

УДК 622,6.2

В.И. Галкин, Н.С. Сазанкова

СОВРЕМЕННЫЕ РЕЗИНОТКАНЕВЫЕ КОНВЕЙЕРНЫЕ ЛЕНТЫ — ВОЗМОЖНАЯ АЛЬТЕРНАТИВА РЕЗИНОТРОСОВЫМ ЛЕНТАМ ДЛЯ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Представлены типы, а также основные параметры резинотканевых конвейерных лент выпускаемых ведущими мировыми производителями. Рассмотрено влияние конструктивных особенностей конвейерных лент на конструкции отдельных узлов ленточных конвейеров. Обоснованы преимущества современных резинотканевых лент по сравнению с резинотросовыми лентами.

Ключевые слова: конвейер, лента, ширина, каркас, прокладка, полиамид, нейлон, арамид, прочность, удлинение, натяжение, роликоопора, барабан, натяжное устройство.

В настоящее время в мировой практике горной промышленности проектируются и эксплуатируются ленточные конвейеры нового поколения, отличающиеся большой протяженностью трассы и имеющие искривления, как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости.

При эксплуатации таких конвейеров важную роль играет конвейерная лента, способная выдерживать большие динамические нагрузки в период пуска, а также сохранять заданную геометрическую форму на различных участках трассы конвейера.

Известно, что длина конвейера в одном ставе определяется прочностью конвейерной ленты. Существует практика, что при проектировании мощных ленточных конвейеров, необходимо использовались резинотросовые ленты, которые, по сравнению, с резинотканевыми лентами имеют меньшее удлинение и повышенную прочность. К сожалению, такие ленты имеют большой вес за счет сердечника состоящего из стальных тросов, а также большую толщину, что приводит к применению барабанов увели-

ченного диаметра и возрастанию потребляемой мощности при транспортировании груза.

В настоящее время, наиболее известные производители конвейерных лент такие, как «FENNER DUNLOP», «CONTITECH» и «PHOENIX» (Германия), «GOODYEAR» (США), «METSO MINERALS» (Швеция), «GUMMILABOR» (Италия), «SAVA» (Словения), «REVERON» и «DEPREUX» (Франция), «MATADOR» (Словакия), «FTT WOLBOROM», «SEMPERTRANS» (Голландия, Польша), разрабатывают и выпускают современные резинотканевые конвейерные ленты, имеющие меньший вес и толщину, по сравнению с резинотросовыми лентами. Кроме того, они обладают, такой же прочностью и практически таким, же удлинением как резинотросовые ленты. Такие ленты способны удовлетворить широкий диапазон требований при проектировании длинных, мощных ленточных конвейеров.

Резинотканевые конвейерные ленты нового поколения изготавливаются на основе современных синтетических материалов. Наиболее широкое приме-

нение получили ленты типа EP (полиэстер/полиамид) и арамидные ленты.

В качестве примера рассмотрим резинотканевые ленты, выпускаемые итальянской фирмой «Gummilabor» [1]. При этом особое внимание следует уделить конвейерным лентам серии Extra, созданных, для применения в трудных условиях эксплуатации с тяжелым режимом работы и в тех местах, где возможно лишь минимальное техническое обслуживание.

Серия Extra изготавливается из нескольких слоев полиэстера/полиамида (EP), что придает каркасу прочность при работе в тяжелом режиме, и сопротивляемость высоким ударным нагрузкам. Для конвейеров большой протяженности и работающих в особых условиях эксплуатации в линейке серии Extra присутствуют многопрокладочные конвейерные ленты с каркасом из одного слоя, изготовленного из арамидных волокон (D). Серия Extra, в исполнении EP (полиэстер/полиамид), а также исполнение D (aramид), применяется в промышленности тяжелого эксплуатационного режима таких, как горная промышленность, химическое производство, сталеплавильные и цементные заводы, электростанции, порты.

Конвейерная лента серии «Extra EP» имеет тканевый каркас, который изготовлен из прокладок высокой прочности (от 3 до 7 прокладок). Прочность каркаса состоящего из нескольких прокладок обеспечивается за счёт применения прослоек между прокладками (сквиджами) изготавливаемых из высококачественной специальной резины, предназначенных для поддержания лучшего сцепления между прокладками, а также для равномерного распределения продольного натяжения между слоями. Верхняя и нижняя обкладка лент по своим механическим, термическим и хими-

ческим характеристикам выбираются потребителем, в соответствии с физико-механическими свойствами транспортируемого материала. Для этого применяются различные резиновые смеси, соответствующие стандартам UNI 8007, DIN 22102 и DIN 22103 Удлинение таких лент составляет от 1,2—1,3 %.

Пример условного обозначения:

1200 EP 500/3-1RC 5/2 Y, где

- 1200- ширина ленты, мм;
- EP — тип тканевого каркаса (E-волокна полиэстера в продольном направлении, и P — полиамид или нейлон в поперечном направлении. Эти материалы обеспечивают ленте эластичность, высокую прочность на разрыв, имеют небольшой вес. Кроме перечисленных материалов, могут применяться: В — хлопок, R — искусственный шелк, PP — нейлон-нейлон, и т.д.);
- 500 — прочность на разрыв, Н/мм;
- 3 — кол-во тканевых прокладок;
- 1RC — односторонний металлический брекер;
- 5 — толщина верхней (рабочей) обкладки, мм;
- 2 — толщина нижнего (нерабочей) обкладки, мм;
- Y — категория резиновой обкладки.

Специально для угольной промышленности немецкий концерн «Continental — ContiTech» [2] выпускает двухпрокладочные конвейерные ленты, на основе ткани EP, в трудно-сгораемом исполнении.

Ноу-хау такой ленты заключается в том, что при её производстве используется специальная ткань с запатентованной конструкцией плетения (EPP), аналогов которой в мире нет.

Для примера сравним строение ткани EP и EPP. На рис. 1 показано обычное тканевое плетение типа EP и его взаимодействие с роликпорой.

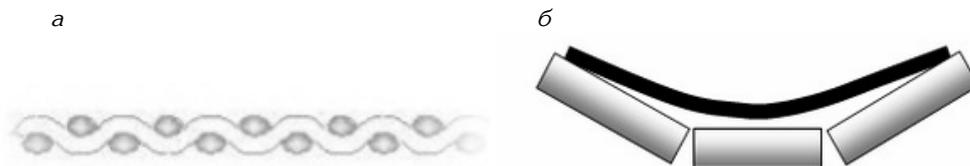


Рис. 1. Тканевое плетение типа EP и его взаимодействие с роликпорой:
а — вид тканевого плетения двухпрокладочной ленты типа EP, *б* — взаимодействие тканевого плетения ленты типа EP с роликкоопорой

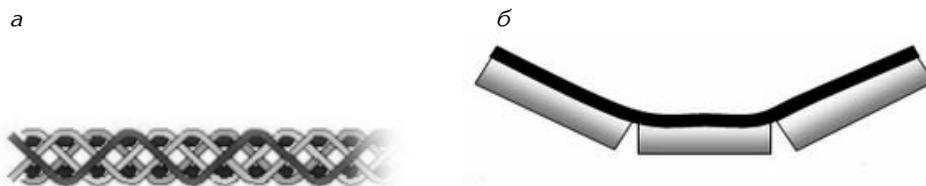


Рис. 2. Тканевое плетение типа EPP и его взаимодействие с роликпорой: *а* — вид двойного тканевого плетения, *б* — взаимодействие ленты двойного тканевого плетения типа EPP с роликкоопорой



Рис. 3. Резинотканевая однопрокладочная конвейерная лента PHENIX UNIFLEX® PVG для подземных горных работ

Обычное тканевое плетение у многопрокладочных лент показывает достаточную поперечную жесткость по сравнению с двухпрокладочными лентами. На рис. 1, б показано, что в случае применения двухпрокладочной ленты, её прилегание происходит только по краям боковых роликов и, как следствие, такая лента имеет нестабильный прямолинейное движение по ставу.

На рис. 2 представлена конструкция двойного плетения прокладки типа EPP.

Компания «PHOENIX» (Германия) [3], также выпускает резинотканевые конвейерные ленты типа EP в соответствии с международными стандартами, упомянутыми на стр. 3, причем диапазон прочностных свойств и кон-

структивных исполнений достаточно широк. Выпускаются, как однопрокладочные ленты, так и многопрокладочные ленты.

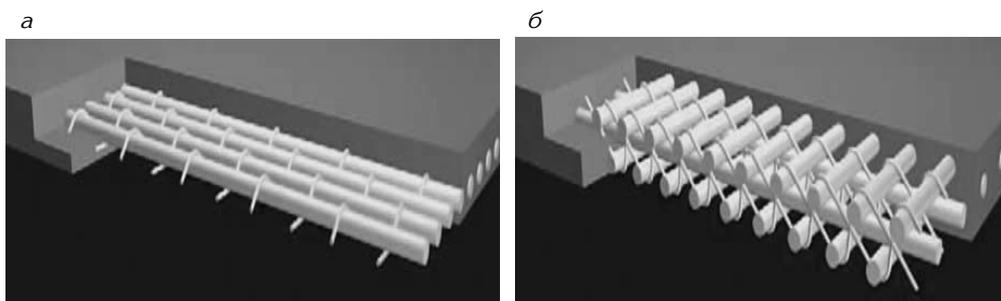
Однопрокладочная резинотканевая конвейерная лента типа PHOENIX UNIFLEX® PVG (рис. 3) предназначена для подземных работ и UNIFLEX®, которые отличаются химическими компонентами применяемыми для изготовления прокладок на основе поливинилхлорида (PVC — более современная лента). В табл. 1 представлен типажный ряд таких лент, при этом её максимальная прочность может составлять 3150 Н/мм.

Многопрокладочные конвейерные ленты типа EP выпускаются с двумя, тремя, четырьмя и пятью прокладка-

Таблица 1

Технические характеристики однопрокладочной конвейерной ленты UNIFLEX® PVG

Тип ленты	Толщина обкладок ленты, мм (верхняя обкладка \ нижняя обкладка)	Толщина ленты, мм	Масса 1 м ² ленты, кг
Е/РВР/В 800/1	2 \ 2	11.5	15.0
Е/РВР/В 1000/1	2.5 \ 2.5	13.0	18.0
Е/РВР/В 1250/1	2.5 \ 2.5	14.0	20.0
Е/РВР/В 1600/1	3 \ 3	16.0	24.0
Е/РВР/В 2000/1	3.5 \ 3.5	20.0	31.0
Е/РВР/В 2500/1	4 \ 4	22.0	33.5
Е/РВР/В 3150/1	6 \ 3	26.5	36.0

**Рис. 4 Конструкция конвейерной ленты с арамидным волокном серии Extra D:**

а — конвейерная лента с продольными арамидными тросами; *б* — конвейерная лента с продольными и поперечными арамидными тросами

ми. Минимальное разрывное усилие составляет 800 Н/мм ширины ленты (для 2^х прокладочных конвейерных лент), и 1600 Н/мм ширины ленты, также для 2^х прокладочных конвейерных лент типа DUOFLEX® belts.

Максимальное разрывное усилие для многопрокладочных конвейерных лент типа EP имеет фирмы «Metso Minerals» (Швеция) — 3150 Н/мм ширины ленты (при этом ширина ленты может быть до 2400 мм).

Монопрокладочная конвейерная лента серии Extra D, имеющая арамидное волокно D применяется при особо тяжелых режимах эксплуатации, где необходима очень высокая несущая способность конвейерных лент. Эта лента специального высококачественного исполнения, применяется на ленточных конвейерах для за-

мены лент с тросовым каркасом или когда необходимы эстакадные (приподнятые) ленты с малым весом, например, на руках штабелеров. Данный тип лент (D) имеет класс прочности от 800 до 2500 Н/мм, при этом их относительное удлинение составляет 0,5 %.

Термин «арамид» — это сокращение, образованное от названия «ароматический полиамид». Арамиды — это синтетические волокна с повышенными эксплуатационными качествами. Их молекулы отличаются относительно жесткими цепочками полимера, связанными между собой сильными водородными связями, которые выдерживают механическое напряжение. Это позволяет использовать цепочки относительно низкой молекулярной массы. Поэтому арамидное

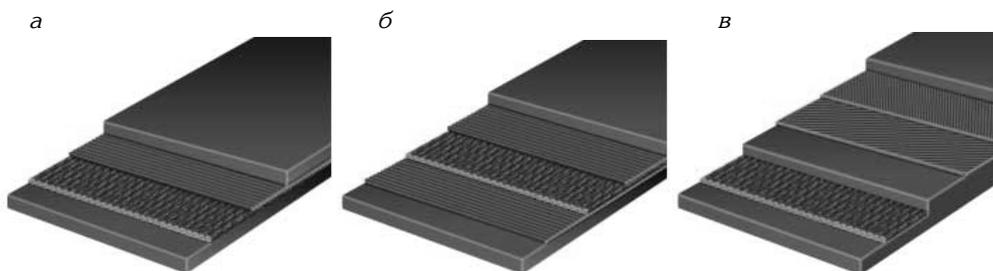


Рис. 5. Конвейерная лента с арамидным волокном и брекером: а — TN-брекер; б — TN-брекер, верх и низ; в — XN-брекер

полотно совмещает высокую прочность, эластичность и очень маленький вес. Плотность арамидных волокон составляет 1450 кг/м^2 , а модуль упругости может достигать до 160 ГПа [4]. По сравнению с резиновыми лентами равной прочности, ленты на арамидной основе, являются более эффективными.

Особенность конструкции лент с применением арамидного волокна состоит в том, что вместо стальных тросов применяется высокопрочный арамидный трос, который изготавливается с сердечником из высокопрочных нитей, относящихся к классу арамидных волокон (аналог нити), рис. 4.

Конвейерные ленты с применением арамидных волокон отличаются высокой прочностью на разрыв при низком удельном весе волокна. Трос из арамидных нитей обладает превосходной термостабильностью, отличной морозостойкостью, постоянством размеров и низким относительным удлинением при разрыве. Он не корродирует и выдерживает воздействие большинства химических веществ. Такой трос устойчив к воздействию тепла (до 400°C), не обладает электропроводностью и обеспечивает отличную износостойкость. При одинаковой разрывной нагрузке трос из арамидных волокон легче стального примерно 5 раз, а капронового — в 3 раза.

Конвейерная лента серии Trellex Aramid изготовленная компанией «Metso Minerals» (Швеция) имеет продольный и поперечно-продольный арамидный корд [5]. Лента сочетает в себе такие качества как легкость и прочность внутренних слоев, и имеет разнообразные обкладки, которые могут быть следующего исполнения: износ-, термо-, масло-, жир-, или огнеустойчивых типов, что позволяет использовать ленту в различных отраслях промышленности.

Для защиты корда от продольных разрывов или повреждений от ударов предлагается использование полиамидного брекера: тип TN-устанавливается с одной или обеих сторон, тип XN-двойной брекер с диагональным кордом. На рис. 5 представлены варианты использования полиамидного брекера.

Конвейерные ленты «Trellex Aramid» выпускаются различной степенью продольного удлинения и представлены следующими типами:

- с продольной кордовой тканью обычной степени удлинения. Рекомендуется для установки на ленточных конвейерах с криволинейными участками, небольшими длинами распрямления ленты (без желобообразования), но с большим ходом натяжного устройства, например, на стакерах и перегрузочных конвейерах;

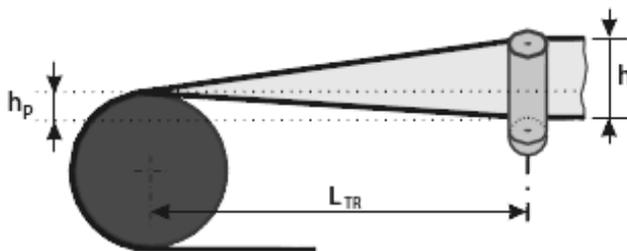


Рис. 6. Определение минимальной длины переходного участка L_{TR} , для конвейера, оснащённого арамидной лентой

- с продольным кордом низкой степени удлинения, что является благоприятным вариантом для длинных конвейеров с ограниченной длиной хода натяжного устройства;

- с продольно-поперечным кордом низкой степенью удлинения обладающим хорошей сопротивляемостью к пробою и продольному разрыву. При этом лента имеет малую толщину и небольшой вес. Благодаря незначительному продольному удлинению такие ленты хорошо подходят для применения на длинных, мощных конвейерах.

Следует отметить, что длина переходных участков у арамидных лент

больше, чем у других резиноканевых лент, что связано с их низким удлинением.

Длина переходного участка L_{TR} зависит от угла желобчатости β' , ширины ленты B и величины h_p в соответствии с рис. 6.

В табл. 2 приведена минимальная длина переходного участка L_{TR} , в соответствии с рис. 6, для стандартной трехроликовой роликоопоры, в зависимости от угла наклона боковых роликов β' и величины h_p .

Согласно материалам, представленным компанией «Metso Minerals» [5] радиус кривизны (выпуклые и вогнутые участки) в вертикальной плоскости (рис. 7), для ленточного конвейера оснащённого вышеприведёнными лентами с учетом угла наклона боковых роликов, может быть вычислен в соответствии с данными, представленными в табл. 3.

При выборе оптимального диаметра барабана должно учитываться эффективное использование прочности лент

Таблица 2

Тип ленты	Минимальная длина переходного участка L_{TR}								
	Угол желобчатости, β'	30°		35°		40°		45°	
	Величина h_p в соответствии с рис. 6	$h_p = 0$	$h_p = \frac{h}{3}$						
Арамидные ленты с продольным кордом нормальной степенью растяжения; низкой степенью растяжения.		1,5xB	1,1xB	1,8xB	1,3xB	2,0xB	1,5xB	2,2xB	1,7xB
		2,1xB	1,6xB	2,4xB	1,8xB	2,7xB	2,2xB	3,1xB	2,5xB
Арамидные ленты с продольно-поперечным кордом		2,1xB	1,6xB	2,4xB	1,8xB	2,7xB	2,2xB	3,1xB	2,5xB

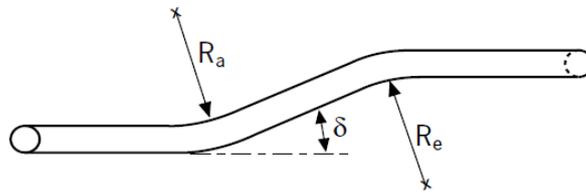


Рис. 7. Схема ленточного конвейера с криволинейными участками в вертикальной плоскости: R_a — радиус кривизны вогнутого участка, м, R_e — радиус кривизны выпуклого участка, м, δ — угол наклона конвейера в вертикальной плоскости, град

Таблица 3

Стандартные значения для определения минимального радиуса кривизны грассы конвейера в вертикальной плоскости, мм		
Угол наклона боковых роликов, β'	Радиус вогнутой кривой, R_a^*	Радиус выпуклой кривой, R_e
20°	14×B	20×B
25°	17×B	30×B
30°	21×B	40×B
35°	24×B	45×B
40°	27×B	50×B
45°	30×B	55×B

* Радиус вогнутой кривой определяется при холостом ходе конвейера, при этом лента не должна отрываться от роликов. Величина допустимого радиуса вогнутой кривой должна удовлетворять следующее условие: $R_a \leq \frac{1000 \cdot S_n}{q_n \cdot B \cdot \cos \beta}$, где S_n натяжение в ленте в точке сопряжения горизонтального и наклонного участка по ходу ленты, Н; q_n погонный вес 1 м² ленты, кг/м²; B — ширина ленты, м.

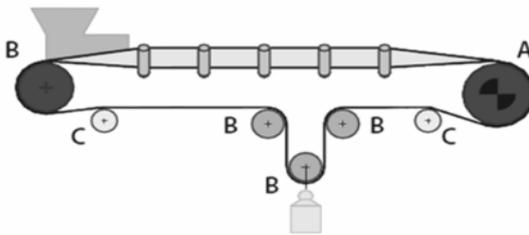


Рис. 8. Схема ленточного конвейера с барабанами, принадлежащим к различным функциональным группам: А — приводные и разгрузочные барабаны, а также другие барабаны, на которых лента натянута относительно сильно; В — натяжные, концевые и отклоняющие барабаны; С — отклоняющие барабаны, на которых угол обхвата лентой которых составляет не более 45 градусов

ты, а также функциональное назначение барабана в соответствии с рис. 8.

На основании рис. 8, в таблице 4 представлены рекомендуемые значения диаметров барабанов, принадлежащих к различным функциональным группам, для арамидных лент с продольным (D) и продольно-поперечным арамидным кордом (DP), а в таблице 5 — для лент типа EP.

Необходимо также отметить, что описанные выше резиноканевые конвейерные ленты могут быть выполнены в энергосберегающем исполнении. Это реализуется за счет специальных конструктивных решений сердечника ленты и компаундных добавок в её обкладке, что приводит к уменьшению деформации ленты при прохождении поддерживающих роликоопор и, как

Таблица 4

Тип ленты	Рекомендуемый минимальный диаметр барабана в зависимости от допустимого продольного удлинения в ленте, в %					
	Группа А от 60 % до 100 %, мм		Группа В от 30 % до 60 %, мм		Группа С до 30 %, мм	
	D, DP 500	315	250	250	200	200
D, DP 630	315	250	250	200	200	
D, DP 800	315	250	250	200	200	
D, DP 1000	500	400	400	315	315	
D, DP1250	500	400	400	315	315	
D, DP 1400	630	500	500	400	400	
D, DP 1600	630	500	500	400	400	
D, DP1850	800	630	630	500	500	
D, DP 2000	1000	800	800	630	630	
D, DP 2500	1000	800	800	630	630	

Таблица 5

Тип ленты	Рекомендуемый минимальный диаметр барабана в зависимости от допустимого продольного удлинения в ленте, в %								
	Группа А от 60 % до 100 %, мм			Группа В от 30 до 60 %, мм			Группа С до 30 %, мм		
	А	В	С	А	В	С	А	В	С
EP 160/2	250	200	160	200	160	125	160	160	125
EP 250/2	250	200	160	200	160	125	160	160	125
EP 315/2	250	200	160	200	160	125	160	160	125
EP 315/3	315	250	200	250	200	160	200	200	160
EP 400/2	315	250	200	250	200	160	200	200	160
EP 400/3	315	250	200	250	200	160	200	200	160
EP 500/3	400	315	250	315	250	200	250	250	200
EP 500/4	500	400	315	400	315	250	315	315	250
EP 630/3	500	400	315	400	315	250	315	315	250
EP 630/4	500	400	315	400	315	250	315	315	250
EP 800/4	630	500	400	500	400	315	400	400	315
EP 800/5	630	500	400	500	400	315	400	400	315
EP 1000/3	630	500	400	500	400	315	400	400	315
EP 1000/4	630	500	400	500	400	315	400	400	315
EP 1000/5	800	630	500	630	500	400	500	500	400
EP 1250/4	800	630	500	630	500	400	500	500	400
EP 1250/5	800	630	500	630	500	400	500	500	400
EP 1600/4	1000	800	630	800	630	500	630	630	500
EP 1600/5	1000	800	630	800	630	500	630	630	500
EP 2000/5	1250	1000	800	1000	800	630	800	800	630

следствие этого, к сокращению потребления энергии приблизительно на 8 %.

Отечественная промышленность также предлагает ленты улучшенного качества, и выпускают резинотканевые конвейерные ленты в соответствии с ГОСТ 20-85. Конвейерные ленты изготавливают с плоскими поверхностями, наружными резиновыми обкладками, нарезными или резиновыми

бортами, с разрывным усилием до 2000 Н/мм. К сожалению, при производстве резинотканевых лент продолжают использовать синтетические ткани типа ТК на основе полиамидных нитей, типа ТЛК, ТЛА.

Учитывая требования современного рынка по повышению долговечности и надежности конвейерных лент, на Уральском заводе РТИ выпускаются

конвейерные ленты из тканей EP-200,300,400,500, взамен традиционно применяемых тканей ТК и ТЛК отечественного производства [6]. Эти ленты аналогичны по конструкции и физико-механическим показателям лентам немецкого стандарта DIN 22102.

Выводы

1. Современные резинотканевые конвейерные ленты, могут служить альтернативой для лент с резинотросовым сердечником имеющих разрывное усилие до 3150 Н/мм ширины ленты.

2. Резинотканевые конвейерные ленты, имеющие равную прочность с резинотросовыми, имеют меньший погонный вес, что положительно сказывается на конструкции става, привода, а также энергетические показатели работы конвейера. Так например, один квадратный метр однопрокладочной резинотканевой лента UNIFLEX® PVG, тип E/PBP/B 3150/1 (фирма «Phoenix» — Германия) имеет массу 36 кг, а масса 1 м² резинотросовой ленты ST-3150 — 41 кг, т.е. каждый квадратный метр резинотросовой тяжелее ленты EP на 5 кг, т.е. на 12 %.

3. Применение резинотканевых конвейерных лент на конвейерах приводит к уменьшению диаметров барабанов (приводных, натяжных и отклоняющих), что положительно сказывается на габаритных размерах и массах этих узлов.

4. Так, как ленты, выпускаемые из тканей EP, имеют низкое удлинение при рабочей нагрузке до 1,25 — 1,5 %, а ленты на арамидной основе всего 0,5 % (вместо 3,5 % для тканей ТК), что исключает остановки ленточных конвейеров для перестыковки лент, а также уменьшает длину хода натяжных устройств.

5. Большое разнообразие конкурирующих фирм, выпускающих резинотканевые конвейерные ленты нового поколения, способных удовлетворить требования при проектировании мощных ленточных конвейеров с пространственной трассой. В общем случае при выборе тягового каркаса необходимо учитывать следующие критерии: производительность, условия эксплуатации, физико-механические свойства транспортируемого груза, длиной и конфигурацией трассы транспортирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Резинотканевые конвейерные ленты «GUMMILABOR»*, рекламные проспекты фирмы за 2010—2011 гг.

2. *Рекламные проспекты фирмы «Con-tiTech Transportbandsysteme GmbH.»* за 2010—2011 гг.

3. *Рекламные проспекты фирмы «PHOENIX CONVEYOR BELT SYSTEMS GMBH»* за 2010—2011 гг.

4. *Жмыхов И.Н., Рогова Е.А.* История развития химических волокон: прошлое на-

стоящее, будущее. К 80-летию химических волокон Беларуси — Могилев: МГУП, 2010. — 157 с.

5. *Metso Minerals, linking innovations.* Brochure № 1111-11-01-WPC/Trelleborg, 2001.

6. *ОАО «Уральский завод резинотехнических изделий».* Каталог «Ленты конвейерные, резинотканевые, ремни плоские, техническая пластина», 2007 г. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Галкин Владимир Иванович — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, e-mail: kavgmt@msmu.ru,

Сазанкова Екатерина Сергеевна — аспирант, e-mail: sazankova@yandex.ru, Московский государственный горный университет, e-mail: ud@msmu.ru.