

НОВЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЛЕНТ ОБЩЕПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ НАСЫПНЫХ МАТЕРИАЛОВ

С. Я. Давыдов

Приведены изображения, описание и методика расчета основных параметров конструкции зарубежных систем трубчатых ленточных конвейеров (ТЛК). Установлены отличительные особенности предлагаемого и зарубежных ТЛК. Даны принципиально важные ограничения параметров ТЛК. При сворачивании ленты ТЛК даны методики нахождения наименьшего радиуса загиба трубы, ширины зазора между кромками ленты и определения основных технических характеристик конвейера. Представлены новые разработки ТЛК. Перечислены преимущества ТЛК перед ленточными конвейерами.

Ключевые слова: трубчатый ленточный конвейер (ТЛК); криволинейная трасса; диаметр трубы; поворот холостой ветви; обхватывающая лента; ширина зазора.

В последние годы в различных отраслях промышленности, в том числе и горной, все более широко применяются трубчатые ленточные конвейеры (ТЛК). Этот тип конвейера успешно применяется для транспортирования угля, дробленой руды, гипса, щебня, песка, химических, 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 груз (рис. 1) [2]. Величина зоны перекрытия зависит от типа ленты, насыпной плотности и крупности кусков транспортируемого груза и шага установки роликоопор.

Известно, что при транспортировании ленточными конвейерами полезного ископаемого до места переработки или отгрузки потребителю приходится преодолевать значительные расстояния, которые нередко сопровождаются криволинейностями трассы конвейера как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости.

Технические характеристики ленточных конвейеров, работающих в горной промышленности в различных странах мира и имеющих криволинейные пространственные участки трассы, приведены в табл. 1 [2].



Рис. 1. Линейная часть ТЛК

Конвейеры транспортируют различные по насыпной плотности грузы – от никелевой руды (тяжелый материал) до лигнита (относительно легкий материал). Длина конвейеров колеблется от 1800 м до 19 100 м, а 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.

Таблица 1

Характеристики ленточных конвейеров с криволинейной в плане трассой

Техническая характеристика	Место установки конвейера							
	Беларусь-калий (проект)	США		Турция		Германия	Куба	Чили
Длина конвейера, м	10 215	19 100	4000	8500	5500	1800	4750	4261
Число конвейеров	1	1	1	1	1	1	1	1

Мощность, кВт	3300	5 × 560	–	4 × 450	–	–	4 × 190	3 × 750
Скорость движения ленты, м/с	2,5	7,1	–	4,5	4,5	–	2,95	7
Производительность, т/ч	1700	1100	2000	1000	1000	800	800	8650
Тип транспортируемого груза	Сильвинитовая руда	Лигнит	Лигнит	Лигнит	Лигнит	Соль калийная	Никелевая руда	Медная руда
Количество поворотов трассы в плане	5	6	3	2	3	1	1	1
Радиус криволинейных участков, м	$R_1 = 500$ $R_2 = 500$ $R_3 = 1800$ $R_4 = 1750$ $R_5 = 3000$	$R_1 = 3050$ $R_2 = 2440$ $R_3 = 2600$ $R_4 = 2100$ $R_5 = 2060$ $R_6 = 3050$	$R_1 = 800$ $R_2 = 800$ $R_3 = 800$	$R_1 = 4000$ $R_2 = 4000$	$R_1 = 4000$ $R_2 = 4000$ $R_3 = 4000$	$R = 1000$	$R_1 = 3000$	$R_1 = 2500$

Возможность поворота трассы ленточных конвейеров (рис. 2–4) позволяет существенно упростить технологическую схему транспорта, сократить число перегрузочных пунктов, снизить объем подготовительных капитальных горных работ. Особенно актуальна про-

блема создания и применения в шахтных условиях криволинейных в плане ленточных конвейеров.

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

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	Petronas Nova Spa	340
2,5	AES Barbers Point, Inc, USA	Krupp Robins	1100
2,8	Jordan, Phosphate, India	Koch, Austria	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, Austria	550 т/ч – уголь, 690 т/ч – цемент

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 для такой схемы загрузки конвейера по длине, когда на этом участке возникают максимально возможные натяжения.

Допустимый радиус кривизны в плане трассы ленточного конвейера, исходя из условия отсутствия бокового схода ленты на криволинейном участке, может быть определен из формулы, м:

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

где S – натяжения в ленте на участке кривизны

в плане трассы конвейера, Н; f – коэффициент трения ленты по роликоопорам, установленным на криволинейном участке трассы; q_n – линейная нагрузка, Н/м; γ – угол наклона в вертикальной плоскости роликоопоры, установленной на криволинейном участке трассы конвейера.

Диаметр трубчатой ленты конвейера $d_{тр}$ является одним из основных конструктивных параметров конвейера. Величина максимального размера куска транспортируемого груза $a_1(\max)$ находится в зависимости от диаметра трубы $d_{тр}$ (табл. 2) [2] и связана с ним соотношением, мм

$$a_1(\max) = 0,3d_{тр}.$$

От величины диаметра трубчатой ленты $d_{тр}$ зависят такие конструктивные параметры

конвейера, как [2]:

– длины переходных участков, на которых происходит сворачивание ленты в трубу и ее



Рис. 2. Ленточный конвейер фирмы «BEUMER» (Германия) в провинции Сычуань, Китай

Производительность конвейера	1500
Транспортируемый материал	Известняк
Общая длина, м	12 600
Ширина ленты, м	1,2
Скорость ленты, м/с	4,0
Разница высот между погрузкой и разгрузкой, м ..	100
Мощность привода, кВт	6 г
(3 привода – на загрузке, 3 – на разгрузке)	
Горизонтальные повороты, шт.	8
Вертикальные повороты, шт.	28
Минимальный радиус, м	
выпуклых участков	500
вогнутых участков	1000
Угол наклона участков, град	До + 15°



разворачивание определяется из соотношений:

для резиноканевых лент $d_{тр} \times (25,0 \dots 35,0)$ мм;
для резинотросовых лент $d_{тр} \times 45,0$ мм;

– радиусы криволинейных участков конвейеров в плане, профиле, а также радиусы криволинейных участков при пространственной трассе конвейера;

для резиноканевых лент $d_{тр} \times (300,0 \dots 900,0)$ мм;
для резинотросовых лент $d_{тр} \times (700,0 \dots 1100,0)$ мм;

– геометрические параметры линейных секций, диаметры роlikоопор;

– величина зоны перекрытия краев ленты δ , которая определяется из соотношения, мм:

$$\delta = 0,5d_{тр}.$$

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

1. Применение современных высокопрочных резиноканевых лент (в том числе на арамидной основе), по прочностным свойствам не уступающих резинотросовым, но имеющих меньший вес и продольный модуль упругости.

2. Установка в местах сопряжения прямо-



Рис. 3. Установка трубчатых ленточных конвейеров: а – в галерее фирмы КОСН (Германия), транспортирование сжиженного угля на ТЭЦ; б – на поверхности угольной шахты [2]

линейных и криволинейных участков трассы промежуточных приводов, приводящих к уменьшению натяжения в ленте, а следовательно к уменьшению радиусов кривизны трассы конвейера.

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

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 должны использоваться специальные гибкие в поперечном сечении ленты, изготавливаемые за рубежом.

Зажатый грузонесущей и обхватывающей лентами транспортируемый материал по предлагаемой автором [4–7] конструкции ТЛК также образует пробку движущегося



Рис. 4. Трубчатый конвейер для транспортирования гипса (Китай)

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 полужамкнутое сечение примерно на 30 % больше по сравнению с загибом этой же ленты внахлест, что отражается на значительном

Таблица 2

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 конвейера, 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.

снижении нагрузок от скручивающего ленту момента.

Загиб отечественной конвейерной ленты вокруг продольных волокон прокладок (поперек поперечных волокон утка) в полужамкнутое сечение (трубчатое сечение с зазором между кромками ленты) был изучен и использован в устройствах для ее переворота с помощью прижимных роликов 9 и 10 (рис. 5) [8].

В предлагаемом устройстве переворот лент 1 для ленточных конвейеров [9, 10] обеспечивается прижимным роликом 9 в сочетании с ограничительными роликами 5 и 6 и отклоняющим барабаном (роликом) 7, уста-

новленными на стойке 17. Ролики 4 поперечных рам 2 и 3 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. На рис. 5 видно, что угол γ подъема кромок ленты зависит от расстояния L , ширины B и зазора δ между ее кромками.

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

При сворачивании ленты в трубу рабочей и холостой ветвей наименьший радиус трубы

R_T может быть найден из соотношения [11, 12]:

$$R_T \geq \frac{Eh_c}{2\sigma_{и}}, \quad (1)$$

где R_T – радиус изгиба ленты до полузамкну-

того состояния, $R_T = (B + b)/(2\pi)$; E – модуль упругости материала ленты; $h_c = ih$, где i – число прокладок; h – толщина прокладки.

В этом случае ширина зазора между кромками скрученной прорезиненной ленты

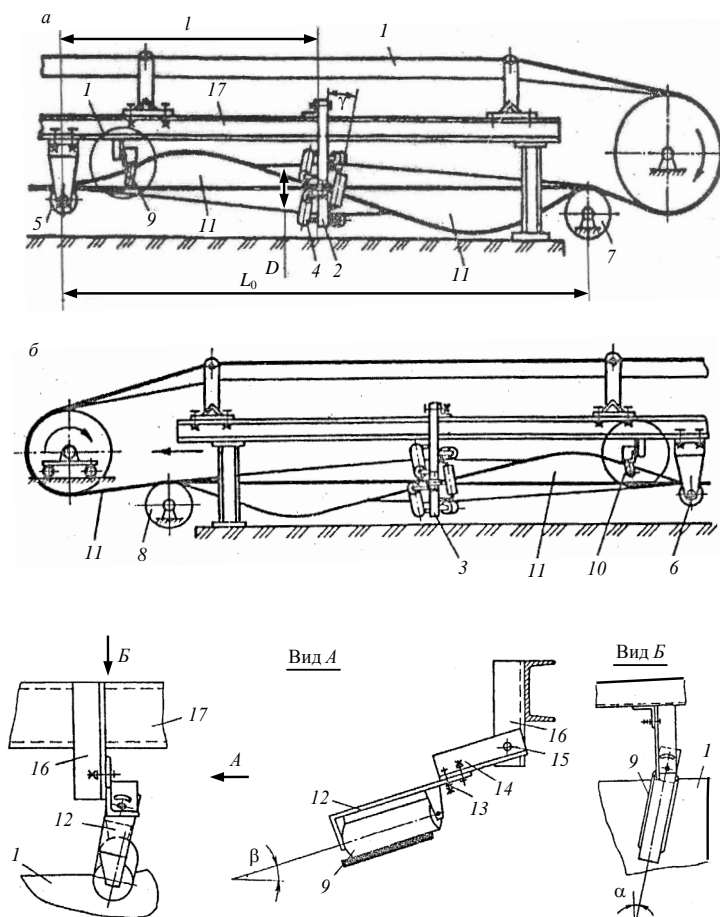


Рис. 5. Устройство для переворота холостой ветви ленты: а – головная часть конвейера; б – холостая часть конвейера; 1 – лента; 2, 3 – опорно-центрирующие узлы; 4 – ролики; 5 и 6 – ограничительные ролики; 7, 8 – отклоняющие барабаны; 9, 10 – прижимные ролики; 11 – верхняя кромка свернутой ленты; 12 – стойка; 13 – шарнирное соединение; 14 – консоль стойки; 15 – шарнирное соединение; 16 – кронштейн; 17 – стойка конвейера; 18, 19 – концевые барабаны

для ее грузовой ветви определится по зависимости

$$b_T \geq \frac{Eh_c \pi}{\sigma_{и}} - B. \quad (2)$$

Ширина обхватывающей ленты, перекрывающей полученный зазор, принимается с коэффициентом $k_{3,г} = 1,5$.

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 (рис. 8) 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.

Ролики наклонены к плоскости поперечных рам 14, перпендикулярных оси 15. Угол наклона роликов 13 соответствует углу α на-

клона кромок 16 этой ленты, расположенных по винту. Направляющие ролики 17 и 18 уста-

и после поддерживающих роликов 19. Между роликами 17 и 18 у головного и хвостового барабанов 4 и 5 соответственно порожняя ветвь имеет С-образное сечение по всей длине кромок вверх. Расстояние установки роликов 17 и 18 по длине конвейера регулируется. Поддерживающие ролики 19 смонтированы параллельно плоскости рам 20.

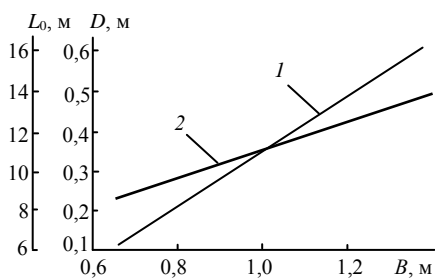


Рис. 6. Зависимость длины L_0 изгиба с переверотом ленты – 1 и диаметра D трубчатого ленточного конвейера – 2 от ширины B ленты

Для сохранения полузамкнутого сечения ветви 3 ленты между поддерживающими роликами 19 с загрязненной стороны ленты установлены дополнительные направляющие ролики 21 на опасных участках и местах изгиба трассы. Диаметр расположения установленных по кольцу прижимных роликов 6 вокруг свернутой грузовой ветви переворачивающихся 13 и поддерживающих 19 ветвей ленты

новлены на ставе 1 между кромками 9 свернутой порожней ветви 3 ленты вертикально до

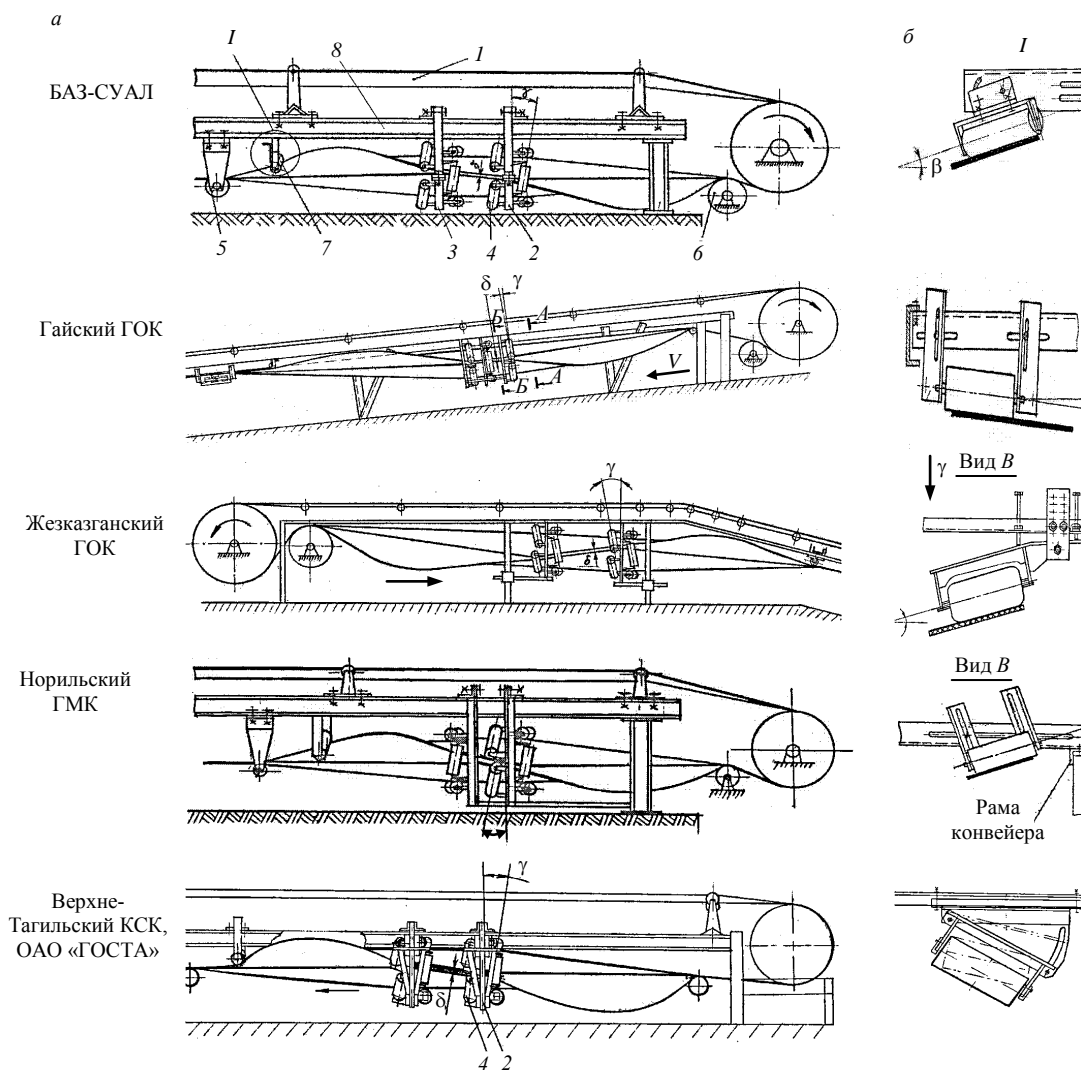


Рис. 7. Варианты переворота нижней ветви прорезиненной ленты: а – узлы переворота ленты; б – варианты установки прижимного ролика; 1 – конвейерная лента; 2, 3 – поперечная рама; 4 – ролики; 5 – ограничительный ролик; 6 – отклоняющий барабан; 7 – прижимной ролик; 8 – рама конвейера

определяется из соотношения

$$D = \frac{B + b}{\pi}, \quad (3)$$

где D – диаметр трубы ленты.

При изгибе порожней ленты шириной B до полузамкнутого сечения по винтовой ли-

нии угол α подъема этой линии определялся

по рис. 9:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{AN}{CN} = \frac{B}{CN}. \quad (4)$$

В нашем случае изгиб порожней ленты произойдет на угол φ (рис. 10), который мож-

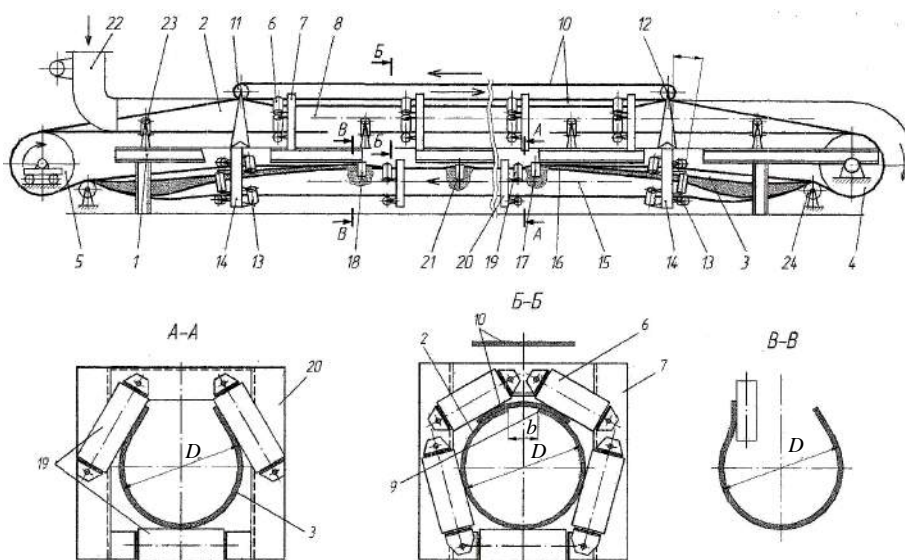


Рис. 8. Трубчатый ленточный конвейер:

1 – став конвейера; 2, 3 – грузовая и порожняя ветви прорезиненной ленты; 4, 5 – головной и хвостовой барабаны; 6 – обжимные ролики; 7 – рама обжимных роликов верхней ветви конвейерной ленты; 8, 15 – продольные оси ленты; 9, 16 – кромки ленты; 10 – обхватывающая лента; 11, 12 – барабаны для навески обхватывающей ленты; 13 – ролики для переворота порожней ветви ленты; 14 – рама для переворота ленты; 17, 18, 21 – направляющие ролики; 19 – поддерживающие ролики; 20 – рамы роликов нижней ветви конвейерной ленты; 22 – загрузочная точка; 23 – опорные ролики; 24 – отклоняющий барабан

но найти из соотношения [11, 17]

$$\frac{B}{2\pi} = \left(\frac{3}{4}B - \frac{b_n}{2} \right) / \varphi. \quad (5)$$

Тогда угол α подъема винтовой линии при изгибе холостой ветви ленты в трубчатом ленточном конвейере найдется по соотношению:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{AE}{DE} \text{ или}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \left(\frac{3B}{4} - \frac{b_n}{2} \right) / L_n = \frac{3B - 2b_n}{4L_n}, \quad (6)$$

где L_n – расстояние между отклоняющим барабаном 24 и направляющим роликом 17 (т. е. длина участка изгиба конвейерной ленты до полузамкнутого расположения ее кромок, обращенных вверх), м (см. рис. 8), осуществляющим разворот ленты.

Из соотношения (6) находим длину изги-

ба холостой ветви ленты по винтовой линии до полузамкнутого расположения ее кромок,

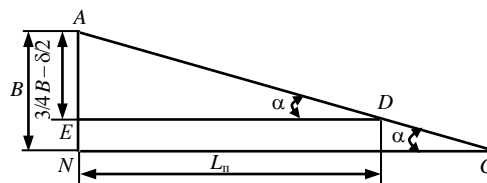


Рис. 9. Схема определения угла переворота ленты

обращенных вверх:

$$L_n = \frac{3B - 2b_n}{4 \operatorname{tg} \alpha}. \quad (7)$$

После подстановки в формулу (7) значения $B = 2\pi R_r - b_n$ имеем

$$L_n = \frac{6\pi R_r - 5b_n}{4 \operatorname{tg} \alpha}, \quad (8)$$

а после подстановки значения R_T из формулы (8) имеем

$$L_{\Pi} = \left(3\pi E \frac{h_c}{\sigma_{\Pi}} - 5b_{\Pi} \right) / 4 \operatorname{tg} \alpha. \quad (9)$$

Отсюда можно определить ширину зазора между кромками порожней ветви ленты при

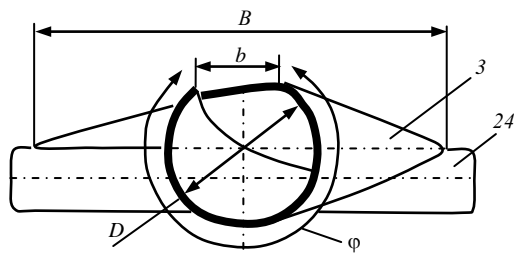


Рис. 10. Сечение порожней ветви ленты на участке ее разворота на рис. 8:
3 – холостая ветвь ленты; 24 – отклоняющий барабан

ее развороте до полузамкнутого состояния и удержание этого зазора по всей длине конвейера

$$b_{\Pi} \geq 3\pi E \frac{h_c}{\sigma_{\Pi}} - 4L_{\Pi} \operatorname{tg} \alpha / 5. \quad (10)$$

Порожняя ветвь конвейера находится под настилом грузовой ветви, который должен быть шире ширины зазора с коэффициентом $k_{з. \Pi} = 2$.

Опытная установка трубчатого ленточного конвейера для отработки конструктивных особенностей показана на рис. 11.

Схема разработанного конвейера с обхватывающей лентой и изгибом с переворотом нижней ветви ленты дана на рис. 12.

Уменьшение сдвигающих сил на роликах увеличивает срок их службы и надежность работы конвейера. Смачивание жидкостями или смазкой соприкасающихся поверхностей ленты и роликов устройства, а также наличие вырывов, заплаток, отдельных скобок на ленте не отражаются на надежности работы конвейера. Предлагаемое устройство обеспечивает уменьшение габаритов по его длине, что сокращает просыпь материала в подконвейерном пространстве.

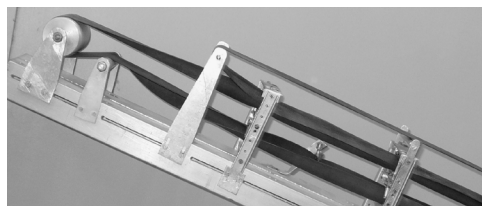


Рис. 11. Опытная установка ТЛК по отработке и выбору конструктивных параметров с узлом изгиба с переворотом для конкретных условий предприятий

Этот фактор подтвердился работой устройства для переворота ленты, установленного на

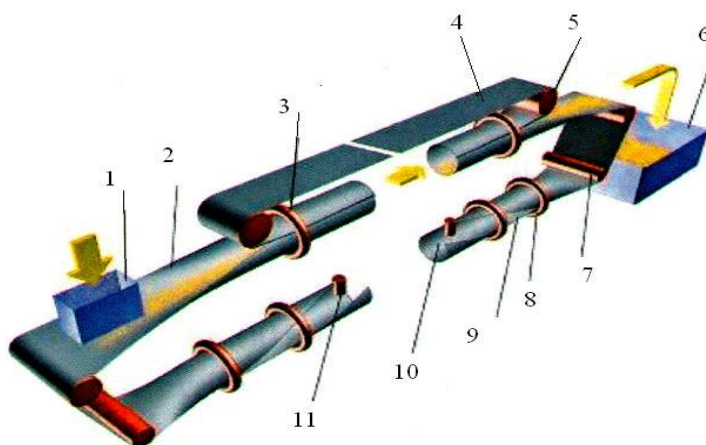


Рис. 12. Схема разработанного конвейера с обхватывающей лентой:
1 – участок загрузки; 2 – транспортная лента; 3 – опорно-центрирующее устройство; 4 – зазор между кромками ленты; 5 – участок разгрузки; 6 – отклоняющий барабан; 7 – ролик-опора для переворота ленты; 8 – трубчатый переворот ленты; 9 – ролик для разворота ленты; 10 – дополнительная обхватывающая лента; 11 – барабаны для обхватывающей ленты

ленточном конвейере длиной 300 м с наклонными и горизонтальными участками в местах переворота ленты шириной 1000 мм на Но-

рильском горно-металлургическом комбинате.

Сравнительная оценка основных параметров устройства для переворота ленты разра-

ботанного трубчатого ленточного конвейера с зазором между кромками ленты и трубчатого ленточного конвейера с кромками внахлест [18] дана в табл. 3.

Для уменьшения пылеобразования на участке загрузки выбранная скорость истечения насыпного груза должна быть близка

к скорости движения ленты, что можно обеспечить подбором соответствующей кривизны загружаемого желоба. Насыпной груз должен находиться в состоянии покоя относительно движущейся ленты, что можно обеспечить подбором желоба 22 (см. рис. 8) соответствующей кривизны.

Таблица 3

Основные параметры устройства для изгиба с переворотом ленты

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

Радиус кривизны желоба определяется в зависимости от высоты свободного истечения загружаемого насыпного груза из промежуточного бункера, коэффициента трения груза по желобу, скорости движения ленты.

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. 13.

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

В местах установки направляющих роликоопор 8 стык (разъем) 9 кромок транспортной ленты расположен сбоку и по винту. В данном случае ролики 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.

Для раскрытия ленты до разгрузочного положения внутри камеры 3 установлены выравнивающие ролики 12, и на ее выходе лента в развернутом виде проходит сквозь плоское выходное отверстие 13, снабженное уплотне-

ниями 14 из материала с малым коэффициентом скольжения. Далее лента через барабан 15 проходит к участку загрузки.

Для уменьшения сопротивления при протягивании подающего органа уплотнение выполнено в виде кольцеобразной трубки 16 с отверстиями 17 на внутренней стороне для подвода сжатого газа к поверхности рабочего органа.

С целью уменьшения пыления насыпным грузом из выходного отверстия 13 камеры 3 установлен кожух с полостью 18, снабженной патрубками 19 для отсоса запыленного газа.

Для исключения перепада давления в камере 3 ввод в трубку 16 и патрубки 19 отсоса запыленного газа из полости 18 сообщаются через воздухоудувку (не показано) обводным трубопроводом 20.

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 пылеобразующей самовоспламеняющейся угольной пыли. На участке разгрузки труба транспортной ленты с помощью роликов 5, наклоненных к рамам 6 под углом α , равным 5–6°, поворачи-

вается 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 12 раскрывается, и транспортируемый материал высыпается.

Подающий орган после прохождения через ролики 12 выходит в развернутом виде

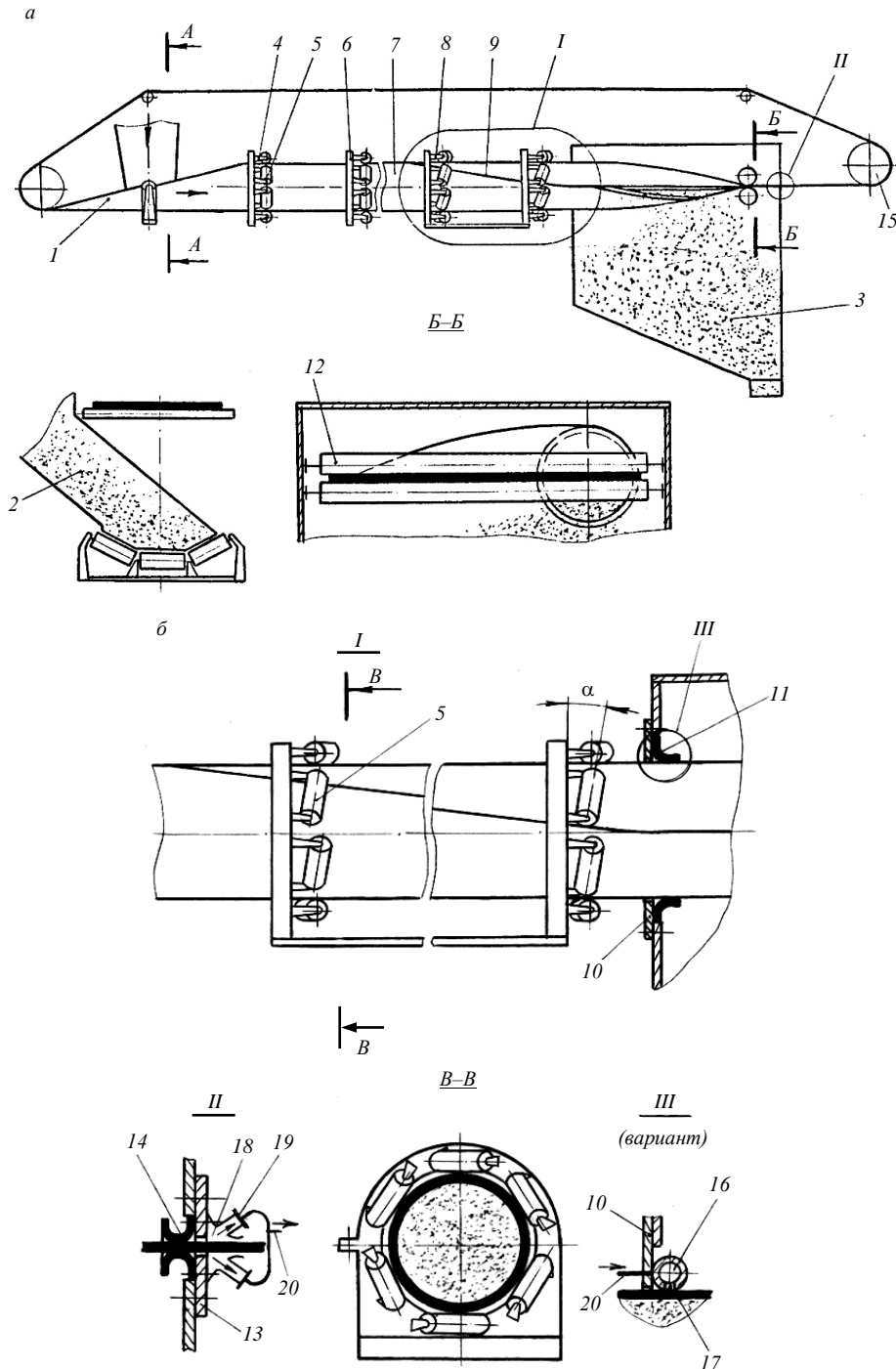


Рис. 13. Установка для транспортирования насыпного груза:
 а – общий вид установки; б – участок ввода в разгрузочную емкость конвейера

из герметичной камеры 3 через уплотнения 14 выходного отверстия 13. Затянутая лентой пыль из камеры 3 попадает в полость 18, от-

куда отсасывается через патрубок 19. Запыленный газ по обводному трубопроводу 20 подается в трубку 16. При проходе из отвер-

стей 17 запыленный газ создает газовую прослойку между стенками органа 1 и трубки 16, что уменьшает сопротивление при протягивании ленты в виде трубы через отверстие 10.

После поворота на барабане 15 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 его модернизации.

При использовании предлагаемого трубчатого ленточного конвейера с устройством для переворота холостой ветви ленты для транспортирования агрессивных пылеобразующих насыпных грузов, таких как рудные концентраты, агломераты, пылеобразующие рудные грузы 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 м³/ч) на дальние расстояния, конвейер является современной альтернативой пневматическому транспорту.

Расчет технических параметров трубчатого ленточного конвейера производится с учетом известных методик [20–22] в последовательности [11, 17, 23].

Массовая производительность конвейера, т/ч:

$$Q_{т.к} = 3,6 K_3 F v_{л} \rho, \quad (11)$$

где F – площадь трубчатого сечения грузовой ветви ленты, м²;

При $F = 0,785 D_{л}^2$ получим

$$Q_{т.к} = 3,6 \cdot 0,785 D_{л}^2 K_3 v_{л} \rho, \quad (12)$$

где $D_{л}$ – диаметр трубчатого сечения ленты, м; K_3 – коэффициент заполнения ($K_3 = 0,7$); $v_{л}$ – скорость движения ленты, м/с; ρ – насыпная плотность груза, кг/м³.

После принятия ширины ленты по ГОСТ 20–85 уточняется диаметр трубчатой ленты рабочей ветви конвейера по зависимости (3), м:

$$D_{лг} = \frac{B + b_r}{\pi}. \quad (13)$$

Этот диаметр с учетом зависимости (1) определяется также по следующей зависимо-

сти, м:

$$D_{лг} = \frac{E h_c}{\sigma_{и}}. \quad (14)$$

Тогда с учетом значения $D_{лг}$ из зависимости (12) массовая производительность конвейера определится следующим образом, т/ч:

$$Q_{т.к} = 3,6 \cdot 0,785 ((B + b_r)/\pi)^2 K_3 v_{л} \rho. \quad (15)$$

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

$$Q_{т.к} = 2,826 \left(\frac{E h_c}{\sigma_{и}} \right)^2 K_3 v_{л} \rho. \quad (16)$$

Тяговое усилие установившегося движения в укрупненных расчетах определяется по известной формуле, Н:

$$P = (C_d W_r + W_n), \quad (17)$$

где W_r , W_n – суммы сопротивлений на грузовой и порожней ветвях конвейерной ленты, Н; C_d – коэффициент сопротивлений в местах загрузки, очистки и т. д., $C_d = 1,1$ при длине трассы 1000 м.

$$W_r = g(q_r + q_{л} + q_{р.г} + 2q_{л.о})\Delta L + g(q_r + q_{л} + 2q_{л.о})H; \quad (18)$$

$$W_n = g(q_{л} + q_{р.п})\Delta L - q_{л} H g + 2q_{пер} g L_{п}, \quad (19)$$

где q_r – линейная масса груза, кг/м; $q_{л}$ – линейная масса ленты, кг/м; $q_{р.г}$, $q_{р.п}$ – линейная масса роликов опор грузовой и порожней ветвей ленты, кг/м; $q_{л.о}$ – линейная масса обхватывающей ленты, кг/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, кг/м.

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

- отсутствие вредных воздействий на окружающую среду при транспортировании экологически опасных (пылящих и выделяющих вредные вещества) грузов;

- транспортируемый материал, находящийся в трубе, защищен от загрязнения;

- возможность пространственной кон-

фигурации трассы конвейера с перегибами в горизонтальной и вертикальной плоскости одновременно;

– возможность транспортирования различных грузов при горном ландшафте, а также при естественных и искусственных преградах по трассе (водоемы, овраги, транспортные коммуникации, строительные объекты);

– возможность транспортировать груз под углом 30° к горизонту без применения специальной ленты;

– улучшение условий движения ленты по ставу (исключение бокового схода ленты) за счет трубчатой формы ленты;

– возможность при необходимости транспортирования груза одновременно на верхней и нижней ветви контура ленты конвейера;

– исключение загрязнения поддерживаю-

щих роликов на ветвях конвейера;

– уменьшение диаметра поддерживающих роликов по сравнению с традиционной конструкцией конвейеров;

– отсутствие износа бортов ленты;

– значительное уменьшение габаритов конвейера (по ширине).

К недостаткам трубчатого конвейера относятся:

– высокая стоимость конвейера;

– более сложный монтаж и предпусковая отладка;

– более высокий коэффициент сопротивления движению ленты по роликам ($\omega' = 0,04 \dots 0,045$), а следовательно, увеличение стоимости потребления электроэнергии;

– более дорогая лента по сравнению с классическим конвейером;

– усложняется навеска ленты на конвейер.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нойманн Т. Трубчатые конвейерные ленты ConiTech – превосходное транспортное решение! // Уголь. 2013. № 4. С. 76–77.
2. Галкин В. И. Направления развития ленточных конвейеров для горной промышленности // Современные тенденции развития технологий производства конвейерных лент в России: междунар. науч.-практ. конф. (22–23 нояб. 2012 г.). Екатеринбург. С. 15.
3. Давыдов С. Я., Кожушко Г. Г. Использование отечественных лент в трубчатом ленточном конвейере // Современные тенденции развития технологий производства конвейерных лент в России: междунар. науч.-практ. конф. (22–23 нояб. 2012 г.). Екатеринбург. С. 7.
4. Tubular belt conveyor with turnover of the return run of the belt / Davydov, S. Ya. [et al.] // Refractories and Industrial Ceramics. 2010. Vol. 51, no. 4. P. 250–255.
5. Davydov S. Ya., Kashcheev I. D. Conveyor trains for transporting loose materials // Refractories and Industrial Ceramics. 2011. Vol. 52. Issue 1. P. 12–17.
6. Давыдов С. Я., Кашеев И. Д., Малагамба С. В. Энергосберегающий трубчатый ленточный конвейер // Новые огнеупоры. 2004. № 8. С. 33–35.
7. Трубчатый ленточный конвейер с переворотом холостой ветви ленты / С. Я. Давыдов [и др.] // Новые огнеупоры. 2010. № 7. С. 10–15.
8. Пат. 2019476 Российская Федерация. Ленточный конвейер / С. Я. Давыдов, А. Е. Демидов, А. Ф. Федоров, В. И. Кабанов. № 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: учеб. пособие. Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2004. 170 с.
10. Вебер Г. Э., Давыдов С. Я., Валеев О. Ф. Уменьшение пылеобразования на конвейерном транспорте // Изв. вузов. Горный журнал. 2004. № 2. С. 65–70.
11. Давыдов С. Я. Энергосберегающее оборудование для транспортировки сыпучих материалов: Исследование, разработка, производство. Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2007. 317 с.
12. Феодосьев В. И. Сопротивление материалов: учебник для вузов. М.: Наука, 1986. 512 с.
13. Вебер Г. Э., Ляпцев С. А. Лекции по теоретической механике: учеб. пособие. Екатеринбург: УГГА, 1998. 272 с.
14. Использование отечественных конвейерных лент в трубчатом ленточном конвейере / С. Я. Давыдов [и др.] // Новые огнеупоры. 2008. № 3. С. 34.
15. Ленточный конвейер для транспортирования пылеобразующих материалов / С. Я. Давыдов [и др.] // Новые огнеупоры. 2003. № 2. С. 17–21.
16. Пат. 2264966 Российская Федерация. Ленточный конвейер / С. Я. Давыдов, Д. Н. Волков, В. А. Кобелев, Р. В. Шунин. № 2000116731; заявл. 01.06.04; опубл. 27.11.05, Бюл. № 33.
17. Давыдов С. Я., Вебер Г. Э., Мастерова Е. В. Трубчатый ленточный конвейер для пылеобразующих материалов // Изв. вузов. Горный журнал. 2006. № 2. С. 98–101.
18. Галкин В. И. Особенности эксплуатации трубчатых ленточных конвейеров // Горное оборудование и электромеханика. 2008. № 1. С. 7–12.
19. А. с. 1569307 СССР. Установка для транспортирования сыпучего материала / С. Я. Давыдов С. П. Детков, А. М. Мальцев, А. М. Галкин (СССР). № 4466641; заявл. 26.07.88; опубл. 07.06.90, Бюл. № 21.
20. Шахмейстер Л. Г., Дмитриев В. Г. Теория и расчет ленточных конвейеров. М.: Машиностроение, 1987. 336 с.

21. Пертен Ю. А. Крутонаклонные конвейеры. Л.: Машиностроение, 1977. 210 с.
22. Конвейеры: справочник / Р. А. Волков [и др.] / под общ. ред. Ю. А. Пертена. Л.: Машиностроение, 1984. 367 с.
23. Давыдов С. Я., Кашеев И. Д., Селезнева А. Ю. Определение длины изгиба с переворотом скрученной резиновой конвейерной ленты до С-образного расположения ее кромок, обращенных вверх // Новые огнеупоры. 2010. № 4. С. 31–32.

Поступила в редакцию 31 октября 2013 г.

Давыдов Станислав Яковлевич – доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: davidovtrans@mail.ru