

Д. т. н. С. Я. Давыдов (✉), В. С. Шварев

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»,
г. Екатеринбург, Россия

УДК 666.76:66.042.264

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕНТ ОБЩЕПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ТРУБЧАТЫХ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Представлены изображения, описание и методика расчета основных параметров конструкции зарубежных систем трубчатых ленточных конвейеров (ТЛК). Перечислены отличительные особенности предлагаемого и зарубежных ТЛК. Даны принципиально важные ограничения параметров ТЛК. Перечислены преимущества и недостатки ТЛК в сравнении с ленточными конвейерами.

Ключевые слова: трубчатый ленточный конвейер, криволинейная трасса, диаметр трубы, переворот холостой ветви ленты, обхватывающая лента, ширина зазора.

В последние годы в различных отраслях промышленности, в том числе в горной, все более широко применяются трубчатые ленточные конвейеры (ТЛК). Этот тип конвейера успешно применяется для транспортирования угля, дробленой руды, гипса, щебенки, песка, химических материалов, пастообразных материалов и т. д. [1–3].

Особенность известных ТЛК состоит в том, что конвейерная лента сворачивается в трубу, а ее края образуют в верхней части трубчатой поверхности зону перекрытия (края ленты перекрывают друг друга внахлест), в которой находится транспортируемый материал (рис. 1) [2]. Величина зоны перекрытия зависит от типа ленты, насыпной плотности и крупности кусков транспортируемого материала и шага установки роликоопор.

Величина зоны перекрытия краев ленты Δ , мм, определяется из соотношения

$$\Delta = 0,5d_{\text{тр}}.$$

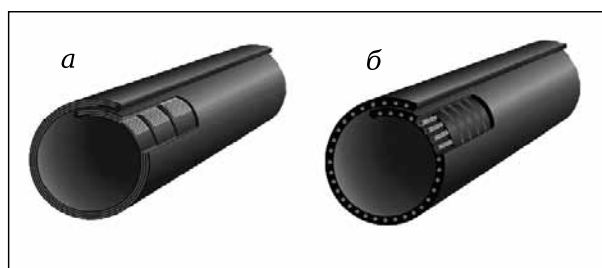


Рис. 1. Ленты трубчатых конвейеров: а — резиноканевая; б — резинокросовая

✉
С. Я. Давыдов
E-mail: davidovtrans@mail.ru

Известно, что при транспортировании сыпучих материалов полезного ископаемого до места переработки или отгрузки потребителю приходится преодолевать значительные расстояния, которые нередко сопровождаются искривлениями трассы конвейера как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости (рис. 2). Варианты исполнения роликоопор показаны на рис. 3.

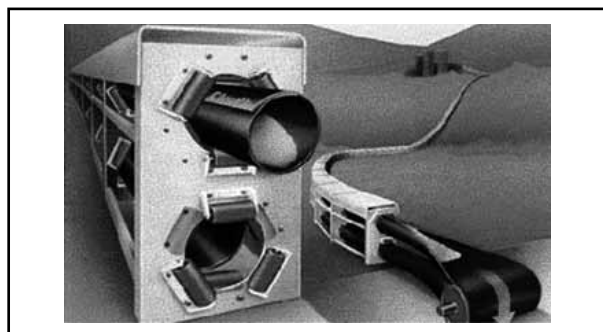


Рис. 2. Линейная часть трубчатого ленточного конвейера

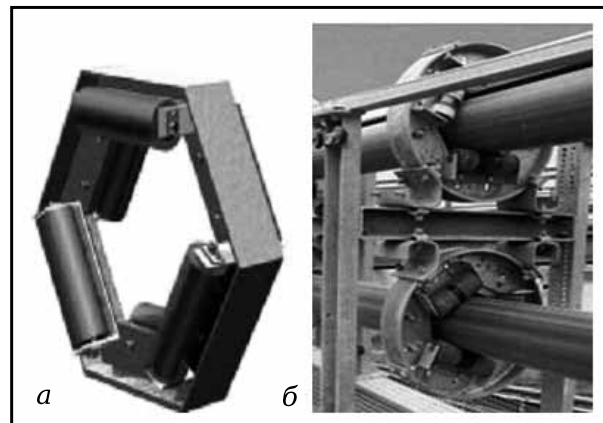


Рис. 3. Варианты исполнения роликоопор: а — шестигранное; б — кольцевое

Таблица 1. Характеристики ленточных конвейеров с криволинейной трассой в плане

Показатели	Место установки конвейера*							
	Беларусь-калий (проект)	США		Турция		Германия	Куба	Чили
Длина конвейера, м	10215	19100	4000	8500	5500	1800	4750	4261
Мощность, кВт	3300	5×560	Нет данных	4×450	Нет данных		4×190	3×750
Скорость движения ленты, м/с	2,5	7,1	То же	4,5	4,5	Нет данных	2,95	7
Производительность, т/ч	1700	1100	2000	1000	1000	800	800	8650
Транспортируемый груз	Сильвинитовая руда	Лигнит				Калийная соль	Никелевая руда	Медная руда
Число поворотов трассы в плане	5	6	3	2	3	1	1	1
Радиус криволинейных участков, м:								
R_1	500	3050	800	4000	4000	1000	3000	2500
R_2	500	2440	800	4000	4000	—	—	—
R_3	1800	2600	800	—	4000	—	—	—
R_4	1750	2100	—	—	—	—	—	—
R_5	3000	2060	—	—	—	—	—	—
R_6	—	3050	—	—	—	—	—	—
* Число установленных конвейеров 1.								

* Число установленных конвейеров 1.

В табл. 1 [2] приведены технические характеристики ленточных конвейеров, работающих в горной промышленности в различных странах мира и имеющих криволинейные пространствен-

ные участки трассы. Такие конвейеры транспортируют различные по насыпной плотности грузы (от никелевой руды — тяжелый материал — до лигнита — относительно легкий материал). Длина конвейеров колеблется от 1800 до 19100 м, их производительность — от 800 до 8650 т/ч. При этом количество искривлений трассы от 1 до 6 с радиусами кривизны от 500 до 4000 м.

Возможность поворота трассы ленточных конвейеров (рис. 4) позволяет существенно упростить технологическую схему транспорта, сократить число перегрузочных пунктов, снизить объем подготовительных капитальных горных работ. Особенно актуальна проблема создания и применения в шахтных условиях криволинейных в плане ленточных конвейеров.

Таблица 2. Список наиболее протяженных трубчатых конвейеров

Длина, км	Место установки	Фирма-производитель	Производительность, т/ч
2,1	Homestake Mining, USA	Krupp Robins	300
2,3	Huainan Coal Mining M. P., China	Krupp Robins	800
2,4	Melaka Refinery, Malaysia	Petronas Nova Spa	340
2,5	AES Barbers Point, Inc., USA	Krupp Robins	1100
2,8	Jordan, Phosphate, India	Koch	1250
3,4	Utah, Fuel Company, USA	Krupp Robins	1250
3,4	Indo Gulf Copper Smelter, India	Conveyor Kit	1800
5,0	Fluor Daniel – Lagoven, USA	Krupp Robins	300
8,2	Cementos Lima, Peru	Koch	550 (уголь), 690 (цемент)

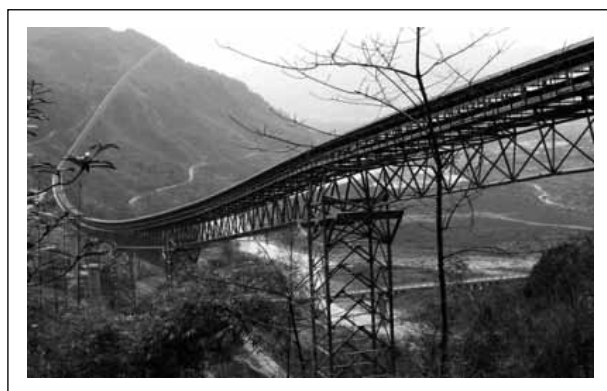


Рис. 4. Ленточный конвейер фирмы «BEUMER» (Германия) в провинции Сычуань, Китай

Список наиболее протяженных трубчатых конвейеров, эксплуатируемых во всем мире в горной промышленности [2], приведен в табл. 2.

Техническая характеристика ленточного конвейера, показанного на рис. 4, приведена ниже:

Производительность конвейера, т/ч.....	1500
Транспортируемый материал.....	Известняк
Общая длина, м.....	12600
Ширина ленты, м.....	1,2
Скорость ленты, м/с.....	4,0
Разница высот между погрузкой и разгрузкой, м.....	100
Мощность привода*, кВт.....	6 × 500
Число горизонтальных поворотов.....	8
Минимальный радиус горизонтальных поворотов, м.....	1000
Число вертикальных поворотов.....	28
Минимальный радиус вертикальных поворотов, м:	
выпуклые участки.....	50
вогнутые участки.....	1000
Угол наклона участков, град.....	До +15

* 3 — на загрузке, 3 — на разгрузке.

Для Рефтинской ГРЭС в районе г. Екатеринбурга фирмой «ContiTech», Германия, для перемещения горячей угольной золы (+ 90 °С) спроектирован ТЛК [1] на расстояние 4300 м. Скорость транспортирования груза 5,2 м/с, наружный диаметр трубчатой ленты 570 мм. Привод — двигателя переменного тока — 4 × 800 кВт в головной части и 2 × 800 кВт в хвостовой части конвейера. Минимально реализованный радиус поворота на участке транспортировки 420 м.

Допустимый радиус кривизны в плане осевой линии трассы ленточного конвейера определяется прежде всего устойчивым движением ленты (отсутствием бокового схода) при отсутствии груза на ленте криволинейного участка и для такой схемы загрузки конвейера по длине, когда на этом участке возникают максимально возможные натяжения.

Допустимый радиус кривизны R , м, в плане трассы ленточного конвейера может быть определен по формуле [2]

$$R = \frac{S(1 - f \sin \gamma)}{q_n(\sin \gamma + 1)},$$

где S — натяжение ленты на участке кривизны в плане трассы конвейера, Н; f — коэффициент трения ленты по роликоопорам, установленным на криволинейном участке трассы; q_n — линейная нагрузка на ленту, Н/м; γ — угол наклона в вертикальной плоскости роликоопоры, установленной на криволинейном участке трассы конвейера, град.

Диаметр ленты трубчатого конвейера $d_{тр}$ является одним из основных конструктивных параметров ТЛК. Величина максимального размера куса транспортируемого груза $a_{1(max)}$, мм, находится в зависимости от $d_{тр}$, мм (табл. 3) [2], и связана с ним соотношением

$$a_{1(max)} = 0,3d_{тр}.$$

От величины диаметра трубчатой ленты $d_{тр}$ зависят следующие конструктивные параметры конвейера:

- длины переходных участков, на которых происходит сворачивание ленты в трубу и ее разворачивание, определяемые из соотношений: для резинотканевых лент $d_{тр} \cdot (25 \div 35)$ мм; для резинотросовых лент $d_{тр} \cdot 45$ мм;
- радиусы криволинейных участков конвейеров в плане и профиле, а также радиусы криволинейных участков при пространственной трассе конвейера: для резинотканевых лент $d_{тр} \cdot (300 \div 900)$ мм; для резинотросовых лент $d_{тр} \cdot (700 \div 1100)$ мм;
- геометрические параметры линейных секций, диаметры роликоопор.

Факторы, влияющие на эксплуатационные характеристики ленточных конвейеров с пространственной криволинейной трассой:

1. Применение современных высокопрочных резинотканевых лент (в том числе на арамидной основе), по прочностным свойствам не уступающих резинотросовым, но имеющих меньше массу и продольный модуль упругости.
2. Установки в местах сопряжения прямолинейных и криволинейных участков трассы промежуточные роликоопоры.

Таблица 3. Основные параметры трубчатого конвейера в зависимости от диаметра трубы

Диаметр трубы, мм	Ширина ленты, мм	Сечение материала на движущейся ленте, м ² *	Рекомендуемая скорость ленты, м/с	Производительность, т/ч	Максимальный размер куска, мм
150	550	0,045	2,0	176	50
170	650	0,081	2,2	338	56
220	800	0,126	2,33	564	70
280	1000	0,182	2,5	884	90
330	1200	0,247	2,9	1371	110
390	1400	0,323	3,4	2073	130
450	1600	0,505	3,8	3632	150
550	1800	0,727	4,2	5796	180
640	2000	0,989	4,6	8659	215
700	2400	1,458	5	13903	230

* Площадь сечения груза на трубчатой ленте составляет 75 % от теоретически возможной площади окружности заданного диаметра.

жуточных приводов, приводящих к уменьшению натяжения ленты, а следовательно, к уменьшению радиусов кривизны трассы конвейера.

3. Установка на криволинейных, пространственных участках трассы специальных роликоопор, позволяющих сохранять стабильное движение ленты на этих участках (исключить сход ленты с поддерживающих роликоопор).

4. Специальный расчет пусковых и тормозных режимов конвейеров, исключающий возможность потери устойчивости ленты с грузом на криволинейных пространственных участках, а также исключение образования гофр в ленте в переходный период работы привода конвейера.

В известных ТЛК используются специальные гибкие в поперечном сечении ленты, изготавливаемые за рубежом. Зажатый грузонесущей и обхватывающей лентами транспортируемый материал в предлагаемой авторами публикаций [4–7] конструкции ТЛК образует пробку движущегося насыпного груза, что позволяет увеличить угол наклона конвейера. Транспортирование пылеобразующих материалов в герметичном состоянии дает возможность исключить их потери по трассе, уменьшить запыленность и загазованность рабочих участков. Конвейер можно прокладывать по горизонтальным криволинейным участкам с различным углом поворота.

При использовании ТЛК на крутонаклонных трассах удержание транспортируемого насыпного груза на ленте осуществляется за счет сил трения его о ленту и подпора нижележащих слоев.

Радиус загиба грузонесущей ленты в полузамкнутое сечение примерно на 30 % больше по сравнению с загибом этой же ленты внахлест, что отражается на значительном уменьшении нагрузок от скручивающего ленту момента.

Загиб отечественной конвейерной ленты вокруг продольных волокон прокладок (поперек поперечных волокон утка) в полузамкнутое сечение (трубчатое сечение с зазором между кромками ленты) был изучен и использован в устройствах для ее переворота с помощью прижимных роликов 2 и 11 (рис. 5) [8].

В предлагаемом устройстве переворот лент 1 для ленточных конвейеров [9, 10] обеспечивается прижимным роликом 2 в сочетании с ограничительными роликами 3 и 4 и отклоняющим барабаном (роликом) 5, установленными на раме конвейера 6. Ролики 7 опорно-центрирующих узлов 8 и 9 предназначены для придания трубчатого или С-образного сечения ленте. Установкой роликов под углом наклона γ достигается оптимальная работа устройства без сдвигающих сил, что позволяет увеличить срок службы роликов и лент.

Зависимости длины L_0 изгиба с переворотом ленты и диаметра D трубчатого конвейера от ширины B ленты показаны на рис. 6.

При сворачивании ленты в трубу рабочей и холостой ветвей наименьший радиус трубы R_T рассчитывается с учетом зависимости [11, 12]:

$$R_T = \frac{Eh_c}{2\sigma_{\text{н}}}, \quad (1)$$

где R_T — радиус изгиба ленты до полузамкнутого состояния, $R_T = (B + b_r) / (2\pi)$; E — модуль упругости материала ленты; $h_c = ih$, где i — число прокладок; h — толщина прокладки; $\sigma_{\text{н}}$ — допускаемое напряжение на растяжение материала прокладки. Ширина зазора b_r между кромками скрученной прорезиненной ленты определяется шириной B для ее грузовой ветви:

$$b_r \geq \frac{Eh_c \pi}{\sigma_{\text{н}}} - B. \quad (2)$$

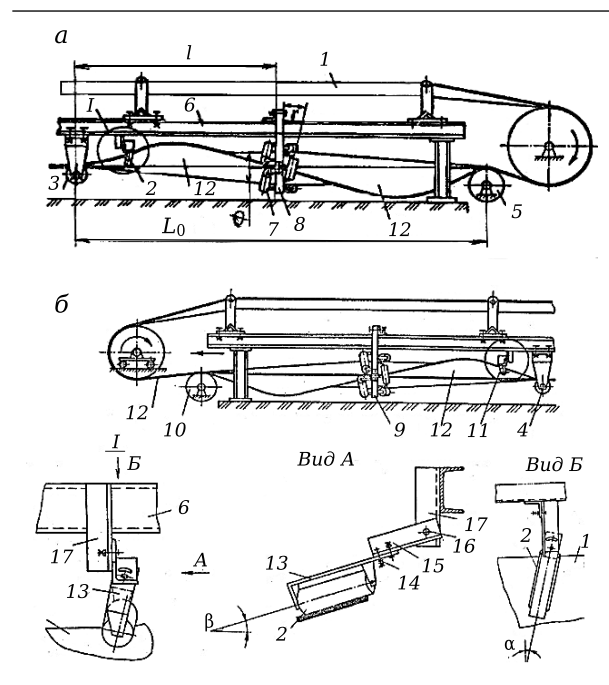


Рис. 5. Устройство для переворота холостой ветви ленты: а — головная часть конвейера; б — холостая часть конвейера; 10 — отклоняющий барабан; 12 — верхняя кромка свернутой ленты; 13 — кронштейн ролика; 14 — шарнирное соединение; 15 — консоль стойки; 16 — шарнирное соединение; 17 — кронштейн рамы. Остальные обозначения — в тексте

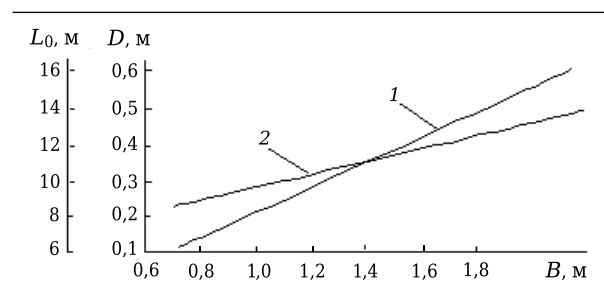


Рис. 6. Зависимость длины L_0 изгиба с переворотом ленты (1) и диаметра D трубчатого ленточного конвейера (2) от ширины B ленты

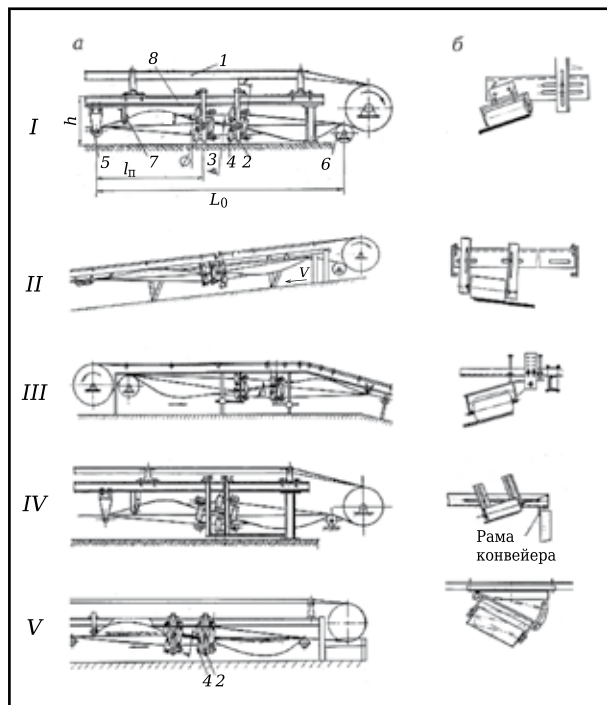
Для выбора определенной конструкции применительно к конкретным условиям на рис. 7 представлены разработанные и испытанные варианты переворота резинотканевой ленты на предприятиях России.

Для уменьшения поперечных размеров холостая ветвь ленты конвейера также должна иметь полузамкнутое сечение с кромками, направленными вверх, по всей трассе [11–16]. Для этого у головного барабана холостая ветвь ленты конвейера специальными роликами переворачивается загрязненной стороной внутрь до полузамкнутого сечения с возвратом в исходное положение перед концевым барабаном. Схема разработанного конвейера с обхватывающей лентой и изгибом с переворотом нижней ветви ленты показана на рис. 8.

В рассматриваемом случае изгиб порожней ленты произойдет на угол φ , который можно найти из соотношения (рис. 9) [11, 17]:

$$\frac{B}{2\pi} = \frac{\frac{3}{4}B - \frac{b_{\pi}}{2}}{\varphi}, \quad (3)$$

где b_{π} — ширина зазора между кромками скрученной прорезиненной порожней ветви ленты.



ненной ленты: а — узлы переворота ленты; б — варианты установки прижимного ролика: I — ОАО БАЗ-СУАЛ; II — ОАО «Гайский ГОК»; III — ОАО «Жезказганский ГОК»; IV — ОАО «Норильский ГМК»; V — ООО «Верхнетагильский комбинат строительных конструкций», ОАО «НОСТА»; 1 — конвейерная лента; 2, 3 — поперечная рама; 4 — ролики; 5 — ограничительный ролик; 6 — отклоняющий барабан; 7 — прижимной ролик; 8 — рама конвейера

Тогда угол α подъема винтовой линии при изгибе холостой ветви ленты в трубчатом ленточном конвейере может быть рассчитан по соотношению [11, 17]:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\frac{3B}{4} - \frac{b_{\pi}}{2}}{L_{\pi}} = \frac{3B - 2b_{\pi}}{4L_{\pi}}, \quad (4)$$

где L_{π} — расстояние между отклоняющим барабаном 7 и направляющим роликом 11 (см. рис. 8), осуществляющим разворот ленты.

Из соотношения (4) находим длину изгиба холостой ветви ленты по винтовой линии до полузамкнутого расположения ее кромок, обращенных вверх:

$$L_{\pi} = \frac{3B - 2b_{\pi}}{4\operatorname{tg} \alpha}. \quad (5)$$

После подстановки в формулу (5) значения $B = 2\pi R_T - b_{\pi}$ имеем

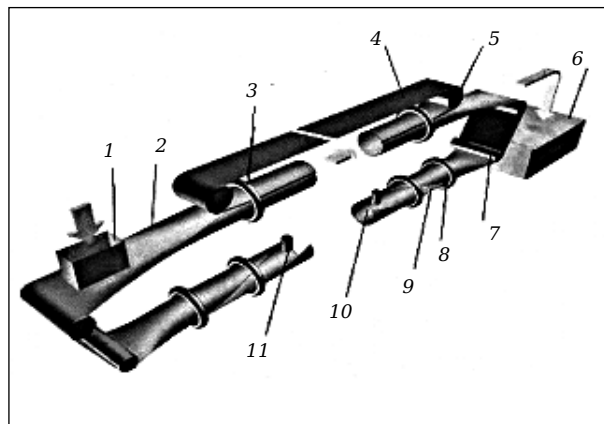


Рис. 8. Схема разработанного конвейера с обхватывающей лентой: 1 — участок загрузки; 2 — транспортная лента; 3 — опорно-центрирующее устройство; 4 — обхватывающая лента; 5 — барабаны обхватывающей ленты; 6 — участок разгрузки; 7 — отклоняющий барабан; 8 — роlikопора для переворота ленты; 9 — трубчатый переворот ленты; 10 — зазор между кромками ленты; 11 — ролик для разворота ленты

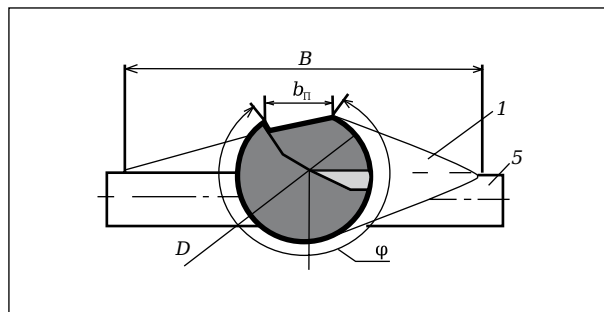


Рис. 9. Сечение порожней ветви ленты на участке ее разворота на рис. 8: 1 — холостая ветвь ленты; 5 — отклоняющий барабан

$$L_{\Pi} = \frac{6\pi R_{\Gamma} - 5b_{\Pi}}{4\operatorname{tg}\alpha}, \quad (6)$$

а после подстановки значения R_{Γ} из уравнения (1) имеем

$$L_{\Pi} = \frac{3\pi E \frac{h_c}{\sigma_{\Pi}} - 5b_{\Pi}}{4\operatorname{tg}\alpha}. \quad (7)$$

Отсюда можно определить ширину зазора между кромками порожней ветви ленты при ее развороте до полузамкнутого состояния:

$$b_{\Pi} \geq \frac{3\pi E \frac{h_c}{\sigma_{\Pi}} - 4L_{\Pi} \operatorname{tg}\alpha}{5}. \quad (8)$$

Этот зазор удерживается по всей длине конвейера.

Опытная установка ТЛК по отработке и выбору конструктивных параметров с узлом изгиба с переворотом ленты для конкретных условий предприятий показана на рис. 10.

Сравнительная оценка основных параметров устройства для переворота ленты разработанного ТЛК с зазором между кромками ленты и ТЛК с кромками внахлест [18] приведена в табл. 4.

Трубчатый конвейер [11, 19] для перемещения пылеобразных насыпных грузов и подачи их в емкость с полной изоляцией грузовой ветви ленты от внешней среды представлен на рис. 11.

Установка содержит подающий орган 1 из гибкой транспортной ленты, загрузочный бункер 2 и разгрузочную камеру 3. На линейной части в местах расположения поддерживающих роlikоопор 4, роlikи 5 которых установлены по кольцу вокруг ленты и параллельно плоскости рам 6, транспортная лента свернута в трубу 7.

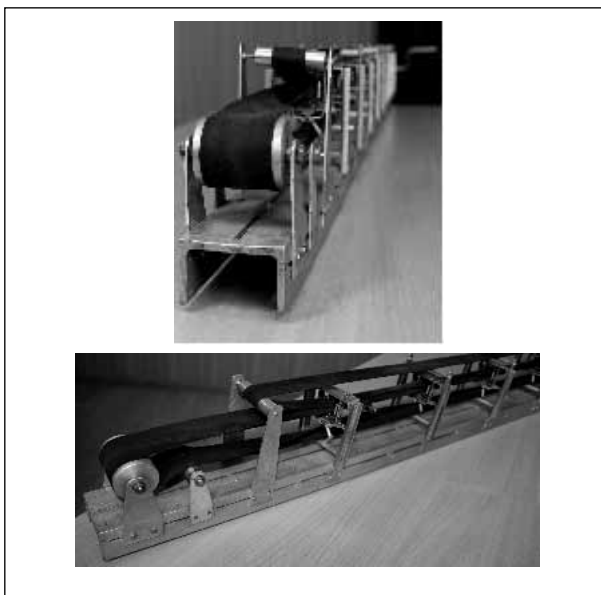


Рис. 10. Опытная установка ТЛК для отработки конструктивных параметров

Таблица 4. Основные параметры устройства для изгиба с переворотом ленты

Ширина ленты, м	Диаметр трубы*, м	Длина изгиба*, м	Длина переходного участка*, м	Высота до перекрытия h , м
0,65	0,22/0,20	6,2/20,0	2,7/5,2	0,45
0,80	0,28/0,25	8,0/23,0	3,0/6,4	0,50
1,00	0,35/0,30	10,5/25,0	3,5/7,6	0,60
1,20	0,42/0,35	13,2/30,0	4,3/8,8	0,70
1,40	0,48/0,40	16,1/35,0	4,7/10,2	0,80

* С расположением кромок с зазором (числитель) и внахлест (знаменатель).

В местах установки направляющих роlikоопор 8 стык (разъем) 9 кромок транспортной ленты расположен сбоку и по винту. В данном случае роlikи 5 наклонены к плоскости рамы 6 под углом α , который соответствует углу наклона стыка 9 и равен, например, для резинотканевых лент 5–6°. Входное отверстие 10 камеры 3 снабжено кольцевой уплотняющей шторкой 11, охватывающей подающий орган 1.

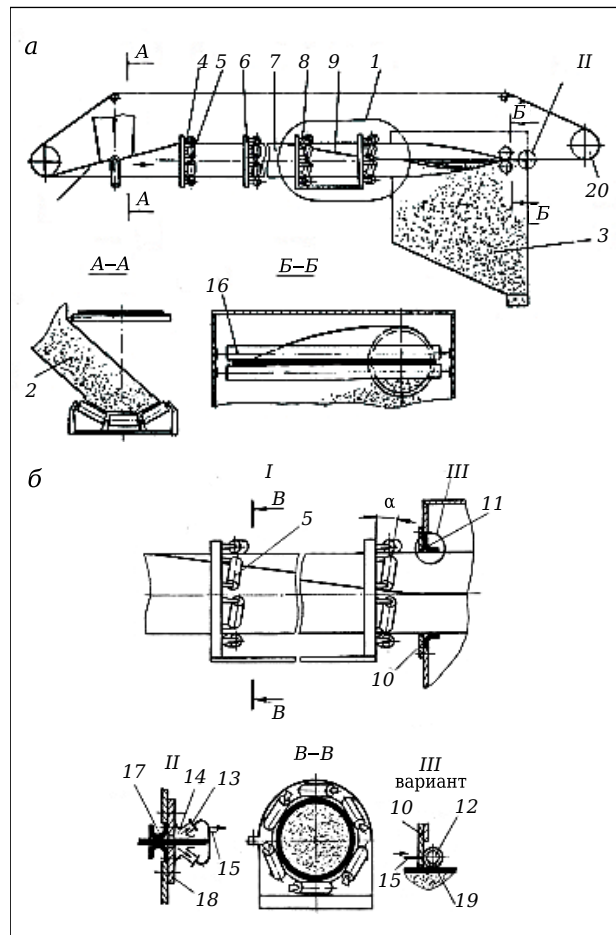


Рис. 11. Установка для транспортирования сыпучего груза: а — общий вид установки; б — участок ввода в разгрузочную емкость конвейера

Для исключения перепада давления в камере 3 ввод в трубку 12 и патрубки 13 отсоса запыленного газа из полости 14 сообщаются через воздухоудку (не показано) обводным трубопроводом 15.

Установка работает следующим образом. После загрузки из бункера 2 транспортная лента проходит через рамы 6. Поддерживающие роликоопоры 4, установленные по кольцу и параллельно плоскости рам 6, сворачивают транспортную ленту в трубу 7. В таком виде лента проходит по трассе до участка разгрузки. Пылеобразующий насыпной груз, заключенный в трубу, изолирован от внешней среды, и его потери по трассе исключены. Особенно это важно для пылящей самовоспламеняющейся угольной пыли. На участке разгрузки труба транспортной ленты с помощью роликов 5, наклоненных к рамам 6 под углом α , равным $5-6^\circ$, поворачивается вокруг оси. При проходе через отверстие 10 камеры 3 труба из ленты обжимается кольцевой уплотняющей шторкой 11. В камере 3 труба ленты с помощью выравнивающих роликов 16 раскрывается, и транспортируемый материал высыпается.

Подающий орган после прохождения через ролики 16 выходит в развернутом виде из герметичной камеры 3 через уплотнения 17 выходного отверстия 18. Затянутая лентой пыль из камеры 3 попадает в полость 14, откуда отсасывается через патрубок 13. Запыленный газ по обводному трубопроводу 15 подается в трубку 12. При проходе из отверстий 19 запыленный газ создает газовую прослойку между стенками подающего органа 1 и трубки 12, что уменьшает сопротивление при протягивании ленты в виде трубы через отверстие 10.

После поворота на барабане 20 порожняковая ветвь ленты возвращается к участку загрузки. Обратный разворот транспортной ленты с помощью направляющих роликоопор 8 должен быть предусмотрен на порожняковой ветви (не показано). В предлагаемый конвейер можно превратить практически любой ленточный конвейер, установленный на предприятии, путем небольшой модернизации.

При использовании предлагаемого трубчатого ленточного конвейера с устройством для поворота холостой ветви ленты для транспортирования агрессивных пылеобразующих насыпных грузов (рудных концентратов, агломератов, пылеобразующих рудных грузов и др.) исключаются потери насыпного груза по трассе, уменьшается запыленность рабочих участков. Обладая малым расходом электроэнергии и способностью транспортировать большие потоки пылеобразующего насыпного груза (свыше $200 \text{ м}^3/\text{ч}$) на дальние расстояния, конвейер является современной альтернативой пневматическому транспорту.

Расчет технических параметров трубчатого ленточного конвейера производится с учетом

известных методик [20–22] в такой последовательности [11, 17, 23].

С учетом значения диаметра D_r грузовой ветви ленты

$$D_r = \frac{E h_c}{\sigma_n} \quad (9)$$

массовая производительность конвейера $Q_{т.к.}$, т/ч, определится следующим образом:

$$Q_{т.к.} = 3,6 \cdot 0,785 ((B + b_r)/\pi)^2 K_3 v_n \rho, \quad (10)$$

где B — ширина ленты, м; b_r — ширина зазора между кромками скрученной прорезиненной ленты для грузовой ее ветви, м; K_3 — коэффициент заполнения; v_n — скорость движения ленты, м/с; ρ — насыпная плотность груза, $\text{кг}/\text{м}^3$.

После подстановки b_r из зависимости (2) и соответствующих преобразований имеем

$$Q_{т.к.} = 2,826 \left(\frac{E h_c}{\sigma_n} \right)^2 K_3 v_n \rho. \quad (11)$$

Суммы сопротивлений грузовой и порожней ветвей конвейерной ленты для полужамкнутого трубчатого ленточного конвейера, Н:

$$W_r = g(q_r + q_n + q_{p.r} + 2q_{n.o})\Delta L + g(q_r + q_n + 2q_{n.o})H; \quad (12)$$

$$W_n = g(q_n + q_{p.n})\Delta L - q_n H g + 2q_{пер} g L_n, \quad (13)$$

где q_r — линейная масса груза, $\text{кг}/\text{м}$; q_n — линейная масса ленты, $\text{кг}/\text{м}$; $q_{p.r}$, $q_{p.n}$ — линейная масса роликов опор грузовой и порожней ветвей ленты, $\text{кг}/\text{м}$; $q_{n.o}$ — линейная масса обхватывающей ленты, $\text{кг}/\text{м}$; Δ — коэффициент сопротивления, $\Delta = 0,04$; L — расстояние между осями концевых барабанов конвейера, м; H — разность высот, м; $q_{пер}$ — масса устройства изгиба с переворотом ленты, $\text{кг}/\text{м}$; L_n — длина участка изгиба конвейерной ленты до полужамкнутого расположения ее кромок, обращенных вверх, м.

По сравнению с обычными ленточными конвейерами ТЛК имеют неоспоримые преимущества, которые заключаются в следующем:

- значительное уменьшение габаритов конвейера по ширине;
- отсутствие вредных воздействий на окружающую среду при транспортировании экологически опасных (агрессивных, пылящих и выделяющих вредные вещества) грузов;
- транспортируемый материал, находящийся в трубе, защищен от загрязнения;
- возможность пространственной конфигурации трассы конвейера с перегибами в горизонтальной и вертикальной плоскости одновременно;
- возможность транспортирования груза под углом 30° к горизонту без применения специальной ленты;
- улучшение условий движения ленты по ставу (исключение бокового схода ленты) за счет ее трубчатой формы;

- возможность при необходимости транспортирования груза одновременно на верхней и нижней ветвях контура ленты конвейера;
- исключение загрязнения поддерживающих роликов на ветвях конвейера;
- отсутствие износа бортов ленты.

Библиографический список

1. **Нойманн, Т.** Трубчатые конвейерные ленты ContiTech — превосходное транспортное решение! / Т. Нойманн // Уголь. — 2013. — № 3. — С. 76, 77.
2. **Галкин, В. И.** Особенности эксплуатации трубчатых ленточных конвейеров и ленточных конвейеров с пространственной трассой / В. И. Галкин. — М. : КрокусЭкспо, 2012. — С. 1-27 (miningworld-russia.primeexpo.ru/media/47/pdf/).
3. **Давыдов, С. Я.** Использование отечественных лент в трубчатом ленточном конвейере / С. Я. Давыдов // Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции развития технологий производства конвейерных лент в России», 22-23 ноября 2012 г., г. Екатеринбург. — С. 17-23.
4. **Давыдов, С. Я.** Трубчатый ленточный конвейер с переворотом холостой ветви ленты / С. Я. Давыдов, И. Д. Кащеев, С. Н. Сычев, С. А. Ляпцев // Новые огнеупоры. — 2010. — № 7. — С. 10-15.
- Davydov, S.** Tubular belt conveyer with turnover of the return run of the belt / S. Ya. Davydov, I. D. Kashcheev, S. N. Sychev, S. A. Lyaptsev // Refractories and Industrial Ceramics. — 2010. — Vol. 51, № 4. — P. 250-255.
5. **Давыдов, С. Я.** Конвейерные поезда для транспортировки насыпных грузов / С. Я. Давыдов, И. Д. Кащеев // Новые огнеупоры. — 2011. — № 1. — С. 20-26.
- Davydov, S. Ya.** Conveyer trains for transporting loose materials / S. Ya. Davydov, I. D. Kashcheev // Refractories and Industrial Ceramics. — 2011. — Vol. 52, № 1. — P. 12-17.
6. **Давыдов, С. Я.** Энергосберегающий трубчатый ленточный конвейер / С. Я. Давыдов, И. Д. Кащеев, С. В. Малагамба // Новые огнеупоры. — 2004. — № 8. — С. 33-35.
7. **Давыдов, С. Я.** Трубчатый ленточный конвейер с переворотом холостой ветви ленты / С. Я. Давыдов, И. Д. Кащеев, С. Н. Сычев, С. А. Ляпцев // Новые огнеупоры. — 2010. — № 7. — С. 10-15.
8. **Пат. 2019476 РФ.** Ленточный конвейер / Давыдов С. Я., Демидов А. Е., Федоров А. Ф., Кабанов В. И. — № 4860663; заявл. 29.05.90; опубл. 15.09.94, Бюл. № 17.
9. **Давыдов, С. Я.** Новое энергосберегающее печное, транспортное и складское оборудование в производстве цемента : учебное пособие / С. Я. Давыдов. — Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. — 170 с.
10. **Вебер, Г. Э.** Уменьшение пылеобразования на конвейерном транспорте / Г. Э. Вебер, С. Я. Давыдов, О. Ф. Валеев // Изв. вузов. Горный журнал. — 2004. — № 2. — С. 65-70.
11. **Давыдов, С. Я.** Энергосберегающее оборудование для транспортировки сыпучих материалов: исследо-

К недостаткам трубчатого конвейера относятся высокая стоимость, более сложные монтаж и предпусковая отладка, более дорогая лента по сравнению с используемой для классических конвейеров, более сложная навеска ленты на конвейер.

- вание, разработка, производство / С. Я. Давыдов. — Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2007. — 317 с.
12. **Феодосьев, В. И.** Сопротивление материалов : учебник для вузов / В. И. Феодосьев. — М. : Наука, 1986. — 512 с.
13. **Вебер, Г. Э.** Лекции по теоретической механике : учебное пособие / Г. Э. Вебер, С. А. Ляпцев. — Екатеринбург : УГГГА, 1998. — 272 с.
14. **Давыдов С. Я.** Использование отечественных конвейерных лент в трубчатом ленточном конвейере / С. Я. Давыдов, И. Д. Кащеев, Г. Э. Вебер, Е. Н. Артеменко // Новые огнеупоры. — 2008. — № 3. — С. 34.
15. **Давыдов, С. Я.** Ленточный конвейер для транспортирования пылеобразующих материалов / С. Я. Давыдов, О. Ф. Валеев, И. Д. Кащеев, С. В. Малагамба // Новые огнеупоры. — 2003. — № 2. — С. 17-21.
16. **Пат. 2264966 РФ.** Ленточный конвейер / Давыдов С. Я., Волков Д. Н., Кобелев В. А., Шунин Р. В. — № 2000116731; заявл. 01.06.04; опубл. 27.11.05, Бюл. № 33.
17. **Давыдов, С. Я.** Трубчатый ленточный конвейер для пылеобразующих материалов / С. Я. Давыдов, Г. Э. Вебер, Е. В. Мастерова // Изв. вузов. Горный журнал. — 2006. — № 2. — С. 98-101.
18. **Галкин В. И.** Особенности эксплуатации трубчатых ленточных конвейеров / В. И. Галкин // Горное оборудование и электромеханика. — 2008. — № 1. — С. 7-12.
19. **А. с. 1569307 SU.** Установка для транспортирования сыпучего материала / С. Я. Давыдов, С. П. Детков, А. М. Мальцев, А. М. Галкин. — № 4466641; заявл. 26.07.88; опубл. 07.06.90, Бюл. № 21.
20. **Шахмейстер, Л. Г.** Теория и расчет ленточных конвейеров / Л. Г. Шахмейстер, В. Г. Дмитриев. — М. : Машиностроение, 1987. — 336 с.
21. **Пертен, Ю. А.** Крутонаклонные конвейеры / Ю. А. Пертен. — Л. : Машиностроение, 1977. — 210 с.
22. **Волков, Р. А.** Конвейеры : справочник / Р. А. Волков, А. Н. Гнутов, В. К. Дьячков [и др.] ; под общ. ред. Ю. А. Пертена. — Л. : Машиностроение, 1984. — 367 с.
23. **Давыдов, С. Я.** Определение длины изгиба с переворотом скрученной прорезиненной конвейерной ленты до С-образного расположения ее кромок, обращенных вверх / С. Я. Давыдов, И. Д. Кащеев, А. Ю. Селезнева // Новые огнеупоры. — 2010. — № 4. — С. 31-32. ■

Получено 24.12.13
© С. Я. Давыдов, В. С. Шварев, 2014 г.