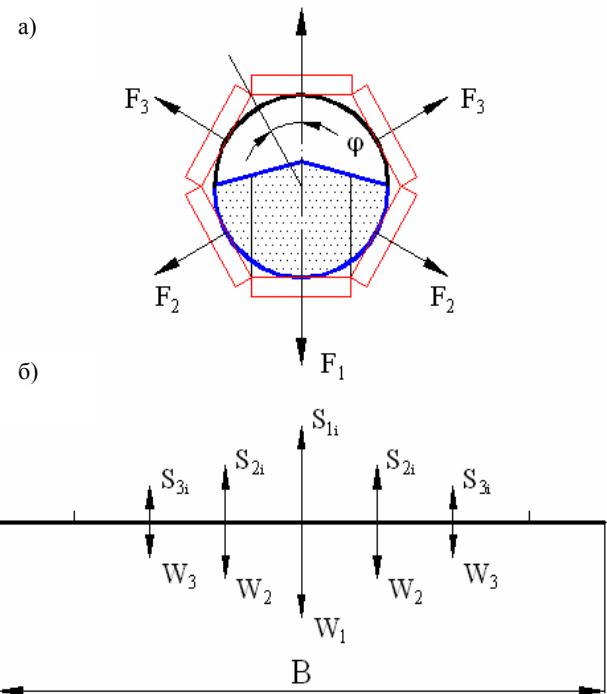


Рис. 1. Силы, действующие на ролик опоры трубчатого конвейера (а) и натяжения, действующие в ленте (б)

действием натяжений S_0 и S_l положена геометрическая модель, построение которой выполнено в специальном программном комплексе. При этом для наглядности трубообразная лента разворачивалась в плоскую оболочку, а затем оценивалось влияние на ее напряженно-деформированное состояние как ортотропной оболочки таких факторов как толщина, длина и ширина ленты, модули упругости вдоль E_x и поперек E_y ленты, производительность конвейера, угол транспортирования груза, тип насыпного груза.

При моделировании выбор типа элемента осуществлялся исходя из следующих условий: исследуемый участок ленты (грузовая ветвь) представляет собой прямоугольную пластину определенной длины, ширины и толщины; вид элемента – эластичный (исходя из свойств материала). При решении использовались элементы прямоугольной формы, затем выполнялась разбивка геометрической модели на конечное число элементов; при этом учитывался тип элементов и вид материала.

При проведении исследований физико-механические ленты принимались следующими:

$$E_x = 5 \cdot 10^8 \text{ H/m}, \mu = 0,45; E_y = 5 \cdot 10^7 \text{ H/m}, \mu = 0,15.$$

На рис. 2 представлена цифровая модель для определения натяжений S_0 и S_l .

$$W_{y\delta} = (q_n + q_{ep}) \cos \beta w' + \\ + q_p w' (q_n + q_{ep}) \sin \beta,$$

где q_n , q_{ep} , q_p – соответственно погонный вес ленты, груза и роликоопор, Н/м ; β – угол наклона конвейера при транспортировании груза; w' – коэффициент сопротивления движению.

Силы сопротивления движению W_i определялись по формуле:

$$W_i = F_i \cdot w',$$

где w' – коэффициент сопротивления движению; F_i – нагрузка на соответствующий ролик опоры (рис. 1, а) [2].

В соответствии с силами сопротивления к ленте в месте установки каждой роликоопоры прикладывались натяжения S_i (рис. 1, б).

В основу расчета напряженно-деформированного состояния под

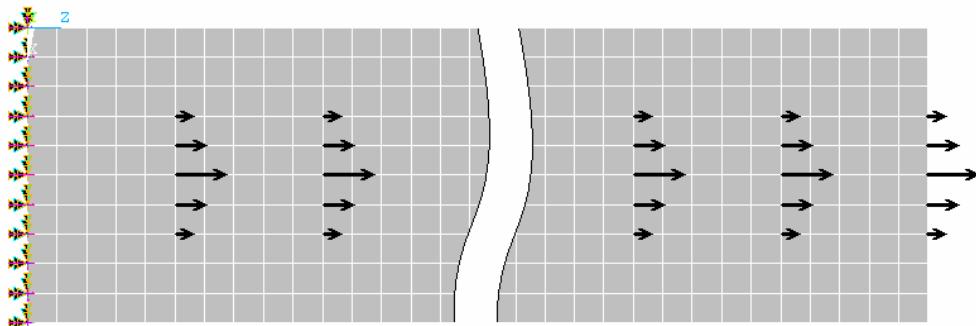


Рис. 2. Цифровая модель

На основе разработанной цифровой модели были выполнены расчеты напряженно-деформированного состояния конвейерных лент шириной 800, 1000 и 1200 мм с $Q = 30\%$ и 60% -м заполнением по сечению и длиной конвейера равной 1000 метров. Результаты расчета конечных деформаций для исследуемых конвейерных лент приведены на рис. 3.

Значения напряжений, возникающих в ленте, при ее неравномерном нагружении приведены в таблице.

Таким образом, на мощных длинных трубчатых конвейерах натяжение распределяется неравномерно по ширине ленты. Достаточно точно переменное по

ширине ленты удельное натяжение можно описать зависимостью

$$S(\varphi) = S_0 + S_1 \sin \frac{\varphi}{2},$$

где S_0, S_1 - удельные составляющие, соответствующие составляющим S_0 и S_1 общего натяжения, зависящим от ряда факторов.

Данные неравномерные натяжения могут повлиять на устойчивость ленты на криволинейных участках, вызвав вращение ленты внутри роликоопор во внешнюю сторону участка поворота. Чем больше неравномерность ленты по

Результаты расчета напряжений в ленте соответственно на краю и центральной ее части

Заполнение сечения ленты, %	Угол наклона конвейера, град.	Результирующие напряжения в ленте, МПа при ширине ленты, мм		
		800	1000	1200
30	0	0,74825	0,80635	0,87920
		0,75330	0,81330	0,88890
	5	3,30900	3,51460	3,72200
		3,32995	3,54485	3,76290
	10	5,54540	5,82050	5,25200
		5,54885	5,87050	5,31500
60	0	1,24720	1,34610	1,46540
		1,25455	1,35700	1,48065
	5	5,22150	5,62100	6,08200
		5,25250	5,66700	6,14550
	10	8,77100	9,47250	10,30100
		8,82300	9,54950	10,40800

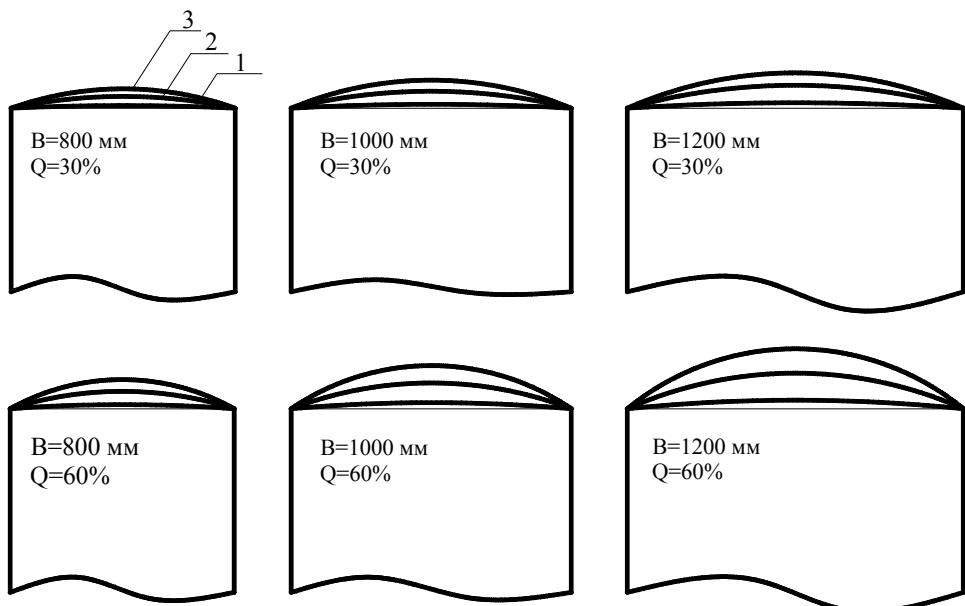


Рис. 3. Характер изменения натяжения по ширине ленты; линии 1, 2, 3 соответственно деформации ленты при углах наклона конвейера 0° , 5° и 10°

ширине, тем существеннее величина ее вращения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриев В.Г. Уравнение вращательного движения ленты трубчатого конвейера. Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: МГГУ, 2004, № 8. желобчатости крутонаклонного конвейера // Сб.: Вертикальные и наклонные конвейеры для транспортирования грузов в промышленности. – Л., 1971. ГИАБ
2. Гущин В.М. К распределению давлений насыпного материала на ленту глубокой

Коротко об авторе

Ефимов М.С. – аспирант, Московский государственный горный университет.

Рецензент канд. техн. наук, доцент П.Я. Бибиков.

