

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Ивановский государственный химико-технологический университет

Б.Р. Киселев, М.Ю. Колобов

**ЛЕНТОЧНЫЙ КОНВЕЙЕР.  
РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ**

Учебное пособие

Иваново 2019

УДК 62-34

Киселев, Б.Р. Ленточный конвейер. Расчет и проектирование основных узлов: учеб. пособие/ Б.Р. Киселев, М.Ю. Колобов; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2019. – 179 с.

В учебном пособии изложен раздел курса «Подъемно-транспортные устройства», включающий ленточные конвейеры, расчет и проектирование основных узлов; методику выполнения задачи и пример расчета. Составлены задания расчетной работы по проектированию. В теоретической части пособия рассмотрены вопросы устройства ленточных конвейеров с изложением современных материалов изготовления лент, основных конструкций узлов, предварительного проектирования и уточненного расчета.

Издание предназначено для студентов очной и заочной форм обучения.

Табл. 20. Ил. 120. Библиогр.: 36 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Ивановского государственного химико-технологического университета.

Рецензенты:

кафедра технологических машин и оборудования ФГБОУ ВО «Ивановского государственного политехнического университета»; кандидат технических наук, доцент А.М. Абалихин (Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени Д.К. Беляева)

ISBN 978-5-9616-0545-7

© Киселев Б.Р., Колобов М.Ю., 2019  
© ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет», 2019

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее учебное пособие является результатом анализа современного технического уровня конструкций ленточных конвейеров общего назначения, используемых в химической и пищевой промышленности. В этих отраслях промышленности конвейеры применяются не только в качестве транспортного средства и автоматизирования производственных комплексов внутрицехового и межцехового производства, но и для обеспечения выполнения определенных технологических процессов. Известно, что основным элементом конвейеров является транспортерная лента. В последнее время разработаны совершенно новые виды лент из синтетических материалов с единым каркасом. В пищевой промышленности широко используются пластмассовые модульные ленты, сетчатые ленты нового типа. Современные материалы и конструкции лент позволили в большей мере отвечать эксплуатационным требованиям за счет, захватов, шевронов, гофробортов, специальных покрытий и других разработок. Специальные покрытия особенно важны для конвейеров химической промышленности, особенно при использовании агрессивных материалов, для пищевой промышленности вопросы гигиены и контакта ленты с изготавливаемым продуктом являются первостепенными. Надежность работы конвейерных лент также резко возросла за счет применения механических современных устройств, которые удобны для быстрого и прочного соединения лент в замкнутый контур. За счет этого механическое соединение лент возросло до 93% от общего объема других соединений, имея в виду холодную и горячую вулканизацию.

К сожалению, в настоящее время для обучения нынешних студентов – будущих специалистов в основном используется учебная литература прошлого века. Это классика, написанная известными учеными А.О. Спиваковским, В.К. Дьячковым, Р.Л. Зенковым, М.П. Александровым, Ю.А. Пертенем, Р.А. Волковым, В.В. Красниковым, О.В. Зеленским, А.С. Петровым, Р.А. Волковым и др., в основе которых составленные методики проектирования и расчета до сих пор актуальны. Однако время идет, техника машин непрерывного

транспорта развивается, много используется нового оборудования, применяются узлы более совершенных конструкций, широко используются новые материалы и т.д. Происходит интеграция производства как отечественных, так и зарубежных транспортирующих машин.

Надо отметить, что в настоящее время издаются учебники и учебные пособия по машинам непрерывного транспорта, которые в основном имеют содержание всей линейки применяемых конвейеров с некоторыми акцентами на конструкции специальных машин [1,2]. В этом варианте практически невозможно дать полную информацию по каждому виду машины. Эти устройства настолько разнообразны по конструктивному выполнению, что не представляется возможным дать подробное описание и детальные расчеты даже для основных типов. Для специалистов создаются каталоги на русском и английском языках, в которых можно узнать о новейших разработках в области развития конвейерной техники. В большинстве своем студенты на стадии обучения этой информацией не пользуются.

В связи с этим возникает необходимость создания учебной специальной литературы, в которой должна быть новейшая подробная информация. К таким относятся, например, учебно-методические пособия [3,4], где изложены теоретические основы расчета параметров ленточных конвейеров горных предприятий.

Целью создания пособия является описание современных технических решений, связанных с новыми конструкциями узлов, материалами, расчетом и проектированием ленточного конвейера общего назначения и, в частности, для химической и пищевой промышленности. В пособии приводится пример расчета конвейера, который выполнен студентом. Необходимо отметить, что студенческая работа является одной из многих методически правильно выполненных, но не идеально оформленных работ.

При изучении курса ПТУ и выполнении работы по расчету ленточного конвейера предполагается, что студент, пользуясь данным пособием, будет использовать учебники и специальную справочно-техническую литературу.

## ВВЕДЕНИЕ

Работу современных промышленных предприятий без использования конвейеров представить себе очень трудно – они позволяют автоматизировать производственный процесс и сделать его более эффективным. Ленточный конвейер – транспортирующее устройство непрерывного действия. Ленточные конвейеры являются наиболее распространенным типом машин конвейерного транспорта. Практически во всех отраслях промышленности используются ленточные конвейеры, которые обеспечивают непрерывность процессов транспортировки различных видов грузов и материалов. Из всего парка конвейерных установок около 90 % составляют ленточные конвейеры. Преимущество ленточных конвейеров перед другими способами транспортировки заключается в том, что благодаря значительной скорости движения ленты обеспечивается высокая эффективность и производительность технологических процессов, в малом потреблении энергии, простоте, надежности и долговечности конструкции устройства. Для оптимальной работы конвейеров рекомендуется их эксплуатация при температуре от  $-50$  до  $+45^{\circ}\text{C}$  (для специальных до  $+130^{\circ}\text{C}$ ). В зависимости от свойств и природы перемещаемого груза угол наклона рабочей стороны ленты может быть установлен до  $90^{\circ}$ .

Для машин непрерывного действия характерно перемещение насыпных или штучных грузов по заданной трассе без остановок. Транспортирующие машины отличаются высокой надежностью, удобством эксплуатации и обслуживания, имеют большую длину транспортирования, работают в автоматическом режиме в комплексе с технологическим оборудованием, обеспечивают высокую производительность благодаря непрерывности процесса транспортирования. Одновременно с транспортированием грузов на ленточных конвейерах могут выполняться определенные технологические операции. Часто ленточный конвейер является одной из частей

транспортирующего устройства какой-либо машины или механической системы.

Современное развитие всех отраслей промышленности ставит следующие направления развития машин непрерывного транспортирования:

- 1) повышение производительности конвейеров;
- 2) снижение металлоемкости, массы и уменьшение габаритных размеров машин путем создания принципиально новых облегченных конструкций с применением пластмасс, легких сплавов, тонкостенных гнутых профилей;
- 3) использование современных прочных, легких, антикоррозийных, антисанитарных, экологически чистых и дешевых материалов; повышение надежности работы конвейеров;
- 4) создание комплексных систем транспортирования и выполнения технологических операций;
- 5) автоматизация комплексными системами машин;
- 6) унификация оборудования с одновременным увеличением его типоразмеров;
- 7) создание новых машин на перспективных методах транспортирования.

Одно из новых направлений конвейерных технологий, получившее в последнее время наибольшее развитие – это производство конвейерных систем. Они применяются в современном производстве, обеспечивая не просто перемещение продукта от одного узла к другому, а позволяют осуществлять регулировку и контроль всего производственного процесса. Их конструкция и агрегатный состав позволяют менять скорость, направление движения продукции, полностью исключая ручной труд, что способствует как повышению производительности труда, так и снижению процента брака и ошибок. Использование конвейерных систем в производстве – перспективное направление, и практически все предприятия, использующие в своей деятельности конструкции такого типа, при модернизации осуществляют переход на них. Продиктовано это наличием следующих преимуществ: гибкость и регулируемость производственного процесса, конструкция,

сочетающая в себе модульные конвейерные технологии и электронное управление, максимально быстрое реагирование на изменение производственных потребностей. Каждый из элементов системы можно адаптировать в полном соответствии с требованиями производства конкретного продукта и особенностями упаковки. Использование конвейерных систем позволяет добиться максимальной производительности за счет равномерного передвижения продукции по производственной линии и полному отсутствию задержек и простоев. При этом эффективность обуславливается точностью настроек и параметров, заданных для работы оборудования.

В связи с большими потребностями средств комплексной механизации Российского производства в настоящее время заводы по серийному выпуску транспортирующих машин стали использовать современные модернизированные как отечественные, так и зарубежные разработки, новые материалы. В настоящее время появились новые высокопрофессиональные предприятия по проектированию и изготовлению конвейерного оборудования. К ним относятся «РУЭМА», «ВЕРТЕК» – С-П.; «Конвейерные линии», «AMACOR engineering», ООО ПКФ «Еврохим – Резинотехника» – М.; «Уралконвейер» – Екатеринбург; «Завод конвейерных систем» – Тамбов; «Проект плюс» – Краснодар; Миасский конвейерный завод; Белохолуницкий машиностроительный завод; производственное объединение «PTORUS» – Тверь, пищевая компания «BESTEG» – Ростов на Дону и др. Российский рынок широко представляет европейские компании: Dunlop – Британия; Contitech, Phoenix, REMA TIP TOP – Германия; Gummilabor, SIG, “Fond Metalli” – Италия; Derreux – Франция; SAVA – Словения, Matador – Словакия; ZGB – Польша и др. В последнее время со многими крупнейшими зарубежными предприятиями конвейерной продукции и РТИ организованы кооперации, в том числе и с восточными компаниями Ravasco Transmission & Packing Pvt.Ltd., Sharda Worldwide Exports Pvt. Ltd. – Индия, HUAYUE – Китай и др. Это позволяет достигать лучших эксплуатационных показателей и надежности работы оборудования, а также материалов.

Необходимо отметить, что на сегодняшний день компания «Intralox» – США является лидером в области специализированных комплексных решений для транспортировки грузов с применением модульных пластиковых лент. Продукция компании активно применяется в автомобилестроении, производстве продуктов питания, упаковочной отрасли, складировании и распределении продукции.

Конвейеры и конвейерные системы для пищевой и химической отраслей являются надежным техническим оборудованием, которое повышает эффективность производства. За многолетний опыт эксплуатации машин непрерывного транспортирования решены задачи различной сложности: от проектирования конвейеров до разработки полноценных комплексных системных решений.

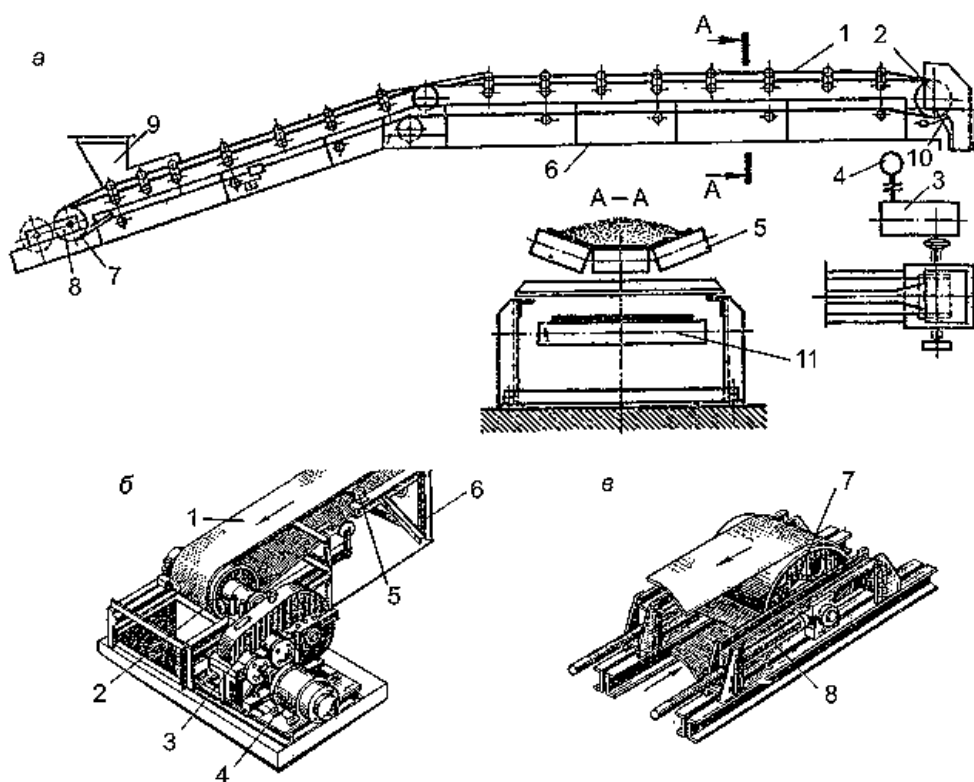
В пищевой промышленности наиболее широкое применение конвейеров и конвейерных систем нашли: мясо-, рыбо-, птицепереработка, овощная и плодово-ягодная отрасли, хлебобулочная и кондитерская промышленность, складская транспортировка, линии розлив жидкостей. В химической промышленности транспортное оборудование находит свое применение в производстве минеральных удобрений, кислот, пигментов, ПВХ, порошкообразных и сыпучих материалов. Наиболее широко применяются ленточные конвейеры для внутрицеховой комплексной механизации.

## **1. КОНСТРУКЦИЯ, ТИПЫ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ**

Конвейер и входящие в его конструкцию элементы представлены на рис.1.1. Непрерывное движение груза осуществляется при помощи бесконечной транспортной ленты 1. Лента, как правило, приводится в движение приводным барабаном 2 на одном конце и проходит вокруг свободно вращающегося барабана 7 на другом конце, который часто бывает натяжным, так как устанавливается в натяжное устройство 8 и представляет общую конструкцию. На схеме (рис. 1.1) показан вариант отдельного натяжного устройства. В зависимости от назначения конвейера в конструкции



предусматриваются отклоняющие барабаны или ролики с целью изменения угла наклона трассы, увеличения тяговой способности и натяжения ленты. Внешняя поверхность ленты может поддерживаться при помощи свободно вращающихся роликов 5 или соответствующего настила. Если лента поддерживается при помощи центральных горизонтальных и боковых наклонных роликов, за счет которых происходит поперечный изгиб ленты (рис. 1.1, сеч. А-А), то конструкция представляет желобчатый конвейер. Для плавного перехода ленты с желоба на приводной или натяжной барабаны устанавливаются переходные секции. Ленточные безроликовые конвейеры марки ТБ применяются для перемещения насыпного или штучного груза по горизонтали или под углом не более  $15^\circ$ . Рабочая ветвь ленты, несущая на себе груз по всей длине, опирается на сплошной металлический настил или шины, холостая ветвь – на полукруглые ребра или также сплошной настил.



**Рис. 1.1. Конструкция ленточного конвейера**

Движение на ведущий барабан передается от привода, который состоит из редуктора 3, электродвигателя 4, соединенных муфтами, а также возможно

передачами. Все узлы, в том числе загрузочный 9, разгрузочный 10, очищающиеся, направляющиеся и др. устройства закрепляются на сварной раме 6. Конвейер может быть предназначен для горизонтального или наклонного перемещения сыпучего материала, кусковых или штучных грузов.

Ленточные конвейеры различаются по типам в зависимости от вида транспортируемой трассы: горизонтальные, наклонные, крутонаклонные, с изменяющимся углом наклона, горизонтально-наклонные, наклонно-горизонтальные, Г-образные, L-образные, Z-образные, U-образные. Горизонтальный ленточный конвейер является одним из наиболее распространенных видов транспортеров, которые имеют широкую сферу применения (рис. 1.2). Они используются как в промышленном производстве, так и на базах и складах. В зависимости от конкретного места применения они могут иметь любую длину.



**Рис. 1.2. Горизонтальный ленточный конвейер**

Система ленточных конвейеров может составлять длину 10-12 км.

Наклонный ленточный конвейер отличается тем, что его подвижная лента располагается под углом (рис. 1.3).



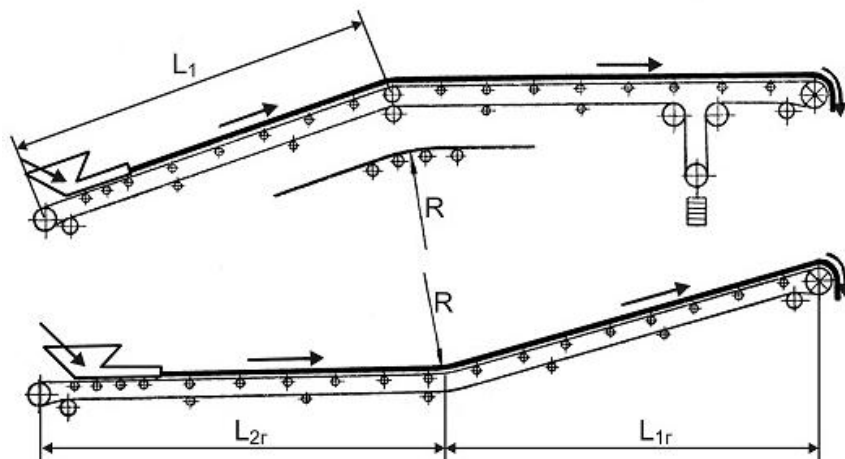
**Рис. 1.3. Наклонный конвейер**

Угол наклона зависит от характера транспортируемого материала и типа ленты, он может быть регулируемый. При угле наклона более  $18^\circ$  транспортировка осуществляется за счет особой конструкции ленты – шевронной (рис. 1.4).



**Рис. 1.4. Наклонный конвейер с шевронной лентой**

В промышленном производстве, как и в логистических центрах и складах для перемещения грузов на различные уровни применяются наклонно-горизонтальные и горизонтально-наклонные конвейеры (рис. 1.5).



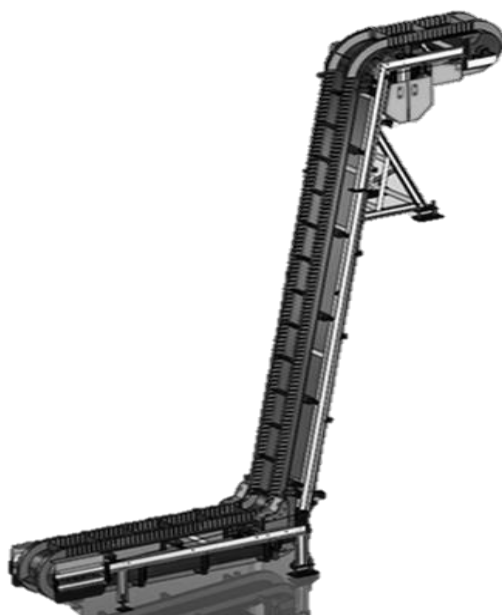
**Рис. 1.5. Наклонно-горизонтальные и горизонтально-наклонные конвейеры**

Такие конвейеры пригодны для транспортировки насыпных и штучных грузов. Часто ленточные конвейеры имеют боковые ограждения, которые образуют борта определенной высоты (рис. 1.6).



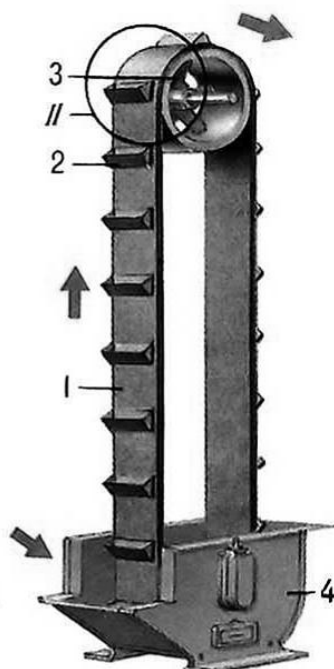
**Рис. 1.6. Ленточный конвейер с бортами**

Вертикальный ленточный конвейер применяется для транспортировки различных видов грузов на другой уровень (рис. 1.7). Он занимает значительно меньше места, чем наклонный, и имеет более высокую скорость транспортировки, обеспечивая тем самым эффективность процесса перемещения грузов.



**Рис. 1.7. Вертикальный ленточный конвейер с перегородками и гофробортами**

Вертикальные ленточные конвейеры (нория) обеспечены ковшами для транспортирования сыпучего материала (рис. 1.8).



**Рис. 1.8. Нория: 1- конвейерная лента; 2 – ковш; 3 – приводной барабан; 4 – башмак (основание), в котором устанавливается ведомый барабан с натяжным устройством**

Поворотный ленточный конвейер применяется для перемещения грузов в различных направлениях (рис. 1.9).



**Рис. 1.9. Поворотный конвейер**

Поворотный ленточный конвейер используется практически на любом производстве, так как позволяет правильно организовать конвейерные системы и логистические пути. Часто на производстве применяются радиальные ленточные конвейеры, один конец которых поворачивается; он может быть установлен на колесах или направляющих, расположенных по всей длине и позволяющих осуществлять движение по дуге в горизонтальной плоскости. Посредством использования поворотного оборудования можно создавать конвейеры со сложной траекторией движения: Г-, L-, U-, Z- образные и др. Конвейеры с модульной лентой (рис. 1.10) обеспечивают поворот в любом направлении на любой угол до 180 градусов.

Преимущества конвейеров с модульной лентой:

- 1) высокий уровень износостойкости, а следовательно, большой эксплуатационный ресурс;
- 2) стойкость к воздействию кислот, жиров и маслянистых субстанций;

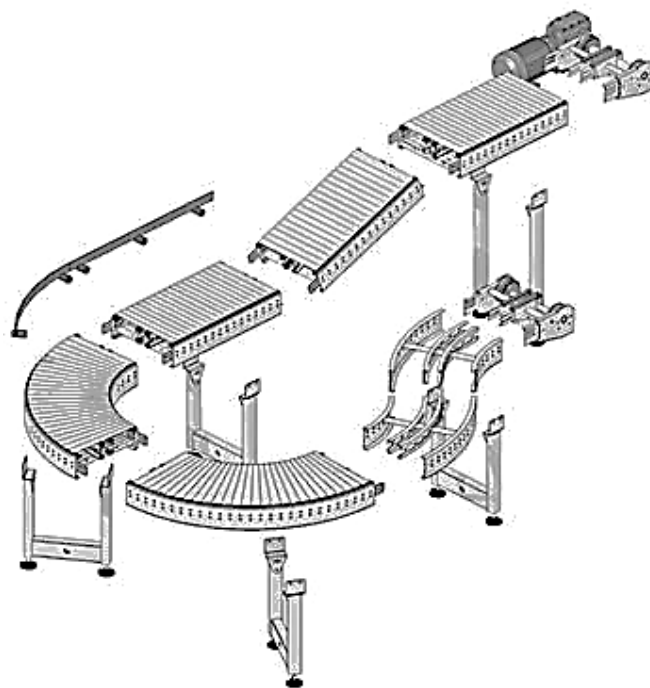
легкая замена отдельных модулей, что существенно снижает затраты на ремонт;

3) оборудование пригодно для эксплуатации в самых тяжелых условиях.



**Рис. 1.10. Конвейер с модульной лентой**

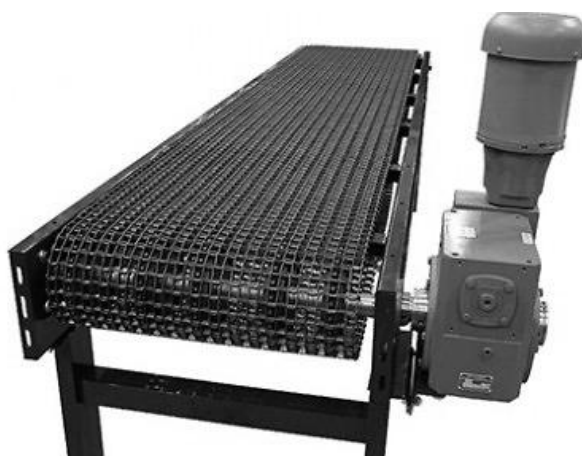
Такой вид конвейеров применяется в различных отраслях промышленности, в том числе в пищевой. Благодаря модульной системе сборки они позволяют создавать гибкие линии длиной до 400 метров, огибать углы, менять направление перемещаемого груза (рис. 1.11), а также перемещать груз с одной линии на другую.



**Рис. 1.11. Гибкий модульный конвейер**

В химической и пищевой промышленности используются конвейеры, где в качестве транспортирующего элемента используется металлическая сетка (рис. 1.12). При этом конвейерная линия может быть расположена так же, как и в модульном конвейере горизонтально, под наклоном или с изгибами (Г-, L- и Z-образные). Преимущества сетчатого конвейера:

- 1) точный ход, не требующий дополнительного обслуживания;
- 2) свободная проницаемость тепла, холода, воздуха или жидких агентов, благодаря открытой структуре сетки;
- 3) легкое обслуживание;
- 4) долговечность срока службы;
- 5) широкий температурный диапазон (от  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+1120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).



**Рис. 1.12. Сетчатый конвейер**

Передвижной ленточный конвейер оснащается колесами для свободного передвижения в пространстве (рис. 1.13). Это позволяет производить разгрузку в любом удобном месте. Конвейер легко устанавливается под борт грузового



транспорта. Этот вид транспортеров применим для разгрузки сыпучих, штучных и кусковых грузов.

Отметим, что производительность ленточных конвейеров достигает 30000 т/час. По ширине конвейерные ленты используются от 300 мм (узкие) до 2000 мм (широкие). Конвейеры перемещают груз с разной скоростью, от 0,5 до 5 м/с.



**Рис. 1.13. Передвижной ленточный конвейер**

Специальные виды конвейеров. Конвейеры со столиками (рис.1.14) – оборудование для сортировочных цехов. Ленточный транспортер для сыпучих, кусковых и пищевых материалов может быть оснащен статичным или раздвижным столом.



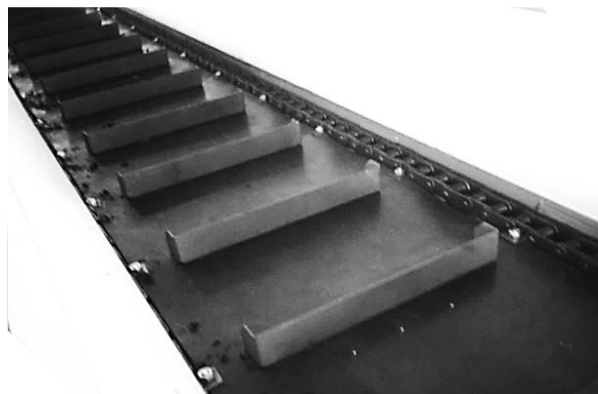
**Рис. 1.14. Конвейер с сортировочным столом**

Телескопические конвейеры с регулируемой длиной часто применяются на разгрузочно-погрузочных работах (рис. 1.15).



**Рис. 1.15. Телескопический конвейер**

Ленточно-цепной конвейер (рис. 1.16) может транспортировать насыпные грузы на большие расстояния бесперегрузочного перемещения груза при использовании ленты с малым числом прокладок [5].



**Рис. 1.16. Ленточно-цепной конвейер**

Большая длина транспортирования обуславливается тем, что движение осуществляется путем зацепления цепи со звездочками, а не за счет трения ленты о приводной барабан. Преимуществом также является то, что на один неразрывный контур ленты можно установить несколько цепных контуров и стыковка ленты не является проблемой. Минимальный радиус кривизны траектории ленточно-цепных конвейеров в плане 4–8 м, ширина ленточного

полотна 650–1000 мм. Однако в этих конвейерах ограничена скорость движения полотна из-за тяжелой, многозвенной цепи (1–1,2 м/с), поэтому максимальная производительность 300–500 т/час. В связи с появлением высокопрочных синтетических с удлинением до 1,5% и резиновых лент ленточно-цепные конвейеры применяются ограниченно.

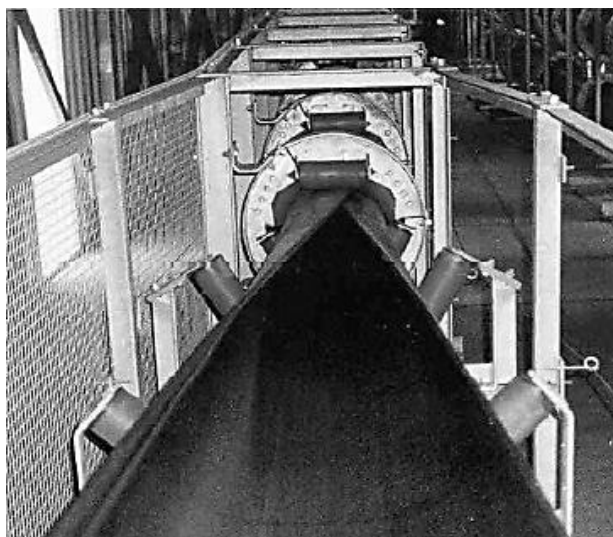
К специальным конструкциям относятся конвейеры закрытого типа. Закрытый ленточный конвейер предназначен для безопасной, щадящей и эффективной транспортировки сухих, сыпучих материалов. Компания Hi Roller (США), входящая в группу AGI, имеет более чем 30-летний опыт по предоставлению эксклюзивных решений в разработке и производстве закрытых ленточных конвейеров для промышленных предприятий. Ленточный конвейер (рис. 1.17) полностью закрыт, задерживает пыль и другие загрязнители.



**Рис. 1.17. Закрытый ленточный конвейер Hi Roller**

Лента аккуратно транспортирует сыпучие материалы к точке выгрузки. Возвратная лента скользит по антистатической возвратной прокладке и постоянно очищает дно от пыли и загрязнений. Закрытые ленточные конвейеры Hi Roller производительностью от 111 до 1400 т/ч имеют уникальные ролики, которые позволяют всем подшипникам быть изолированными от внутренней пыли и загрязнений [6].

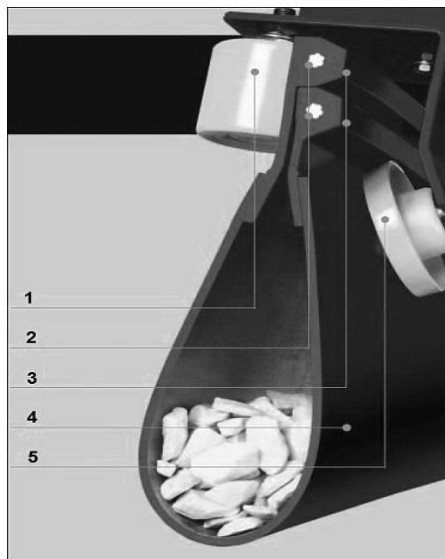
К закрытому типу относятся трубчатые ленточные конвейеры (ТЛК), которые применяются для транспортирования экологически вредных и химически опасных материалов, а также для рассыпного груза: угольной крошки, дробленой руды, гипса, щебня, песка, пастообразных материалов и т. д. [7]. Особенность конструкции ТЛК состоит в том, что конвейерная лента сворачивается в трубу системой специальных роликов, а ее края образуют в верхней части трубчатой поверхности зону перекрытия (края ленты перекрывают друг друга внахлест), в которой находится транспортируемый груз (рис. 1.18).



**Рис. 1.18. Трубчатый ленточный конвейер**

Для решения экологически вредных задач и уменьшения поперечных размеров холостая ветвь ленты конвейера специальными роликами переворачивается загрязненной стороной внутрь до полузамкнутого сечения по всей трассе с возвратом в исходное положение перед концевым барабаном [8]. Аналогичное транспортирование груза в замкнутом контуре может осуществляться на подвесной ленте, если конструкция конвейера имеет закрывающуюся ленту, в края которой завулканизированы тросы – Sicon (рис. 1.19). В данном случае трос не выполняет непосредственно тянущую функцию, но берет на себя нагрузку растяжения при перемещении ленты и тем самым

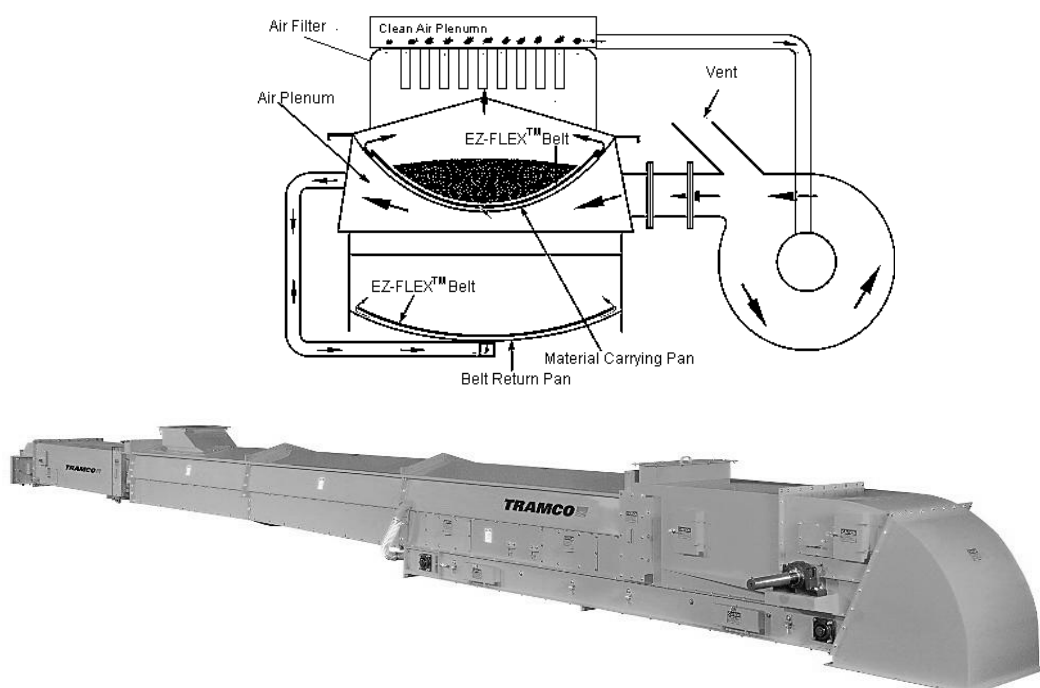
полностью снимает эту функцию со средней части ленты. Края ленты с тросами имеют каждый свой профиль, и при складывании ленты вдвое образуют своеобразный замок, а лента образует закрытую каплевидную форму.



**Рис. 1.19. Конвейер с подвесной закрывающейся лентой: 1 - вертикальный направляющий ролик; 2 - два завулканизированных стальных троса; 3 - два профиля; 4 - часть конвейерной ленты; 5 - установленные под уклоном опорные ролики, которые закрывают ленту**

Перспектива создания конвейеров высокой производительности и большой протяженности при одновременном снижении удельного расхода энергии и металла при использовании лент нормальной прочности ограничивается возможностями традиционных конструкций. Ленточные конвейеры традиционных конструкций имеют одну особенность: с увеличением ширины ленты шаг роlikоопор уменьшается, их масса возрастает. В обычных условиях масса роlikоопор составляет в среднем 22–35% общей массы, стоимость – 17–25% от стоимости конвейера. При увеличении скорости движения ленты более 3,0 м/с требуется повышенная точность изготовления и динамическая балансировка роlikоопор и барабанов. В связи с этим актуальными являются разработки высокоскоростных ленточных безроlikовых конвейеров, поддержание

грузонесущего органа в которых осуществляется за счет энергии сжатого воздуха (жидкости), подаваемого под ленту. Конструктивных решений ленточных конвейеров с воздушной подушкой (ЛКВП) на уровне патентных предложений и авторских свидетельств позволяет составить их классификацию: камерные, сопловые и точно-распределенные. Однако в основном в производстве применяются камерные ЛКВП. Принцип работы конвейера JetBelt (фирма Tramco – США международного холдинга ADEPT GROUP) представлен на рис. 1.20.



**Рис. 1.20. Ленточный конвейер JetBelt с камерной воздушной подушкой**

Лента этого конвейера движется на воздушной подушке в закрытом стальном кожухе. Такая система имеет множество преимуществ: высокая производительность; экономия до 50% энергии; бесшумное перемещение сыпучих грузов на расстояния свыше 200 м без образования пыли; температурный диапазон: от  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+30^{\circ}\text{C}$ ; производительность 800 м<sup>3</sup> сыпучих грузов в час. Эти конвейеры применяются в России с 2005 г. и поставляются компанией «Адепт–Групп» – Ростов на Дону [9].

Серийный выпуск конвейеров на воздушной подушке для транспортировки сыпучих грузов налажен в Нидерландах (Sluis), Великобритании (Simon Carves и Numec), Китае (JINGU, рис.1.21), Германии (Vecobelt, завод Vecoplan AG) – эксклюзивный представитель ООО "Альянс Форест СПб" (Россия) [10, 11] и др.



**Рис. 1.21. Конвейер ленточный на воздушной подушке (Китай), система погрузки зерна насыпью с производительностью 500 т/ч**

Все выпускаемые конвейеры закрытого типа отвечают требованиям экологической и химически вредной безопасности, особенно на опасных объектах, что соответствует требованиям технического регламента о безопасности машин и оборудования. В то же время высокое качество продукции должно быть подтверждено сертификатами соответствия по системе менеджмента качества ISO 9001.

## **2. КОНВЕЙЕРНАЯ ЛЕНТА**

Конвейерная лента является важнейшей составляющей деталью ленточного конвейера. Лента является одновременно грузонесущим и тяговым органом ленточного конвейера. Ее прочный материал помогает

транспортировать самые разнообразные сыпучие, кусковые и штучные грузы. Конвейерная лента позволяет перемещать материалы на большие расстояния. Ее применение делает производственный процесс экономичным и фактически бесперебойным. Материалы и конструктивные особенности лент зависят от типа транспортируемой продукции. Лента выполняет передвижение груза на всей собственной протяженности горизонтально, наклонно под легким наклоном или прямым углом. Конвейерные ленты применяются практически во всех сферах промышленности. Без них сложно представить химическое и пищевое производство.

Конвейерные ленты должны обладать высокой прочностью для обеспечения передачи тягового усилия, поперечной гибкостью, способствующей образованию желоба, ограниченным удлинением для обеспечения минимального хода натяжных устройств конвейера, износостойкостью обкладки, стойкостью к ударным нагрузкам, порезам и порывам, расслоению, гниению, плесени, воздействию микроорганизмов и насекомых, окружающей среды. Ленты должны иметь минимальную толщину для уменьшения возможности расслоения при огибании барабанов, сохранять прочностные и геометрические характеристики в процессе эксплуатации. Оптимальной считается конвейерная лента, имеющая минимальную стоимость и достаточную долговечность. Специальные типы лент должны обладать также негорючестью, сохранять работоспособность при низких температурах, иметь низкое набухание в различных средах, обеспечивать, возможно, более длительное сопротивление тепловым нагрузкам, позволять транспортирование неупакованных пищевых продуктов. Эксплуатационные требования, предъявляемые к конвейерным лентам, обуславливают применение соответствующих резин и армирующих материалов в тяговом слое.

Основные требования, предъявляемые к конвейерным лентам:

1) высокая прочность в направлении действия тягового усилия;



- 2) высокая продольная жесткость при растяжении для обеспечения малого упругого удлинения при рабочих нагрузках и, следовательно, небольшого хода натяжного устройства;
- 3) эластичность ленты в продольном и поперечном направлении;
- 4) малое остаточное удлинение в процессе эксплуатации;
- 5) высокая усталостная прочность;
- 6) сопротивляемость ударным нагрузкам в зоне загрузки конвейера и при прохождении роlikоопор;
- 7) устойчивость обкладок ленты против абразивного износа;
- 8) малые гистерезисные потери при деформировании ленты на трассе конвейера;
- 9) сохранение геометрических и прочностных свойств в процессе длительной эксплуатации.

В некоторых случаях к ленте предъявляются особые требования, например, морозостойкость, теплостойкость, огнестойкость, стойкость к агрессивным средам и др. Важнейшими расчетными параметрами ленты являются: ширина, количество прокладок каркаса, прочность при разрыве, относительное удлинение и толщина обкладок. Ширина ленты определяется природой и фракцией материала, который может транспортироваться данной лентой и принимается расчетным путем в зависимости от скорости транспортирования груза, производительности конвейера. Прочность на разрыв (максимальное усилие, которое можно длительно допустить в данной ленте) определяет максимальную возможную длину конвейера, установленную мощность, конструкцию привода, а с учетом относительного удлинения ленты – конструкцию натяжного устройства. Прочность ленты на разрыв определяется типом основы и числом прокладок или тросов в ней. Совершенствование лент происходит путем повышения их номинальной прочности при разрыве, износостойкости, уменьшения относительного удлинения и специальных промышленных требований. В зависимости от методики производства конвейерная лента бывает нескольких видов:

резинотканевая, резинотросовая, модульная, сетчатая. По типу несущей поверхности: с прямой гладкой поверхностью ленты, с рифленой поверхностью ленты, с шевронной поверхностью ленты, с перегородками (захватами), с гофробортом (бортиками).

## **2.1. Резинотканевые ленты\***

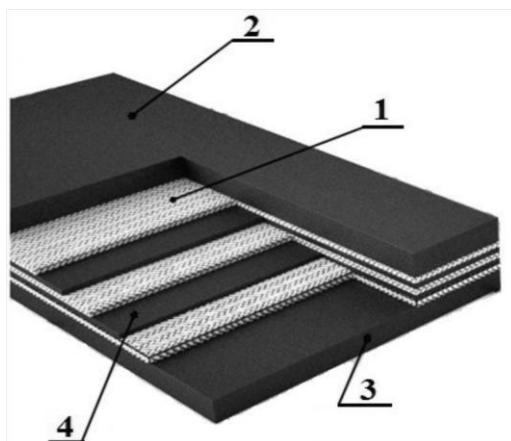
На производствах в основном используется резинотканевая лента, т.к. она обладает небольшим весом, гибкостью, эластичностью, прочностью, при необходимости имеет специальные покрытия, рифления, шевроны, гофроборта, является относительно дешевым изделием. Резинотканевые ленты по сравнению с резинотросовыми имеют меньшую массу на 25-30%, что позволяет экономить электроэнергию при эксплуатации, снижает риск самовоспламенения лент (при повреждении резинотросовой ленты происходит искрение металлических тросов).

От условий эксплуатации зависит количество специальных прокладок. Более прочная и долговечная резинотканевая лента в каркасе может иметь до 6 – 8 слоев тканевых прокладок.

Резинотканевые ленты имеют тяговый каркас, состоящий из пакета тканевых прокладок с промежуточным резиновым слоем и обкладок (рис. 2.1) [3]. Каркас является самой важной частью конвейерной ленты, так как он обеспечивает прочность на разрыв и удлинение, необходимую при работе ленты под нагрузкой, а также общую и поперечную жесткость, требуемую для транспортировки груза.

Прочный каркас позволяет увеличить надежность металлических соединений и/или крепежных деталей.

\* - Так как резинотросовые ленты редко применяются в химической и пищевой промышленности, поэтому описание конструкций этих изделий в учебном пособии не приводится.



**Рис. 2.1. Многопрокладочная резинотканевая лента:**

**1 – тканевые прокладки; 2 – резиновая рабочая обкладка; 3 – резиновая нерабочая обкладка; 4 – резиновый промежуточный слой (сквидж)**

Тканевые прокладки многослойных лент состоят из нитей основы, расположенных вдоль ленты, и поперечных уточных нитей, переплетающих и огибающих основные несущие нити. Конструктивное и технологическое исполнение основных и уточных нитей определяет тип ткани. Ткань по основе и утку имеет различную прочность и удлинение. Для обеспечения лучшего желобообразования и ударной прочности используют по основе полиэфирные нити, а по утку – полиамидные.

Тканевые прокладки тягового каркаса современных отечественных и зарубежных резинотканевых конвейерных лент в большинстве случаев изготавливают из тканей на основе синтетических волокон, получаемых в результате переработки нефти, природного газа, каменного угля.

Резинотканевые ленты могут быть как многопрокладочными, двухпрокладочными, так и однопрокладочными повышенной прочности. Между прокладками имеются резиновые прослойки, которые объединяют элементы каркаса и гарантируют максимальную адгезию каркаса и обкладки, устойчивость к ударным и разрывным нагрузкам. Ткани перед обрезиниванием обрабатывают пропиточными составами. Обкладка резиновая рабочая защищает изделие от износа, повреждений, воздействия агрессивных сред, погодных и атмосферных нагрузок, а также выполняет технологические

функции, например, создает определенное трение между транспортируемым материалом и поверхностью ленты. Выбор материала обкладки определяется условиями, в которых конвейерная резинотканевая лента будет эксплуатироваться. Рабочая обкладка может быть со специальным покрытием. Обкладка опорная – нерабочая резиновая гарантирует сохранность и целостность грузонесущего узла, оберегает поверхность от вмятин и повреждений, а также создает определенные фрикционные тяговые условия на ведущем барабане. Конструкция ленты может иметь специальные конструктивные дополнения в виде бреккерных прокладок (разреженная ткань), заложенных между тканевым каркасом и рабочей обкладкой. Введение бреккера повышает прочность связи между обкладкой и тканевым каркасом и увеличивает сопротивление ленты пробою, а также увеличивает поперечную прочность ленты. Конвейерные ленты могут иметь резиновый борт, который предохраняет изделие от расслаивания и деструктивного воздействия агрессивных сред.

Транспортирующие ленты имеют различия по типу исходного волокна, используемого при изготовлении кордовой ткани и ее плетении. Для производства высокопрочных кордовых тканей в последнее время применяются синтетические волокна. Российские предприятия в серийном производстве конвейерных лент применяют полиамидные и комбинированные ткани. Вид кордной ткани из синтетических волокон маркируется следующим образом. Полиамидная группа (ГОСТ 18215-80): ТК – капрон, ТА – анид, полиамид (Р) и нейлон (N). Полиэфирная группа: ТЛ – лавсан, ТЛК – лавсано-капрон (лавсан по основе, капрон по утку), Е – полиэстер, БКНЛ (ГОСТ 19700-74) – бельтинг из комбинированных нитей лавсана (нити лавсана обмотаны бельтингом, представляющим собой суровую хлопковую ткань гарнитурного плетения). Тип ткани БКНЛ в настоящее время применяется реже по сравнению с тканями типа ТК, ТЛК, ЕР, ЕРР и др. В последнее время выпуск кордовых тканей для транспортерных лент налажен на основе синтетических материалов, таких как полиэстер (Е), полиамид (Р) и нейлон (N). Если основа состоит из Е, а уток из Р,

ткань маркируется EP, при двойном плетении – EPP. При использовании только полиамидных волокон маркировка – PP, только волокон нейлона – NN. Также при изготовлении кордной ткани используются арамидные волокна (D). Арамидные волокна (группа ароматических полиимидов) имеют самое низкое относительное удлинение и составляют  $\delta = 1,3-1,5\%$ , все другие синтетические волокна –  $\delta = 1,5-3,5\%$ .

Конвейерную ленту изготавливают производители ОАО «Курскрезинотехника», ОАО «Уральский завод резиновых технических изделий» (Екатеринбург), ЗАО «Ярославль-Резинотехника», ЗАО «Краснодарский завод РТИ», а также используется в конвейерах импортная лента производства ОАО «Сараньрезинотехника» (Казахстан), Contitech (Германия), Sava (Словения), Gummilabor (Италия), Fenner Dunlop (Австралия), AMMERAAL (Голландия), YOKONAMA (Япония), C&T Chemical Company, Inc., Habasit (США) и др.

Общепризнанным стандартизирующим нормативно-техническим документом для резинотканевой ленты общего назначения является ГОСТ 20-85 (Ленты конвейерные резинотканевые). На его основе разработано большое количество технических условий ТУ 2561-216-00149-245-96, ТУ 2561-002-43283095-98, ТУ 38 305146-01, ТУ 38 305138-99 и др.

В зависимости от условий эксплуатации и назначения резинотканевые ленты изготавливают четырех типов: 1, 2, 3, 4 и следующих видов: общего назначения – (X,Y)\*, морозостойкие – M(R), теплостойкие – T(T), трудновоспламеняющиеся – Ш(S), трудносгораемые – ШТС для угольных и сланцевых шахт, морозостойкие – M(R), трудновоспламеняющиеся морозостойкие – ШМ, кислотощелочестойкие – КЩ(С), масло-жиростойкая – МС(G), маслотеплостойкие – МСТ, пищевые – П(А), для химических материалов – С(С), антистатическая – (Е) и др.

Ленты типа 1 предназначены для тяжелых 1.2 и очень тяжелых – 1.1 условий эксплуатации в шахтах, рудниках при транспортировании

\* - В скобках обозначение по DIN 22102.

крупнокускового груза горных пород, руды черных и цветных металлов, угля, антрацита и др. материалов. 1.1– ленты должны иметь под рабочей резиновой обкладкой защитную прокладку из ткани – бреккер, обеспечивающую номинальную прочность по основе и утку 200–300 Н/мм.

1.2 – ленты должны иметь защитную прокладку из ткани с номинальной прочностью по основе и утку 200 Н/мм или бреккерную прокладку с номинальной прочностью по основе 40 Н/мм и по утку 100 Н/мм.

Ленты многопрокладочные с двухсторонними резиновыми обкладками и бортами типа 2, которые используются для средних условий эксплуатации: 2.1, 2.2 и для легких условий – 2.Л (табл. 2.1).

Ленты типа 3 – многопрокладочные с односторонней обкладкой и нарезными бортами широко используются для общего назначения (в том числе химической и пищевой промышленности) в легких условиях эксплуатации.

Ленты типа 4 – одно- и двухпрокладочные ленты с двухсторонней обкладкой и нарезными бортами в основном используются также в легких условиях эксплуатации для сельскохозяйственной и пищевой промышленности.

Типы и виды лент согласно ГОСТ 20 – 82 приведены в табл. 2.1 (данные ленты тип 1 не приводятся, так как содержание учебного пособия не предусматривает описание ленточных конвейеров, применяемых в шахтах, рудниках, разработках горных пород и т.д.).

Ткани покрываются специальными слоями, которые защищают полотна от воздействия окружающей среды или контактов с перевозимыми грузами. Эти грузы могут быть сыпучими, жидкими, твердыми, с различной температурой. Поэтому и покрытие должно выдерживать воздействия всех этих факторов. В качестве защитных слоев используются следующие материалы: поливинилхлорид; полиуретан; силиконовое покрытие; резиновое покрытие. Поперечные стыки тяговых (тканевых) прокладок должны быть расположены под углом от 45° до 70° к продольной оси ленты. В лентах длиной 80 м и более допускается не более одного стыка на одной из внешних прокладок и не более двух стыков на каждой из внутренних прокладок каркаса.

Таблица 2. 1

## Типы и виды транспортерных лент

Тип ленты	Основные характеристики ленты	Вид транспортируемого материала, груза	Категория условий эксплуатации	Вид ленты	Обозначение ленты	Тип ткани тяговой прокладки каркаса с прочностью по основе, Н/мм	Класс резины	
1	2	3	4	5	6	7	8	
2	Многопрокладочная с двухсторонней резиновой обкладкой и резиновыми бортами	Горные породы (фракция до 100 мм), известняк, доломит, кокс, агломерат, шихта, абразивные м-лы (фракция размером до 150 мм) и штучные грузы	Средняя	Общего назначения	2.1	Синтетические, 100-300	А И,Б И,Б	
				Морозостойкая	2М		М М	
				Общего назначения	2.2	Синтетические, 100-300 или комбинированные (полиэфирхлопок), 55	И,Б И,Б М	
				Морозостойкая	2М		М	
				Трудновоспламеняющаяся	2Ш	Синтетические, 100-300	Г-1	
				Трудновоспламеняющаяся морозостойкая	2Ш М	Синтетические, 100-300	Г-2	
		Материалы с температурой до 100°C						
		Высокоабразивные и абразивные			Теплостойкая	2Т1	Синтетические, 100-300	Т-1
		Малоабразивные и неабразивные						
		Высокоабразивные и абразивные				2Т2	Синтетические, 100-200	Т-2
		Малоабразивные и неабразивные						
		Материалы с температурой до 150°C <sup>4</sup>						
		Высокоабразивные и абразивные			Теплостойкая	2Т2	Синтетические, 100-200	Т-2
		Малоабразивные и неабразивные						
		Материалы с температурой до 200°C <sup>4</sup>						
		Высокоабразивные и абразивные			Теплостойкая	2Т3	Синтетические, 100-300	Т-3
Малоабразивные и неабразивные								

**Окончание табл. 2.1**

1	2	3	4	5	6	7	8
		Малоабразивные материалы, в том числе продукты сельского хозяйства, неабразивные мелкие, сыпучие и пакетированные материалы	Легкие	Общего назначения	2Л	Синтетические, 100-200 или комбинированные (полиэфирхлопок), 55	И,Б И,Б
	Многопрокладочная с двухсторонней резиновой обкладкой, резиновыми или нарезными бортами	Малоабразивные материалы, в том числе продукты сельского хозяйства, неабразивные мелкие, сыпучие и пакетированные материалы Малоабразивные и неабразивные материалы, в том числе продукты сельского хозяйства, мелкие сыпучие и пакетированные материалы	легкие	Морозостойкая	2ЛМ	Синтетические, 100-200 или комбинированные (полиэфирхлопок), 55	М
Пищевая				2ПЛ	П		
Общего назначения				2Л	И,Б		
3	Многопрокладочная с односторонней резиновой обкладкой и нарезными бортами	Малоабразивные и неабразивные материалы, в том числе продукты сельского хозяйства, мелкие сыпучие и пакетированные материалы Малоабразивные и неабразивные мелкие и сыпучие материалы, в том числе продукты сельского хозяйства только на конвейерах со сплошным опорным настилом		Пищевая	3П	Синтетические, 100 или комбинированные (полиэфирхлопок), 55	П П
				Общего назначения	3		И,Б
4	Одно- и двухпрокладочные с двухсторонней резиновой обкладкой и нарезными бортами	Малоабразивные и неабразивные мелкие и сыпучие материалы, в том числе продукты сельского хозяйства только на конвейерах со сплошным опорным настилом. Пакетированные материалы		Общего назначения	4		С
				Пищевая	4П		С
				Общего назначения	4		П
		И,Б					
		Пакетированные материалы. Мелкие упакованные пищевые продукты		Общего назначения	4		С
				Пищевая	4П		П

Обычно конвейерная лента имеет резиновые обкладки. Условная прочность при растяжении резин для наружных обкладок лент приведена в



табл. 2.2. Прочность связи между тканевыми прокладками и резиной в ленте должна быть 6 Н/мм, а между обкладками и тканевым каркасом 5 Н/мм. После процесса пропитывания на верхнюю (рабочую) и нижнюю (приводную) поверхности ленты (обкладка) наносятся покрытия из ПВХ, полиуретана для защиты каркаса и увеличения срока службы. Тип, качество и толщина покрытия выбирается согласно условиям эксплуатации.

**Таблица 2.2**

**Условная прочность резины при растяжении, МПа**

Для резины класса										
А	Б	И	С	М	Т-1	Т-2	Т-3	Г-1	Г-2	П
24,5	19,6	15,0	10,0	14,7	11,0	10,0	11,0	14,7	14,7	9,8

Примечание.

Резины класса А, Б, И, С – общего назначения:

А – резина повышенной прочности для тяжелых условий эксплуатации конвейерных лент;

Б – резина повышенной прочности для средних условий эксплуатации транспортерных лент;

И – для нормальных условий эксплуатации конвейерных лент;

С – для легких условий эксплуатации конвейерных лент;

М – морозостойкая резина, для эксплуатации конвейерных лент при температуре до -60°C;

Т1 – теплостойкая резина, для эксплуатации транспортерных лент при температуре до +100°C;

Т2 – теплостойкая резина, для эксплуатации конвейерных лент при температуре до +150°C;

Т3 – теплостойкая резина, для эксплуатации транспортерных лент при температуре до +200°C;

Г1 – резина трудновоспламеняющаяся, применяется в угольных и сланцевых шахтах;

Г2 – резина трудновоспламеняющаяся и морозостойкая для угольных шахт;

П – пищевая резина, для транспортерных лент, контактирующих с продуктами питания.

Состав покрытий может быть подобран в целях соответствия международным требованиям по огнестойкости и химической

сопротивляемости. Также могут использоваться специальные полимерные покрытия для получения повышенной абразивной стойкости или противоскользких свойств. Возможно исполнение с покрытием одной или обеих поверхностей ленты нейлоновой тканью, что применимо в шинной промышленности, переработке рыбы и мяса, хлебопечении, вакуумной транспортировке, упаковке. Тип, качество и толщина покрытия выбирается согласно условиям эксплуатации.

Современные каркасные ткани на основе химических нитей используются для высоконапряженных конвейерных лент. Это позволило по сравнению с хлопчатобумажными тканями существенно повысить прочность при истирании и разрыве с одновременным снижением веса, обеспечить длительное сохранение свойств во всех климатических условиях, устойчивость к многократным деформациям, стойкость к действию микроорганизмов и химическим воздействиям.

Резинотканевая лента может обладать различными показателями максимально расчетной рабочей нагрузки тяговой прокладки в зависимости от режима эксплуатации конвейера, среднего угла наклона конвейера, вида ленты, числа тяговых прокладок каркаса, которые влияют на коэффициент запаса прочности транспортерной ленты (табл. 2.3).

**Таблица 2.3**

**Максимально допустимая рабочая нагрузка тяговой прокладки**

Вид ленты	Угол установки конвейера (по оси концевых барабанов), град	Число тяговых прокладок	Максимально допустимая рабочая (расчетная) нагрузка тяговой прокладки при номинальной прочности, Н/мм				
			400	300	200	100	55
Общего назначения, морозостойкая, пищевая, трудновоспламеняющаяся морозостойкая	От 0 до 10	До 5	50	36	25	12	7,0
		Св. 5	45	32	22	11	6,0
	От 10 до 18	До 5	45	32	22	11	6,0
		Св. 5	40	30	20	10	5,5
Теплостойкая:	От 0 до 18	От 3 до 6	-	20	13	10	-

Количество тяговых прокладок должно соответствовать требованиям ширины конвейерной ленты (табл. 2.4).

**Таблица 2.4**

**Количество тяговых прокладок резиноканевых лент**

Ширина ленты, мм	Количество тяговых прокладок для лент типа										
	1			2			3		4		
	Номинальная прочность тяговых прокладок, Н/мм										
	400	300	200	300	200	100	55	100	55	100	55
100, 200	-	-	-	-	-	-	-	2-5	2-4	1-2	1-2
300, 400	-	-	-	-	2-5	2-5	2-5	2-5	2-4	1-2	1-2
500, (600)	-	-	-	-	2-5	2-5	2-5	2-5	2-4	1-2	1-2
650, (700)	-	-	-	-	2-6	2-5	2-6	2-5	3-5	1-2	1-2
(750), 800	-	3-6	3-6	3-6	2-6	2-6	3-6	3-5	3-5	1-2	1-2
(900), 1000	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-5	3-5	1-2	1-2
(1100), 1200	3-6	4-6	4-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-5	3-5	1-2	1-2
1400	3-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	3-6	3-5	3-5	1-2	1-2
1600	3-8	4-8	5-6	3-8	3-6	4-6	3-6	3-5	3-5	-	-
(1800), 2000	4-8	4-8	5-6	3-8	5-6	4-6	3-6	3-5	3-5	-	-
(2250), 2500, 2750, 3000	5-6	5-6	5-6	4-6	5-6	4-6	3-6	-	-	-	-

Примечания:

1. Ленты, ширина которых указана в скобках, не должны применяться при проектировании новых конвейеров.
2. Для лент вида 2Ш, 2ШМ не допускается применять ткань прочностью 55 Н/мм.
3. Ленты двухпрокладочные с номинальной прочностью тяговых прокладок 200 и 100 Н/мм следует применять только для легких условий эксплуатации, соответствующих лентам типа 2Л и 2ЛМ (табл. 1).

В зависимости от количества тяговых прокладок определяется расчетная толщина каркаса транспортерной ленты (табл. 2.5).

**Таблица 2.5**

**Толщина резиноканевого каркаса ленты**

Количество тяговых прокладок каркаса	Толщина (расчетная), мм, резиноканевого каркаса из тканей							
	комбини-рованных (полиэфир/ хлопок)		синтетических (полиамид)			синтетических (полиэфир/полиамид)		
	Номинальная прочность тяговой прокладки по основе, Н/мм							
	55	400/100*	400/75*	300	200	100	300	200
1	1,2	-	-	-	-	1,1	-	-
2	2,4	-	-	-	3,2	2,2	-	3,2
3	3,6	9,0	6,0	5,7	4,8	3,3	6,3	5,1
4	4,8	12,0	8,0	7,6	6,4	4,4	8,4	6,8
5	6,0	15,0	10,0	9,5	8,0	5,5	10,5	8,5
6	7,2	18,0	12,0	11,4	9,6	6,6	12,6	10,2

Примечания: \* - прочность по основе (400) и утку (100 и 75).

В табл. 2.6 приводятся данные погонной массы конвейерных лент в зависимости от типа каркаса и числа прокладок.

Таблица 2.6

## Погонная масса конвейерных резиноканевых лент

Тип ткани тягового каркаса	Толщина наружных обкладок, мм	Число тканевых прокладок			
		3	4	5	6
<b>БКНЛ-65</b>	3,0/1,0	7,3	8,2	9,1	10,0
<b>БКНЛ-100</b>	4,5/2,0	9,7	10,6	11,5	12,4
<b>ГА-100</b>	5,0/2,0	11,6	12,8	14,0	15,2
<b>ТК-100</b>	6,0/2,0	12,8	14,0	15,2	16,4
	8,0/2,0	15,2	16,4	17,6	18,8
<b>ТК-200-2</b>	4,5/3,5	14,6	16,0	17,2	18,8
	6,0/2,0	13,4	14,8	16,2	17,6
	6,0/3,5	15,8	17,2	18,6	20,0
	8,0/2,0	15,8	17,2	18,6	20,0
<b>ТЛК-200</b>	6,0/2,0	14,0	15,6	17,2	18,8
	8,0/2,0	16,4	18,0	19,6	21,2
<b>ГА-300</b>	6,0/2,0	13,7	15,2	16,7	18,2
	6,0/3,5	16,1	17,6	19,1	20,6
	8,0/2,0	16,1	17,6	19,1	20,6
<b>ТЛК-300</b>	6,0/2,0	14,3	16,0	17,7	19,4
	8,0/2,0	16,7	18,4	20,1	21,8
<b>ТК-400</b>	6,0/2,0	14,0	15,6	17,2	18,8
	6,0/3,5	15,8	17,4	19,0	20,6
	8,0/2,0	16,4	18,0	19,6	21,2
	10,0/3,0	20,0	21,6	23,2	24,8
<b>МК-400-120-3</b>	6,0/2,0	18,8	21,0	23,2	25,4
	8,0/2,0	21,2	23,4	25,6	27,8
	10,0/3,0	24,8	27,0	29,2	31,4

Примечание. В графе «Толщина наружных обкладок» в числителе приведена номинальная толщина резиновой обкладки рабочей поверхности, а в знаменателе – нерабочей поверхности ленты.

Транспортерные ленты EP, состоящие из полиэфирных нитей основы и полиамидных нитей утка, обеспечивают малое растяжение, высокую прочность на разрыв и ударную прочность и позволяют использовать их для вулканизированных и механических соединений. Ленты Normalgum – Италия (поставщик ООО «Конвейер Снаб-СПб») состоят из нескольких слоев (2-5) тканевого каркаса EP (полиэстер/полиамид) с обкладками, который пригоден для высоких нагрузок, имеет низкую растяжимость с высокой поперечной эластичностью, способен смягчать местную деформацию от ударных нагрузок в загрузочных и перегрузочных зонах и т.д. и могут применяться при температуре от -35 до +80°C [12]. Резиновые обкладки конвейерных лент обладают особенными свойствами противостоять истиранию, износу, порезам даже при наличии высоких температур, стойкостью к маслам и кислотам. Техническая характеристика транспортерных лент Normalgum со следующими полезными рабочими нагрузками: 16, 21, 26, 32, 40 и 52 Н/мм ширины ленты представлена в табл. 2.7. Используются для транспортировки: известняка, цемента, бетона, кокса, шлака, щебня, инертных материалов, полезных ископаемых, осколков стекла, соли, влажного песка и т.д., в соответствии с количеством слоев тканевого каркаса. Ленты Normalgum выпускаются шириной: 300, 400, 450, 500, 600, 650, 700, 800, 1000, 1200, 1400, 1600 мм. В качестве высококачественных материалов предлагаются тканевые каркасы для конвейерных лент из чистого полиэфира. Например, корпорация REMA TIP TOP (Германия) поставляет конвейерные ленты DBP-POWAPLY с тканевым материалом типа EE (табл. 2.8). Ленты поставляются с резиновыми обкладками, которые хорошо проявляют себя в самых разных условиях эксплуатации: от областей применения с режущими и абразивными нагрузками до менее сложных случаев, когда на ленте транспортируются малоабразивные материалы [13].

Таблица 2.7

## Техническая характеристика транспортной ленты EP- Normalgum

Тип		EP-160	EP-200	EP-250	EP-315	EP-400	EP-500
Количество прокладок		2	2	2	3	3	4
Толщина обкладок	мм	2-1	3-2	4-2	4-2	4-2	5-2
Толщина ленты	мм	4,5	6,2	7,4	8	8,3	10,5
Вес ленты	кг/м <sup>2</sup>	5,2	7,4	8,8	9,6	10	12,6
Рабочее натяжение	Н/мм	16	20	25	32	40	52
Удлинение	%	1,3					
Диаметр приводного барабана	мм	200	250	250	315	315	500
Растяжение	%	2					

Таблица 2.8

## Техническая характеристика ленты DBP-POWAPLY

Тип ленты	Максимальное натяжение, кН/м	Параметр	Структурные слои				
			2	3	4	5	6
EE-200	20	Вес, кг/м <sup>2</sup>	2,5				
		Толщина, мм	1,8				
EE-250	25	Вес, кг/м <sup>2</sup>	2,6				
		Толщина, мм	1,9				
EE-315	32	Вес, кг/м <sup>2</sup>	2,7	3,7			
		Толщина, мм	2,2	2,9			
EE-400	40	Вес, кг/м <sup>2</sup>	3,3	4,0	5,0		
		Толщина, мм	2,6	3,1	4,1		
EE-500	50	Вес, кг/м <sup>2</sup>	3,4	4,1	5,3	6,3	
		Толщина, мм	2,5	3,6	4,3	5,2	
EE-630	63	Вес, кг/м <sup>2</sup>	3,9	4,9	5,5	6,6	7,5
		Толщина, мм	3,0	4,1	4,9	5,5	6,3
EE-800	80	Вес, кг/м <sup>2</sup>	4,7	5,1	6,6	6,9	7,9
		Толщина, мм	3,9	4,0	5,7	6,2	6,7
EE-1000	100	Вес, кг/м <sup>2</sup>	5,9	6,1	6,8	8,2	8,2
		Толщина, мм	4,7	5,1	5,5	7,2	7,6

Особый интерес представляют конвейерные ленты с кордной тканью из ароматических полиимидов или арамидного волокна. Арамидное полотно D совмещает высокую прочность, высокую эластичность и очень маленький вес при сравнении с металлическими каркасами ST аналогичной прочности. Техническая характеристика транспортной ленты Extra D представлена в табл. 2.9 [13].

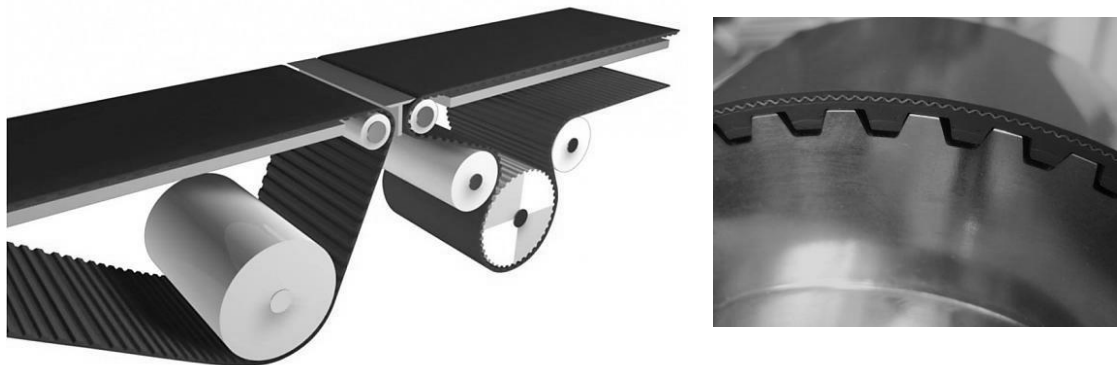
**Таблица 2.9**

**Техническая характеристика транспортной ленты Extra D**

Тип		D-800	D-1000	D-1250	D-1600	D-2000	D-2500
Толщина обкладок	мм	5-2	5-2	5-2	6-3	6-3	6-3
Толщина ленты	мм	8,4	9	10,6	13	14	15
Вес ленты	кг/м <sup>2</sup>	8,6	8,9	10,2	12,9	13,6	14,8
Рабочее натяжение	Н/мм	80	100	125	160	200	250
Удлинение	%	0,3					
Диаметр приводного барабана	мм	500	630	800	1000	1250	1500

Для того чтобы увеличить тяговую способность конвейерных лент и синхронной транспортировки без проскальзывания, нижняя сторона выполнена с приводными зубьями с общепринятым профилем как у зубчатых ремней. Например, конвейерная лента Ultrasync - США (рис. 2.2, 2.3) имеет следующие преимущества:

- возможность синхронного движения, без проскальзывания;
- снижение преднатяжения ленты;
- снижение энергозатрат и нагрузки на подшипниковые узлы;
- ширина до 1000мм;
- пищевой допуск.



**Рис. 2.2. Конвейерная лента Ultrasync**

Ленты Ultrasync (США) изготавливаются на основе корда из полиэстеровой ткани, для особо прочных лент в качестве корда используется ткань на основе арамида (кевлара).

В качестве обкладок используется термопластичный полиуретан Koranу:

- механически прочный материал, гибкий;
- устойчив к маслам и жирам, пищевой, класс химической стойкости ”+++”.

Amtel (термопластичный эластомер):

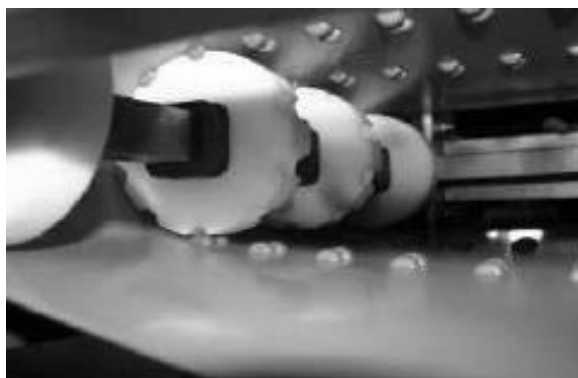
- твердость 90 по Шору, температурный диапазон -20 - +110°С;
- механически очень прочный материал;
- гибкий при низких температурах;
- устойчив к маслам и жирам, пищевой, класс химической устойчивости ”+++++”.



**Рис. 2.3. Применение ленты Ultrasync в хлебопечении**



Аналогом увеличения тяговой способности конвейерной ленты являются специальные выступы на внутренней стороне, которые зацепляются с роликами, имеющими соответствующие пазы, например, конструкция ленты Soliflex PRO (США), что гарантирует отсутствие риска проскальзывания (рис. 2.4). Структура ленты выполнена из смеси полиуретана и полиэстера, которые отличаются устойчивостью к загрязнениям, также они не впитывают посторонние запахи и сохраняют гладкость поверхности (ввиду устойчивости к порезам и царапинам) на протяжении длительного времени. Применяются ленты Soliflex PRO во всех областях промышленности с высокими санитарно-гигиеническими нормами, в том числе на фабриках птице- и мясопереработки, в молочном производстве, хлебопекарнях, на овощных базах.



**Рис. 2.4. Конструкция ленты Soliflex PRO**

Обозначение резиноканевых конвейерных лент производится в соответствии с ГОСТ 20 – 80 в следующей последовательности: тип ленты, ширина, количество тканевых прослоек, тип ткани и прочность на разрыв, толщина рабочей и опорной обкладок, класс резины обкладок, вид борта (указывается только для лент типа 2: «РБ» – резиновый борт; «НБ» – нарезной борт).

Примеры условных обозначений.

Лента конвейерная, типа 2, теплостойкая, шириной 800 мм с шестью прокладками из ткани ТК-100, с рабочей обкладкой толщиной 8 мм и нерабочей 2 мм из резины класса Т-1 с нарезным бортом:

*Лента 2Т1-800-6-ТК-100-8-2-Т-1-НБ ГОСТ20-85.*

То же, типа 3, общего назначения, шириной 800 мм с тремя прокладками из ткани ТК-100, с рабочей обкладкой 3 мм из резины класса Б:

*Лента 3-800-3-ТК-100-3-Б ГОСТ 20-85.*

То же, типа 4, пищевая, шириной 500 мм с двумя прокладками из ткани БКНЛ-65, с рабочей обкладкой толщиной 2 мм и нерабочей 1 мм из резины класса П:

*Лента 4П-500-2-БКНЛ-65-2-1-П ГОСТ 20-85.*

То же, типа 2, легкая, шириной 800 мм с двумя прокладками из ткани ЕР-200, с рабочей обкладкой толщиной 3 мм и опорной 1 мм, из резины класса И с резиновым бортом

*Лента 2Л -800-4-ЕР-200-3-1-И-РБ ГОСТ 20-85*

В обозначении импортных конвейерных лент первым маркировочным знаком ставится ширина ленты, мм; затем тип ткани; разрывная прочность, Н/мм; после этого через дробь указывается количество тканевых прокладок; толщина рабочей обкладки, мм; через + толщина опорной обкладки, мм; тип резины по DIN 22102 и может указываться класс покрытия.

Пример условного обозначения.

Конвейерная лента шириной 800 мм из ткани ЕР-400, разрывная нагрузка 400 Н/мм, корд ленты с тремя прокладками и обкладками с рабочей стороны толщиной 4 мм, с опорной стороны 2 мм из резины класса Y (абразивостойкой):

*Лента 800 ЕР-400/3 4+2 Y DIN 22102*

То же, шириной ленты 1800мм, корд ленты выполнен из ткани ЕР-800, разрывная нагрузка 800 Н/мм, корд ленты состоит из четырех слоев, толщины обкладок составляют с рабочей стороны 6 и с опорной 4мм, класс качества резины X (абразивостойкая):

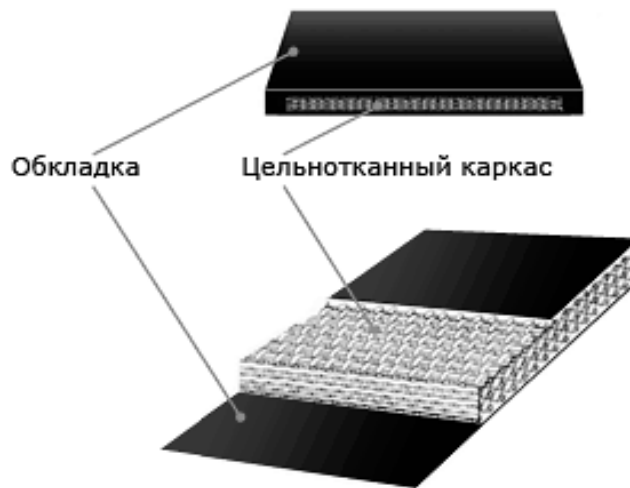
*Лента1800 ЕР-800/4 6+4 X DIN 22102*

То же, шириной ленты 500 мм из ткани D-800 с двумя прокладками, с рабочей обкладкой 5 мм, с опорной обкладкой 2 мм из резины А (для пищевых продуктов):

*Лента 500 D-800/2 5+2 А DIN 22102*

В настоящее время в конвейерах общего назначения широко используется конвейерная лента с цельнотканым каркасом. Конвейерная лента, изготовленная по технологии цельнотканого каркаса, имеет ряд преимуществ по сравнению с многопрокладочными и резиносососовыми лентами. При одинаковых прочностных характеристиках они имеют в 1,5 и более меньший вес, что в свою очередь: снижает погонную нагрузку, потребление электрической энергии. Цельнотканый каркас обеспечивает высокую внутреннюю прочность сцепления и сопротивление перегибу, хорошо выдерживает ударные нагрузки, при этом возможно применение барабанов меньшего диаметра. Уникальная технология производства ленты не позволяет проникновению влаги в каркас, что существенно увеличивает срок её службы по сравнению с многопрокладочными конвейерными лентами (в среднем в 1,5-2 раза). Основу ленты составляет цельнотканое полотно повышенной прочности, пропитанное пастой ПВХ (поливинилхлорид) (рис. 2.5). В качестве внешней оболочки (обкладки) в зависимости от назначения и условий эксплуатации используется резина или ПВХ. Каркас и резиновая обкладка соединяется в ленту методом вулканизации. Для производства данного типа конвейерных лент используется 3 вида ПВХ:

- антистатичный ПВХ – инновационный материал, обеспечивает свойство антистатичности не только корда, но и рабочей поверхности ленты;
- ПВХ с повышенной абразивоустойчивостью (плотность 74-92 А);
- ПВХ с повышенной масложиростойкостью.



**Рис. 2.5. Конвейерная лента с цельнотканым каркасом**

Конвейерная лента с цельнотканым каркасом изготавливается многими зарубежными и отечественными компаниями. ООО «РУСКОНБЕЛЬТ» - М., FLIESSBAND GmbH – С-П. поставляют конвейерные ленты, изготовленные из различных эластомерных материалов (специальные виды резины) на основе кордов из полиамидных, полиэстеровых тканей и системы Zip Link - США стабильного каркаса из полиэфирного моноволокна (инновационная конструкция конвейерных лент заключается в мгновенном соединении: быстро, просто, качественно). Данные ленты обладают превосходной функциональностью, длительным сроком службы и высокими эксплуатационными качествами:

- диапазон рабочих температур  $-40^{\circ}\text{C}$   $+150^{\circ}\text{C}$ ;
- сохраняет одинаковые свойства по всей длине ленты;
- может быть использован на плоских и на желобчатых конвейерах;
- исключительно высокая боковая устойчивость Zip Link, что значительно упрощает выдерживание ровного хода ленты;
- большой выбор защитных покрытий.

Незаменимы при работе в тяжёлых условиях и специфических областях применения.

Основные отрасли применения:

- автомобильная промышленность;
- сельское хозяйство;
- химическая промышленность;
- деревообработка;
- пищевые производства.

Специальные ленты для пищевой промышленности, имеющие допуск для прямого контакта с продуктом:

Butyl – рабочее покрытие из бутиловой резины; применяются в производстве молочных изделий, для заморозки: мороженое, фрукты, овощи, пельмени и т.д. (рис. 2.6);



**Рис. 2.6. Применение конвейерной ленты с покрытием Butyl**

Silam HVS ленты с силиконовым покрытием; эти ленты незаменимы: при производстве карамельных изделий, жевательной резины, транспортировке горячей выпечки, в химической промышленности;

Nitrile – рабочее покрытие на основе карбоксилатных нитрильных каучуков с высочайшей износостойкостью применяется в сахарной промышленности;

Fabric – тканевое покрытие; используется в пищевом исполнении при хлебопечении.

## 2.2. Типы несущих поверхностей резиноканевых лент

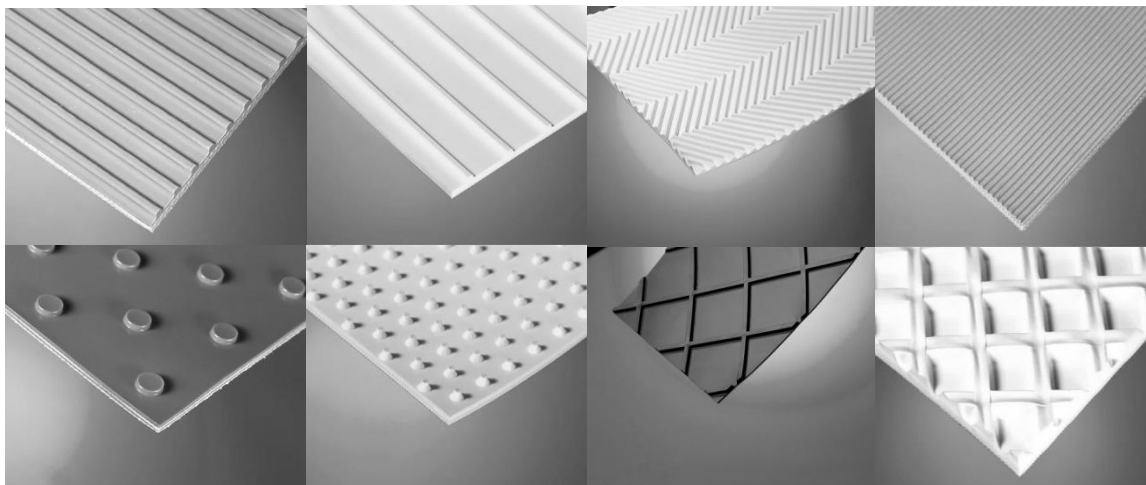
В зависимости от вида материала и эксплуатационных требований транспортирования груза структура рабочей поверхности конвейерных лент представляет две основные группы: гладкие и структурные ленты.

Использование гладких конвейерных лент ограничено углом транспортировки (предел может быть 18-20 градусов). Если же угол транспортировки будет больше указанного, то рекомендуется использовать ленты, имеющие определенный вид текстурированной поверхности для поддержки транспортируемого продукта. Конвейерные ленты имеют рельефную рабочую поверхность и предназначены для использования на наклонных транспортерах, так как имеют низкий коэффициент скольжения; основная область применения – конвейеры для упаковки, транспортирования грузов с неровной (необработанной) поверхностью и органических продуктов россыпью.

Конвейерные ленты с текстурированной рифленой, тисненой, пупырчатой, сетчатой и др. рабочей поверхностью обеспечивают повышенное сцепление транспортируемого продукта с рабочей стороной ленты, поэтому применяются на наклонных конвейерах с углом наклона до 30 градусов (рис. 2.7).

Спектр профилированных лент способен соответствовать всем требованиям индустрии в отношении эффективной транспортировки продукта.

Для транспортировки насыпных грузов на конвейерах с углом наклона до 45 градусов применяются высокие эластичные выступы – шевроны от 5 до 32 мм высотой (рис. 2.8). Шевронные ленты отличаются более высокой производительностью, чем лента с гладкой поверхностью. При замене на конвейере гладкой ленты на шевронную ленту практически не требуется переделка конвейера, так как в основном это замена скребков для очистки ленты и в некоторых случаях – замена роликов холостой ветви.



**Рис. 2.7. Конвейерные ленты с текстурированной рабочей поверхностью**



**Рис. 2.8. Шевронная конвейерная лента, используемая для транспортирования картофеля**

Профиль шевронов разнообразный и подбирается в зависимости от вида транспортируемого материала и наклона конвейера. В основном используется для шевронов Т-образный профиль – РТФ, однако применяются прямоугольные профили – РVФ, прямоугольные с канавкой (зубчатые) – РVФ-N, трапециевидные – РNТ, профили для поворотных лент – СЕU и др. Обозначение профилей приводятся по DIN 22102.

Процесс производства шевронной конвейерной ленты достаточно сложен: к гладкой конвейерной ленте приклеиваются (путем горячей вулканизации) стандартные формовые шевроны, например, конвейерная лента под торговой маркой "Сибирь – Power to Motion" (рис. 2.9).

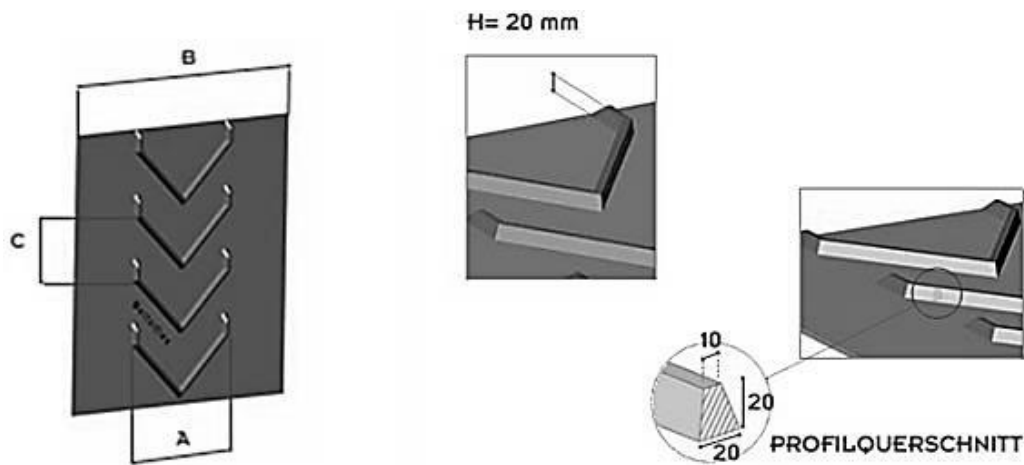


**Рис. 2.9. Горячая вулканизация шеврона на ленту GR с тканевым тяговым каркасом (многослойный – число прокладок от 2 до 5) с резиновыми обкладками на основе хлоропренового каучука; разрывная прочность ленты 630-2 500 Н/мм, исполнение – трудногораемое**

Резиновая наружная обкладка и шевронный профиль вулканизируются в прессе как единое целое [14]. Способность к растяжению такой ленты является минимальной и обеспечивается прокладками марки EP. Подобная технология изготовления обеспечивает долговечность и превосходную гибкость ленты. В зависимости от назначения – маслостойкие, абразивостойкие, химстойкие, теплостойкие.

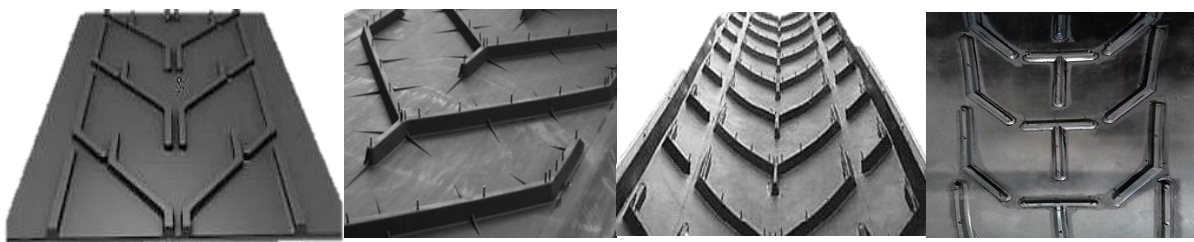
В большинстве случаев конвейерная шевронная лента имеет симметричный выпуклый рисунок и используется на желобчатых конвейерах. Шевроны классифицируются по рисунку и расположению на рабочей поверхности ленты (рис. 2.10).



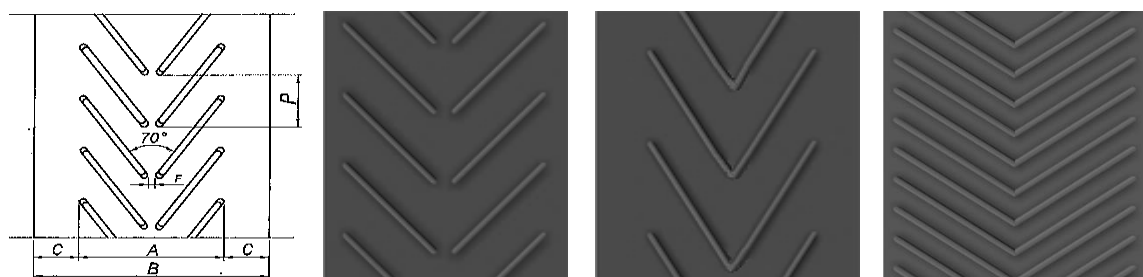


**Рис. 2.10. Рисунок и расположение шеврона на рабочей поверхности конвейерной ленты**

Для импортных лент, например, SAVA (Словения), Kale Conveyor (Турция), GUMMILABOR (Италия), SHARDA DARWINPLUS (Индия) и др. классификация шевронов по DIN 22102 (ISO) следующая: А – «рыбий хвост» раздвоенный с высотой ребра до 16 мм, АН – до 25 мм; F – «рыбий хвост» единый с высотой ребра до 32 мм (рис. 2.11); R – V-образный закрытого и открытого типов с высотой ребра до 14 мм и углом между ребрами от 60° до 120°, R – V-образный закрытого типа с высотой ребра до 16 мм (рис. 2.12).

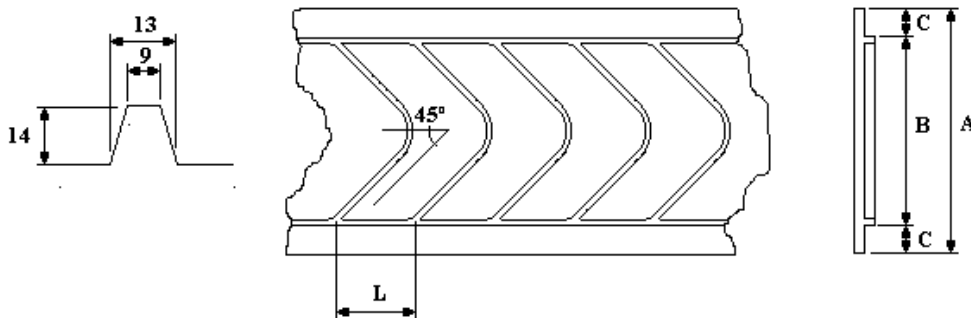


**Рис. 2.11. Классификация конфигурации шевронов типа А, F**



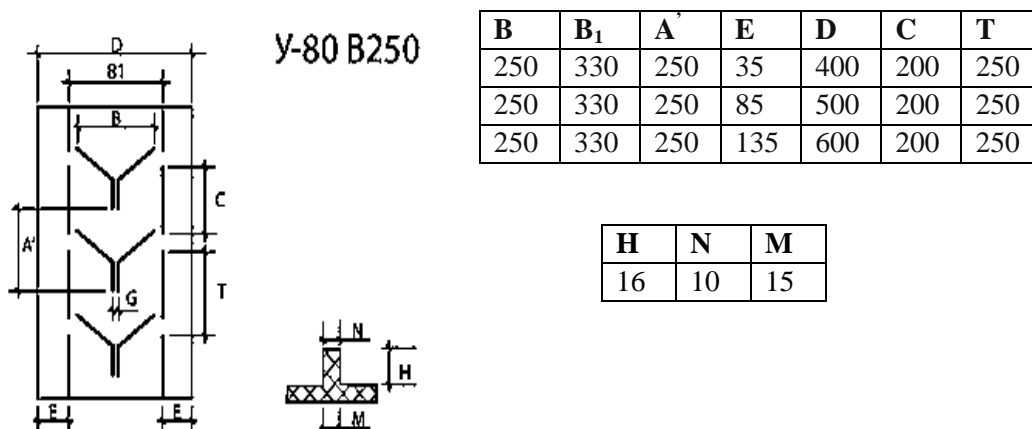
**Рис. 2.12. Классификация конфигурации шевронов типа R**

Применение лент с шевронами типа R, SILAGE (SB), KNC (рис. 2.13) и др. позволяет использовать боковые опорные ролики в конструкции конвейера за счет наличия отступа от края ленты до шеврона. Такие ленты обычно производятся с твердым усиленным утком, чтобы избежать деформации транспортной ленты.



**Рис. 2.13. Конвейерная лента KNC**

Отечественные производители конвейерных лент классифицируют конфигурацию шеврона часто по отраслевым нормам, например, Уральский завод шевронных лент, г. Екатеринбург – маркировка У80 В250: «У» – Уральский завод, 80 – номер рисунка, В250 – ширина шеврона (рис.2.14).



**Рис. 2.14. Шевронная лента У80 В250**

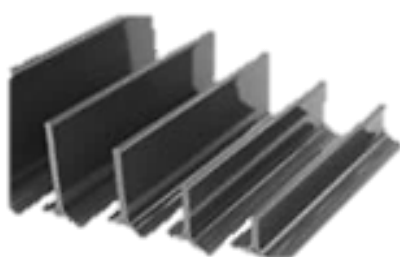
Выбор соответствующей ленты и размера её профилей зависит от транспортируемого груза (материала) и угла наклона (табл. 2.10).

**Таблица 2.10**

**Рекомендуемый угол наклона конвейера в зависимости от высоты профиля шеврона и типа транспортируемого материала**

Тип материала	Пример материала	Максимальный угол наклона				
		Высота профиля 5 мм	Высота профиля 10 мм	Высота профиля 15 мм	Высота профиля 25 мм	Высота профиля 32 мм
Порошкообразный	Мука, известь и т.п.	20°	23°	25°	28°	30°
Сыпучий	Ячмень, пшеница, рожь, сухой песок	18/20°	8/20°	20/25°	25/30°	25/30°
Свободно-обкатывающийся	Щебень, измельчен. камень	20°	23°	25°	28°	30°
Липкий	Мокрый песок, мокрая глина	25°	25/30°	30/35°	35/40°	40/45°
Упакованный	Куль, джутовый, бумажный мешок	25/30°	25/30°	30/35°	35/40°	35/40°

Круто наклонные конвейеры более 45° обеспечиваются поперечными резиновыми планками (захватами), которые устанавливаются на рабочую сторону ленты. Захваты изготавливаются из монолитной резины и могут иметь внутреннее тканевое усиление, которое увеличивает прочность и каркасность карманов. Обычно тканевое усиление используют, когда высота перегородок превышает 140мм. Высота перегородок может быть от 40 до 280мм (рис. 2.15), от высоты перегородок напрямую зависит диаметр приводного и хвостового барабана.



**Рис. 2.15. Захваты разной высоты**

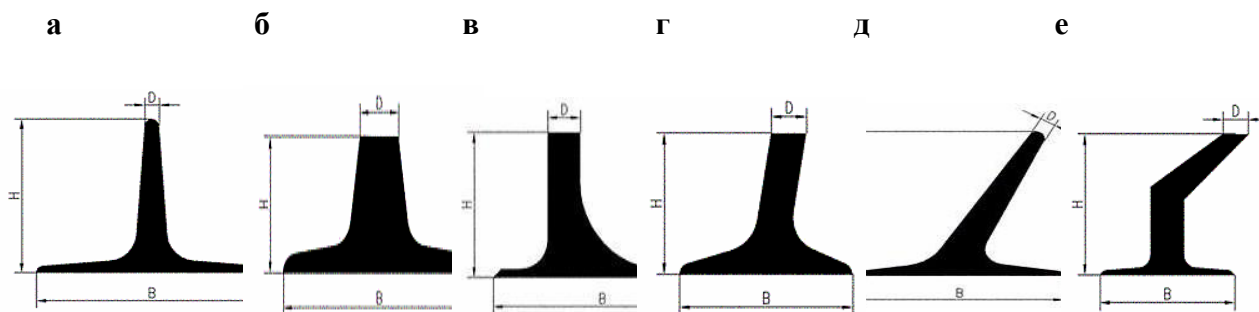
В зависимости от технических требований, захваты устанавливаются на базовую ленту методами холодной вулканизации или горячей вулканизации. Современное оборудование позволяет осуществлять сварку захватов ПВХ и ПУ любой конфигурации на конвейерные ленты (рис. 2.16).



**Рис. 2.16. Пресс для сварки захватов на ленту токами высокой частоты**

Отсутствие клея чрезвычайно важно для применения в пищевой промышленности, т.к. наличие растворителя или других химических компонентов клея вряд ли положительно скажется на гигиеничности ленты, по которой транспортируются пищевые продукты.

Захваты могут быть литые прямые или наклонные высотой от 35 до 280 мм (рис. 2.17), а также захваты усиленные с тканевым или полиэстеровым кордом, высотой более 140 мм.



**Рис. 2.17. Виды захватов**

Размеры и условное обозначение изготовителей конвейерных лент разное,

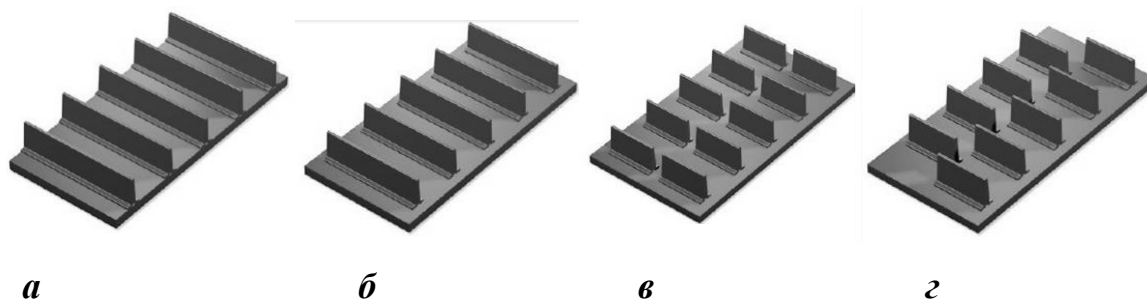
например, компания ООО "ТПК "Белтимпэкс" предлагает: а – Т, б – ТВ, в – TN, г – ТС, д – С, е – СВ (табл. 2.11).

*Таблица 2.11*

**Размеры захватов**

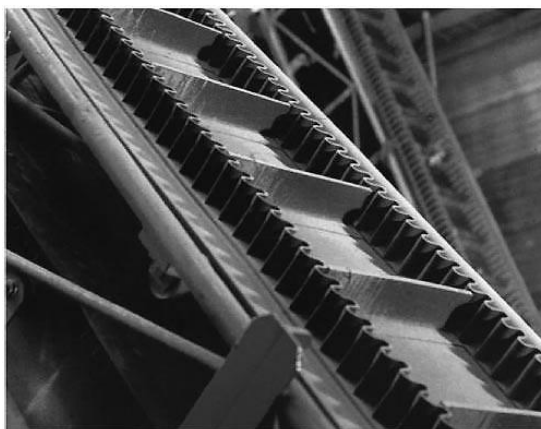
<b>Тип</b>	<b>Высота, мм</b>	<b>Ширина, мм</b>	<b>Толщина, мм</b>	<b>Диаметр барабана min, мм</b>
T 20	20	40	4	160
T25	25	40	4	160
T-35	35	70	4,6	160
T 40	40	70	5	160
T 55	55	80	5	160
T-60	60	80	5	160
T-75	75	100	7	200
T 80	80	100	5	200
T-90	90	110	7	280
T110	110	110	7	320
ТВ 20	20	40	8	160
ТВ 30	30	40	8	160
ТВ 50	50	50	10	200
ТВ110	110	110	15	320
TN 35	35	70	10	160
TN 50	50	80	12	200
TN 60	60	80	12	200
С 75	75	90	7	200
С 90	90	100	7	280
С110	110	110	7	350
СВ 30	30	40	8	160
СВ 75	75	100	12	200
ТС 75	75	80	15	320
ТС 90	90	100	15	320
ТС110	110	110	15	350

Расположение захвата, частота его установки на ленте определяются условиями транспортировки (рис. 2.18).



**Рис. 2.18. Расположение захвата: а - по всей ширине ленты; б - с боковым зазором для установки обводных роликов; в - двойные линейные с промежутком; г - двойные ступенчатые без промежутка**

С целью исключения бокового сброса (просыпания) транспортируемого материала конструкция ленты состоит из специальных гофробортов – гибких боковых ограждений (рис. 2.19).



**Рис. 2.19. Гофроборт на конвейерной ленте**

Лента конвейерная с гофробортами применяется для транспортировки груза лёгкой и средней тяжести на подъёмных устройствах с высоким углом подъёма и возможностью опрокидывания. Лента с гофробортами чаще применяется в пищевой и лёгкой промышленности, а также сельском хозяйстве.

Преимущества ленты с гофробортами:

– великолепная пропускная способность мелких и сыпучих материалов на отвесных конвейерах;

- может применяться в пищевой промышленности;
- может применяться как со стандартными, так и с изогнутыми профилями;
- края профилей можно отделать материалом с низким коэффициентом прилипания.

Выбор профиля и его размещение на ленте зависят от условий транспортировки груза. Конвейерные ленты, у которых поверхность слегка профилирована или вовсе гладкая не могут перемещать сыпучие или скользкие материалы под углом. В таких случаях для избегания скатывания материала и сохранения необходимой производительности конвейеров на гладкую ленту термическим способом наваривают захваты разной высоты.

Лента конвейерная с гофробортами и захватами используется для высокопроизводительных систем как альтернатива обычным желобчатым конвейерам. Преимущества такой ленты заключаются в следующем:

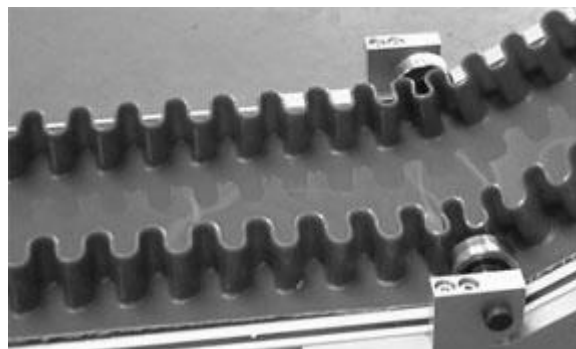
- большая производительность и отсутствие потерь сыпучих продуктов по краям ленты;
- может использоваться на конвейерах с разными углами наклона, вплоть до вертикальных [15].

При применении гофробортов от 40 до 240 (в отдельных конструкциях до 400, рис. 2.20) мм появляется возможность располагать на ленте груз разного веса, размеров и формы (от порошкообразного до 400мм) под самыми разнообразными углами.



**Рис. 2.20. Ряд разных высот гофробортов**

При вертикальном подъеме груз может транспортироваться на высоту до 500 метров, производительность системы при этом составляет от 1м<sup>3</sup> до 3000м<sup>3</sup> в час. Если транспортировка груза осуществляется с изменяемым наклоном конвейера, то гофроборт закрепляется на краях ленты с наружной свободной зоной для того, чтобы была возможность установить отклоняющие барабаны – девиаторные или ролики (рис.2.21).



**Рис. 2.21. Конструкция гофроборта с наружной свободной зоной**

Гофроборт, как и перегородки (захваты), изготавливается из монолитной резины поливинилхлорида (ПВХ), полиуретана (ПУ) и может иметь внутреннее тканевое усиление, которое увеличивает прочность и каркасность карманов. Обычно тканевое усиление используют, когда высота гофроборта (боковых стенок) превышает 140 мм конвейера. По высоте гофроборта на 10-20 мм больше захватов. Основными техническими характеристиками гофробортов являются высота (H), ширина (Т<sub>w</sub>) и шаг (P) гофры (рис. 2.22).



**Рис. 2.22. Два вида гофробортов**



В табл. 2.12 приводятся размеры широко применяемых гофробортов конвейерных лент Gummibord (компания Gummilabor – Италия), которые используются в отечественном производстве [16].

*Таблица 2.12*

**Размеры гофроборта**

Тип	Высота (H), мм	Ширина основания (Sw), мм	Ширина борта (Tw), мм	Шаг борта (P), мм	Минимальные барабаны, мм	
					Приводной D1	Девиаторный D2
M40	40	40	35	35	150	250
M60	60	55	45	50	160	300
M80	80	55	45	50	200	350
M100	100	55	45	50	250	400
M120	120	55	45	50	300	480
M140	140	55	45	50	350	560

**2.3. Стыковка конвейерных лент**

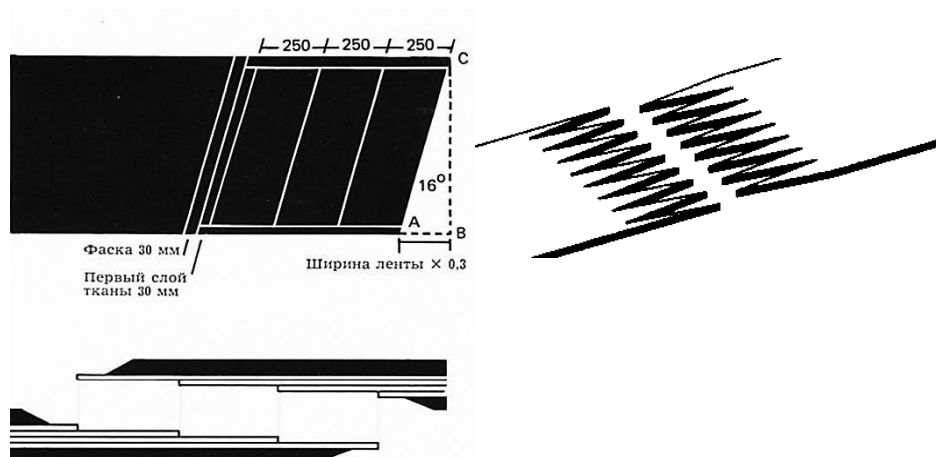
Эффективность эксплуатации ленточных конвейеров на предприятиях химических отраслей промышленности, на предприятиях пищевой промышленности и в других сферах хозяйственной деятельности во многом зависит от качества конвейерной ленты и от того, насколько правильно проведена стыковка конвейерной ленты перед вводом в эксплуатацию. Более 60% простоев конвейеров связано с изготовлением и ремонтом стыковых соединений конвейерных лент. Надежная стыковка конвейерных лент повышает безаварийную работу конвейера.

Существуют три способа стыковки конвейерных лент:

- 1) склеивание;
- 2) метод вулканизации;

3) с помощью механических соединителей.

Соединение конвейерных лент методами склеивания и вулканизации в бесконечные контуры может быть сделано двумя способами: зубьями или внахлест (рис. 2.23).



**Рис. 2.23. Виды соединений конвейерной резиноканевой ленты**

Кроме того, соединение ленты может быть выполнено под углом 90 градусов и под углом от 45° до 70° к продольной оси. Соединение – «косой шов» является более прочным, чем классическое прямое и позволяет в дальнейшем установить ленту на вал меньшего диаметра, а также является самым прочным. Такое соединение может производиться только на специальном оборудовании: специальными зубовырубными машинами, машинами для раслаивания лент и прессами различной ширины. В соответствии с DIN 22102 для двух прокладочных конвейерных лент необходимые тканевые стыки должны производиться таким образом, чтобы сохранить тяговое усилие, соответствующее минимальной разрывной силе конвейерной ленты. Для конвейерной ленты с несколькими прокладками может быть предусмотрено не более чем 2 стыка на внутренней прокладке на 100 м длины ленты. Минимальное расстояние между стыками на соседних прокладках должно составлять 2 м. Стыки на одной прокладке должны быть удалены друг от друга минимум на 5 м.

Для предприятий, которые используют конвейерные ленты общего назначения, наиболее приемлемым методом стыковки лент является холодная вулканизация двухкомпонентными клеями в основном импортного производства Nilos, TipTop, ContiTech (Германия) и др. (рис. 2.24).



**Рис. 2.24. Клей для холодной вулканизации**

Данный метод менее трудоемок, чем метод горячей вулканизации. Прочность стыка достигает 70% от прочности самой транспортной ленты. Основным недостатком является то, что по окончании стыковки требуется дополнительная длительная выдержка ленты при температуре не ниже 0°C (в зависимости от применяемых стыковочных материалов от 2 до 24 часов), что значительно увеличивает время простоя конвейерного оборудования. Так же при наличии сильной запыленности помещения стыкование конвейерной ленты методом холодной вулканизации очень сложно произвести, а порой просто невозможно. Холодная вулканизация стыков конвейерной ленты применима при ширине конвейеров до 1200 мм, эксплуатируемых в легких и средних условиях. При ширине более 1200 мм возможно проведение холодной стыковки при длине конвейера не более 50 м и легких условиях эксплуатации.

Наилучшим и предпочтительным вариантом является стыковка конвейерных лент способом горячей вулканизации с использованием прессов, так как этот способ, безусловно, является самым надежным видом стыковки лент. Он является наиболее трудоемким, самым дорогостоящим, однако дает наиболее прочное соединение, которое обеспечивает надежную работу всего конвейера даже при интенсивной работе и большой нагрузке. В качестве

связующего элемента используется слой резины. Стык является очень прочным, около 98% прочности ленты.

Для горячей вулканизации универсальными материалами являются клей типа 425 и резиновые смеси типа 450. Компания «REMA TIP TOP» производит весь спектр смесей для вулканизации полимерных и резиновых монопрокладочных лент [17].

В настоящее время на многих предприятиях применяются механические способы стыковки. Данный метод стыковки бесконечных лент позволяет соединять резинотканевые и ПВХ конвейерные ленты. Этот метод незаменим при различных авариях на конвейере, внешне экономически эффективный, но не может обеспечить длительного срока эксплуатации изготовленной конвейерной ленты.

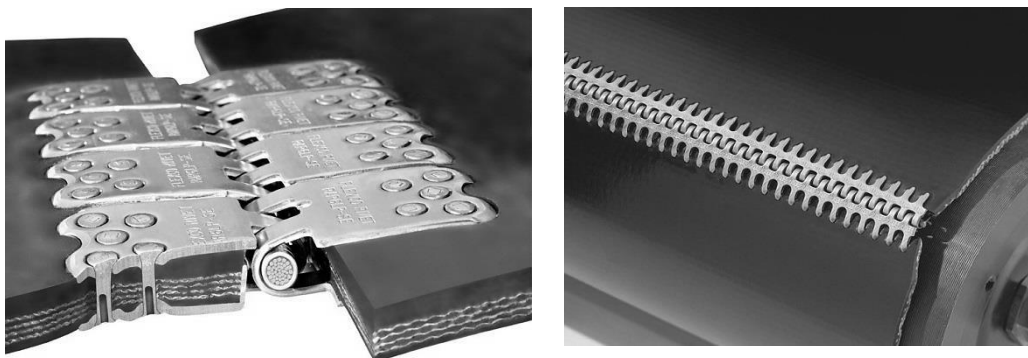
Замки для транспортерных лент подразделяются на металлические и пластиковые. Металлические замки подходят для большинства конвейеров общего назначения.

Механические соединения конвейерных лент бывают неразъемными болтовыми или заклепочными и разъемными шарнирными. К первым относятся заклепочные и болтовые соединения в виде пластин. Неразъемные соединения, например фирмы Flexco (США): болтовое соединение тип Bolt Solid Plate, заклепочное соединение тип Rivet Solid Plate (рис. 2.25).



**Рис. 2.25. Болтовое и заклепочное соединения конвейерной ленты**

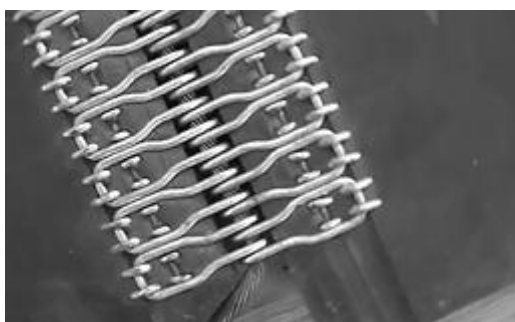
Шарнирно-скобочные замки обеспечивают разъемное соединение лент (рис. 2.26).



**Рис. 2.26. Механические шарнирные соединения конвейерной ленты Alligator Ready Set Flexco, Alligator Lacing Flexco**

Данные механические соединения закрепляются на ленту заклепками, винтами, болтами, скобками, «крокодильчиками» и изготавливаются из нержавеющей и гальванизированной стали. Они износостойкие и предназначены для механической стыковки резиноканевых транспортерных лент толщиной от 6 до 30 мм при минимальном диаметре барабана 100мм. Используются в пищевой, деревообрабатывающей, упаковочной и сельскохозяйственной промышленности, для транспортировки строительных материалов и др.

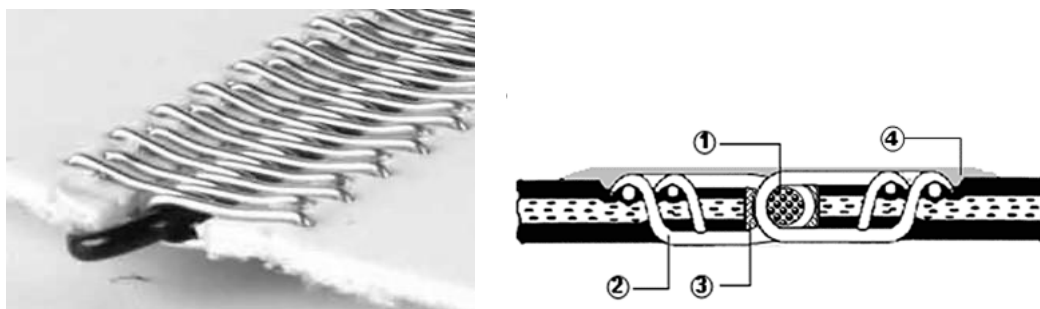
Международная компания ООО «Центробелт» (г. Ростов на Дону) поставляет разъемные соединители серии К. Для стыковки конвейерных лент до 13 мм с прочностью до 1000 Н/мм применяются соединители К-20 (рис. 2.27).



**Рис. 2.27. Разъемные соединители серии К20**

Конструктивной особенностью механических соединителей является способ соединения механического шарнира с конвейерной лентой с помощью четырехжальных стальных проволочных скоб малого диаметра, соединенных между собой в полосы длиной 200 мм при помощи проволочных перемычек. Такая конструкция обеспечивает щадящее влияние на корд конвейерной ленты и, как следствие, повышенную динамическую прочность стыкового соединения и минимальное воздействие стыка на футеровку барабана и элементы конструкции конвейера.

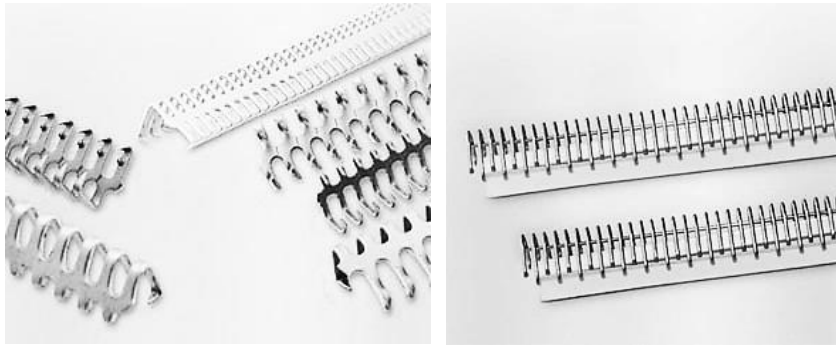
Имеются системы соединения конвейерной ленты проволочными крючковыми элементами с поперечным соединительным стержнем (рис. 2.28).



**Рис. 2.28. Шарнирное соединение конвейерной ленты Anker Lacing :**  
**1 - стержень, 2 – проволочная скоба, 3 – уплотнитель, 4 – герметик**

Соединение Anker Lacing изготавливается также в форме спирали из полимерных материалов. Проволочные замки предназначены для лент от 1,5 мм до 9,5 мм и изготавливаются из плоской проволоки (серия SR) или круглой проволоки (серия TR). Крепеж серии SR используется во многих промышленных транспортерных лентах, в сельскохозяйственной и пищевой промышленности, в текстильной и целлюлозно-бумажной промышленности, на упаковочных конвейерах и в других сферах (рис. 2.29).

Прочность стыковых соединений на резинотканевых лентах – 60%, на лентах с цельнотканым каркасом – 75% от прочности ленты.



**Рис. 2.29. Крепеж серии SR**

При выборе типа механического соединения необходимо учитывать:

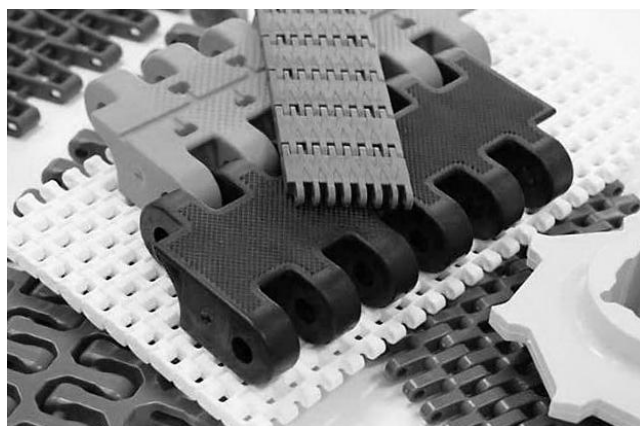
- 1) характеристики транспортируемого груза (размер фракции, влажность, температура и т.д.);
- 2) тип конвейерной ленты (толщина, ширина, прочность).

#### **2.4. Модульная конвейерная лента**

Модульные ленты были изобретены в сороковых годах прошлого столетия и произвели настоящую революцию в сфере конвейерных технологий. Компания INTRALOX (США) в 1970 году первая запатентовала модульные пластинчатые ленты и до сих пор остаётся одним из ведущих лидеров их производства. Модульная лента состоит из множества наборных элементов (модулей), которые изготавливаются из пластмассы методом литья под давлением и скрепляются между собой шарнирными стержнями (осями) (рис. 2.30) [18]. Все компоненты имеют идеально выверенные геометрические размеры, поэтому сборка очень проста и обычно не вызывает трудностей. Лента собирается по принципу кирпичной кладки. Преимущества модульной конвейерной ленты:

- высокий уровень износостойкости, а следовательно, большой эксплуатационный ресурс;
- высокая боковая и диагональная прочность и жесткость;
- невосприимчивость к воздействию кислот, жиров и маслянистых субстанций;

- возможность использования в широком температурном диапазоне от - 40° до +160°С;
- пригодна для эксплуатации в самых тяжелых условиях;
- легкая очистка от загрязнений;
- высокий уровень ремонтпригодности: легкая замена отдельных модулей в кратчайшие сроки без замены всей ленты, что существенно снижает затраты на ремонт.



**Рис. 2.30. Элементы модульной ленты**

Благодаря высокой прочности модульные конвейеры применяются в машиностроении, автомобилестроении, производстве шин, в пищевой промышленности, особенно в мясо- и рыбоперерабатывающем производстве, а также при переработке овощей и фруктов, в упаковке, на хлебобулочных и кондитерских предприятиях, складской транспортировке, линиях разлива, на предприятиях легкой, деревообрабатывающей, текстильной, фармацевтической промышленности, по переработке макулатуры и пластика, полиграфического производства и др.

Модульные ленты позволяют конструировать конвейеры различной ширины и длины (до 400 метров), собираемые из отдельных элементов, шарнирно соединенных в продольном направлении с любым количеством подъемов, поворотов и даже винтообразных участков. Благодаря различным



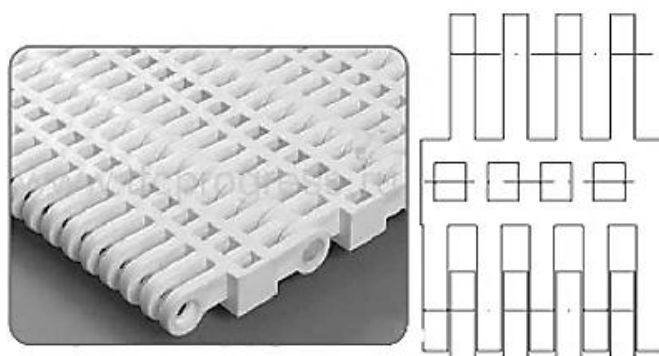
типам модульных элементов: спиральные, поворотные, прямые, система сборки позволяет создавать линии различной конфигурации.

Для производства модульных пластиковых лент используются различные современные синтетические материалы: полиэтилен (PE) полипропилен (PP), полиацетал (POM), полиамид (PA) и др. материалы, в том числе износостойкие, кислотоустойчивые, масло- и жиростойкие, выдерживающие большие нагрузки, антистатические. Модульные конвейерные ленты способны работать с агрессивными химическими средами (например, концентрированная серная кислота). Чаще всего модульные ленты изготавливаются из:

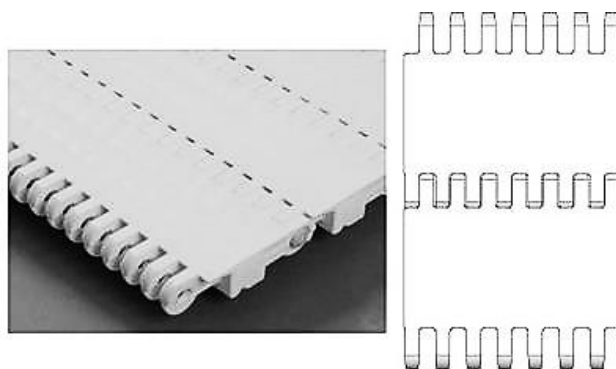
- полиэтилена PE – полимерный материал отличается низкой степенью токсичности и высоким уровнем устойчивости к воздействию низких температур ( $-70^{\circ} \dots +100^{\circ} \text{C}$ );
- полипропилена PP – материал отличается от полиэтилена большей износостойкостью и большей термостойкостью ( $-10^{\circ} \dots +120^{\circ} \text{C}$ ).

Штыри, используемые для сборки модульных лент, как правило, выполнены из полиацетала (POM). Однако при повышенных нагрузках, особенно в поворотных лентах используются металлические штыри.

Модульные ленты по конструкции представляют два типа: открытый (рис. 2.31) и закрытый (рис. 2.32) [19].

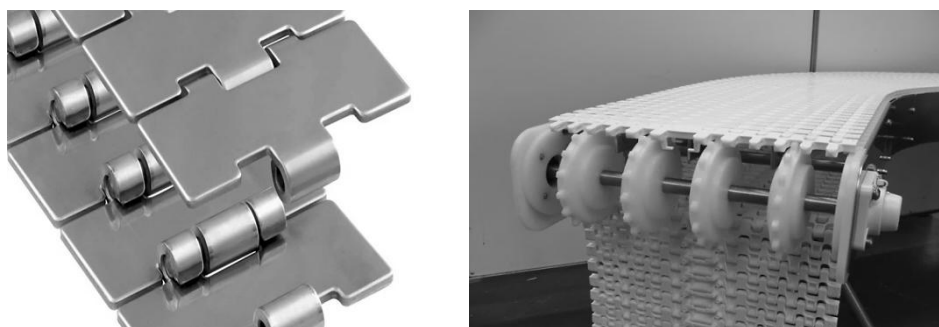


**Рис. 2.31. Открытый тип ленты**



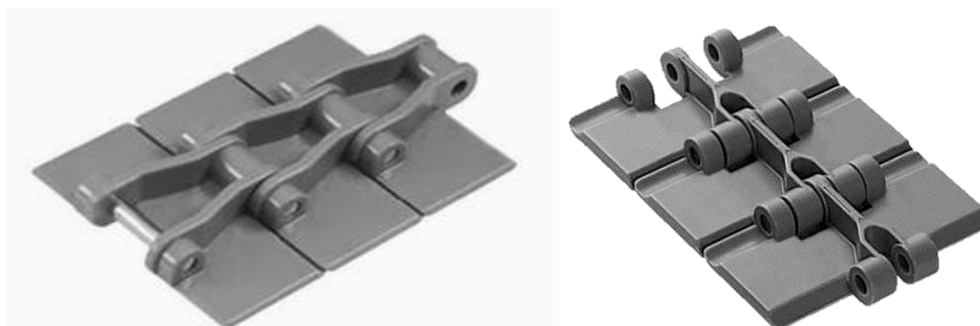
**Рис. 2.32. Закрытый тип ленты**

Движение модульных лент осуществляется путем зацепления соединительных цилиндрических шарниров за специальные звездочки приводных валов конвейера (рис. 2.33).



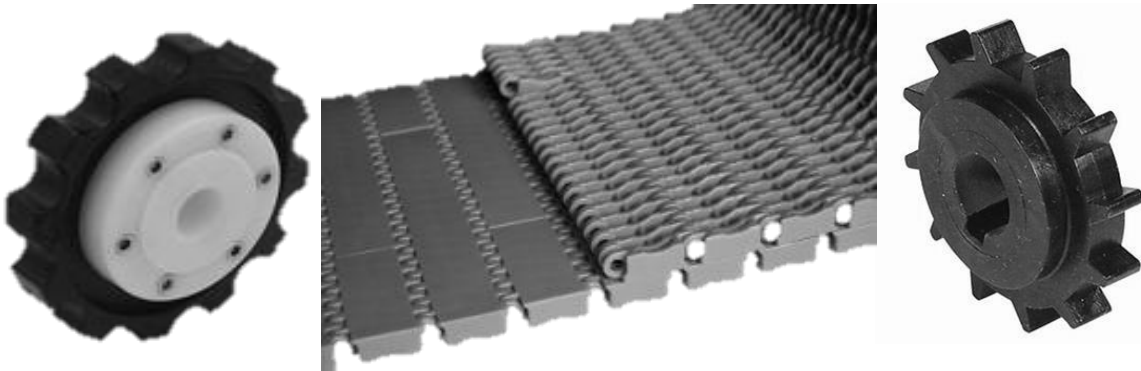
**Рис. 2.33. Конструкции шарнирных соединений**

Модули могут представлять совместную конструкцию с тяговыми элементами в виде цепи или захватов, обычно выполненную из того же материала, что и модули – пластмасса (рис. 2.34).



**Рис. 2.34. Модули с тяговыми элементами в виде цепи или захватов**

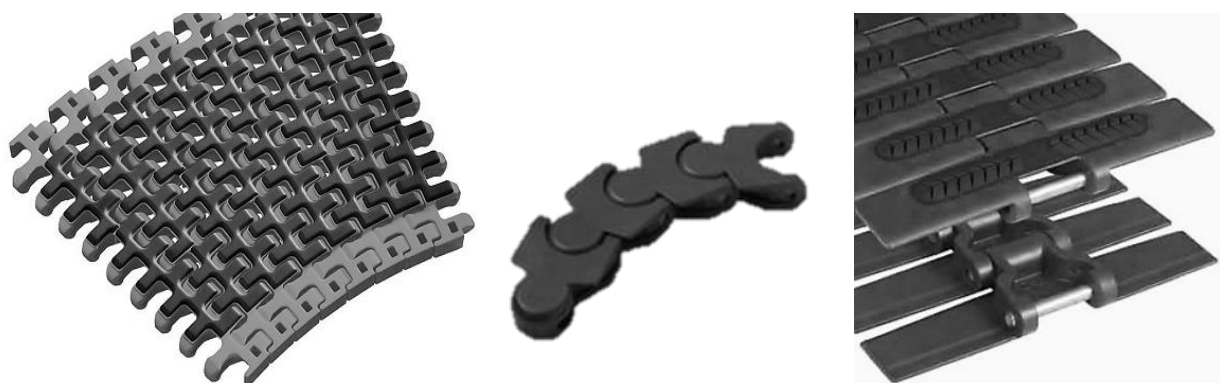
Имеются конструкции, где модули закрепляются на обычной цепи, которые устанавливаются по боковым сторонам ленты. Движение также может осуществляться за счет зацепления ленты специальными захватами за выступы звездочек соответствующих конфигураций модуля (рис. 2.35).



**Рис. 2.35. Специальные боковые захваты со звездочками**

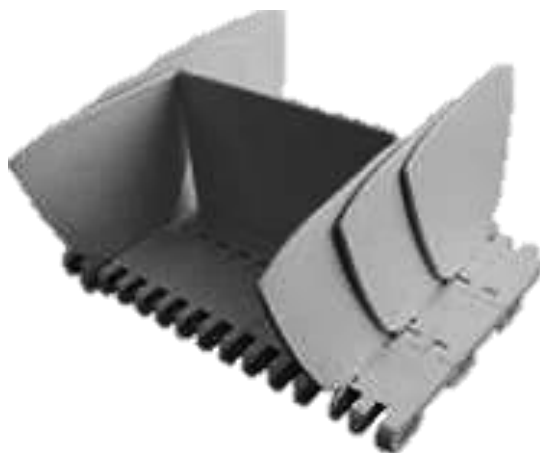
Ленты для прямых конвейеров используются с шагом модулей: 10; 12,7; 15,2; 19,1; 25,4; 27,2; 38,1; 45; 50,0; 50,8; 63,5 мм. Пластиковая модульная лента при зацеплении со звездочками исключает боковые смещения на конвейере, и нет необходимости в дополнительной натяжной системе.

Поворотные ленты имеют модули с пространственными шарнирами и скошенными пластинами (рис. 2.36).



**Рис. 2.36. Поворотные модули**

Модульные ленты могут комплектоваться перегородками, бортиками, лопатками и другими аксессуарами (рис. 2.37).



**Рис. 2.37. Лента с поперечными перегородками и боковыми лепестками**

Конструкция модульных лент позволила решить многие задачи транспортировки и производства, невыполнимые ранее ни для полимерных лент, ни для металлических сеток, и тем более резинотканевых лент.

Отечественное производство модульных лент и модульных конвейеров в настоящее время резко возросло. Линейку Российских производителей возглавляют компании ComBelt (С-Петербург) [20], Механик – Техно (Москва), ТехБелт (С-Петербург), ТехМаш (Ростов на Дону), 1-ый конвейерный завод (С-Петербург) и др.

Прямоходные и поворотные модульные ленты System Plast широко применяются на европейских и российских заводах пищевой промышленности. Техническая характеристика модульных лент System Plast для прямоходных приведена в табл. 2.13, для поворотных лент в табл. 2.14.

**Таблица 2.13**

**Базовые характеристики прямоходных модульных лент System Plast**

Серия	2120	2121	2122	2190	2250	2253	2251	2252	2500RR
Шаг, дюйм	1/2	1/2	1/2	3/4	1	1	1	1	2
Шаг, мм	12,7	12,7	12,7	19,05	25,4	25,4	25,4	25,4	50,8
Толщина, мм	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	12,7	12,7	24
Кратность ширины, мм	85	76,2	100	76,2	85	76,2	85	76,2	76,2
FT - закрытая поверхность	+	+		+	+	+	+	+	
FG - открытая поверхность	+		+	+	+				
VG - резиновые накладки	+				+		+		
LBP - роликовые элементы	+						+		
RR - выступы									+

**Таблица 2.14**

**Базовые характеристики поворотных модульных лент System Plast**

Серия	2120M	2256	2351-2651
Шаг, дюйм	1/2	1	1 и 1/4
Шаг, мм	12,7	25,4	31,75
Толщина, мм	8,7	12,7	12,7
Ширина, мм	83,8	76,2	85
FT - закрытая поверхность	+	+	+
VG - резиновые накладки			
LBP - роликовые элементы			
M - магнитные	+		
TAB - с зацепами		+	+

## 2.5. Металлические сетчатые и сплошные ленты

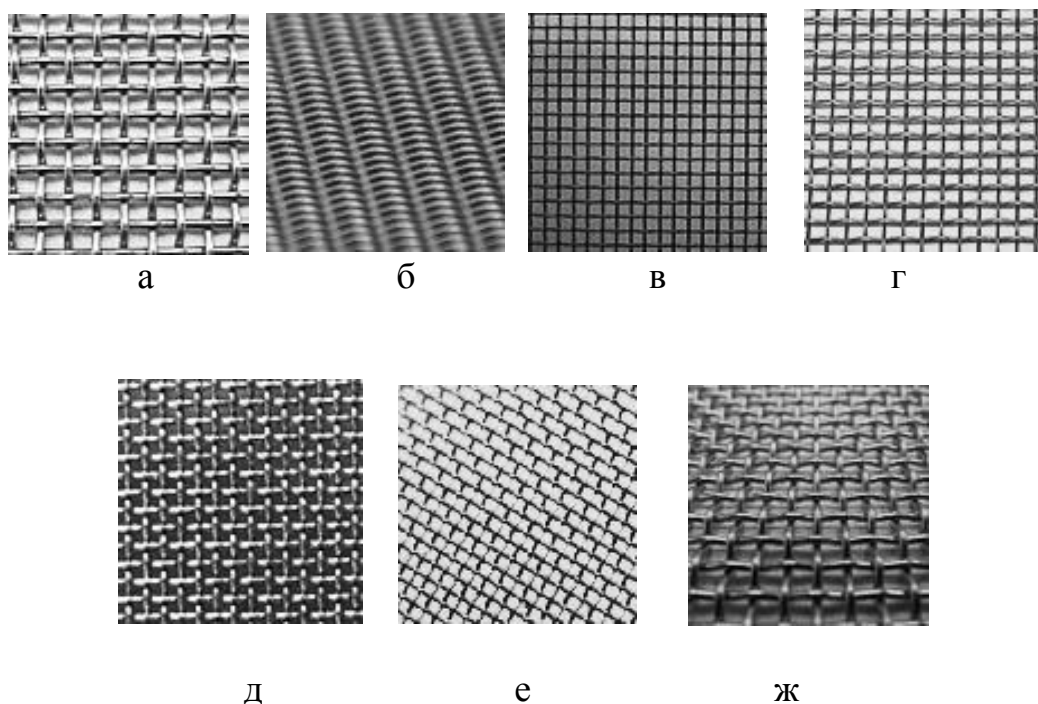
Используется в основном в местах с высокими температурами груза, либо в жарких печах, например, в пищевой промышленности. Конвейерная сетчатая лента это полотно, собранное из проволоки круглого сечения диаметром 1–6 мм, реже плоского сечения. Металлические ленты (конвейерные сетки) изготавливаются из углеродистой или нержавеющей стали. Рабочая среда, в которой используются конвейерные ленты, может быть сухой, влажной или жидкой; химически нейтральной, щелочной или кислой. Конвейерная сетка из нихромовых и нержавеющей сталей: X20H80, X20H30, X15H60, 20X23H18, 20X25H20C2, 12X18H10T ГОСТ 12766.1-77 и др. может использоваться в коррозионной среде или в условиях экстремальных температур вплоть до 1150°C. Сетки из нержавеющей стали применяются в химической, фармацевтической, пищевой промышленности. Для обеспечения безотказной работы конвейерных сеток в сложных производственных условиях необходимо правильно выбрать соответствующий тип и исполнение сетки, а также соответствующий материал для ее изготовления. Качество материала выбирается в зависимости от назначения сетки.

Производство металлических конвейерных сеток осуществляется многими отечественными предприятиями: «Кубань – сетка», «Аксид» – Барнаул, «Транспортная сетка» – М., «Торгпромлента» – Екатеринбург, «СОЮЗНИХРОМ» – М., а также используются импортные сетки, поставляемые, например, известной компанией «Русконбелт». На рис. 2.39 представлены основные типы металлотканых сеток, изготавливаемых по стандарту, которые применяются в конвейерах.

Применяются плетеные транспортирующие сетки, типы которых представлены на рис. 2.40.

В настоящее время большинство оборудования для изготовления сеток работает на программном управлении, имеются сварочные станки с системой позиционирования сетки и введена система контроля качества выпускаемой

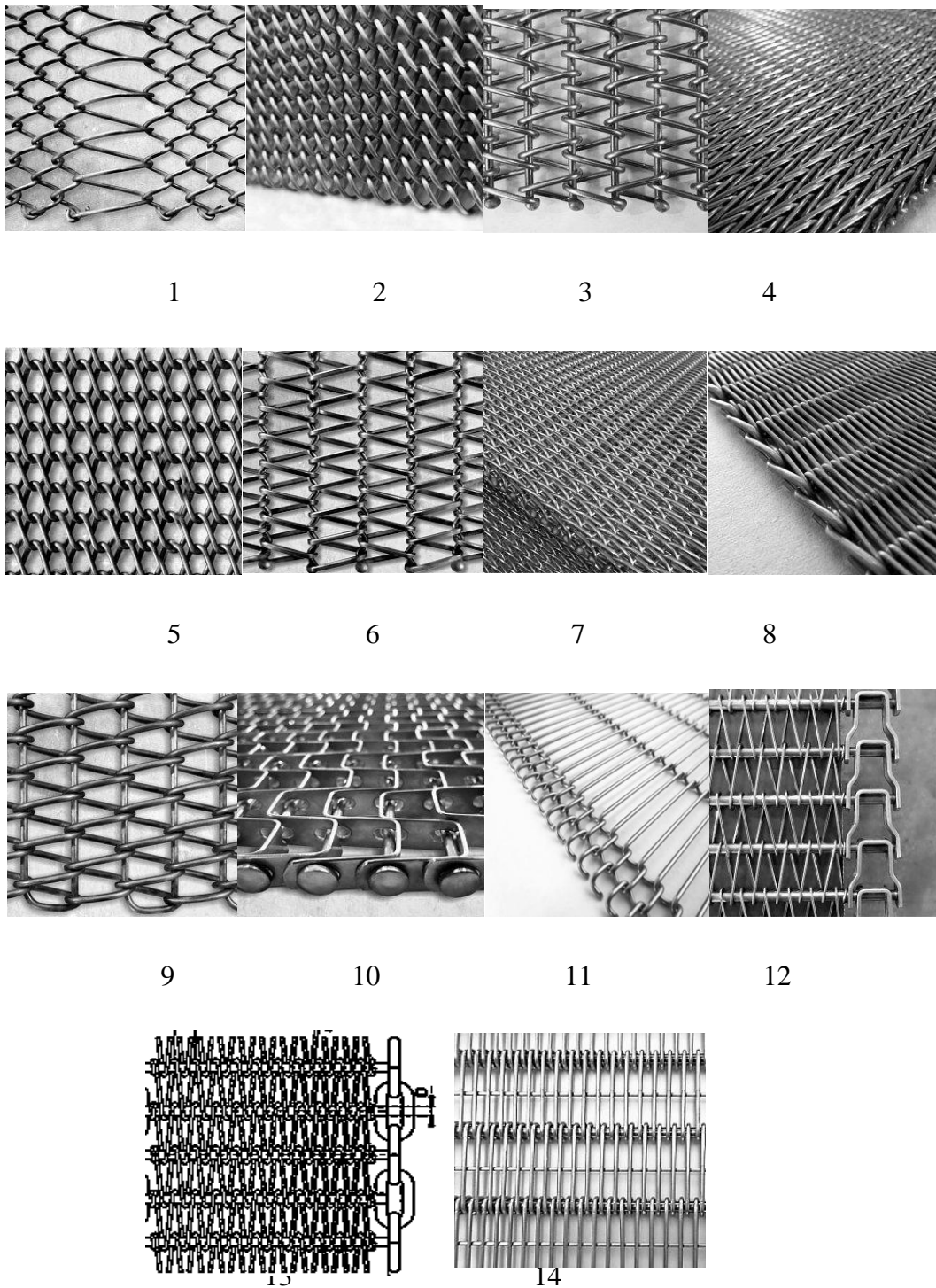
продукции. Налажен выпуск сеток для поворотных-спиральных конвейеров и охладителей.



**Рис. 2.39. Сетки проволочные тканые: а - для просеивания полотняного переплетения ГОСТ 3826-82; б - для фильтрации полотняного и саржевого переплетения ГОСТ 3187-76; в - ГОСТ 6613-86; г - ГОСТ 3306-88; д – микронных размеров ТУ 14-4-507-99; е - мельничная ТУ 14-4-1569-89; ж - жаропрочная ТУ 14-4-266-2000**

Применяются плетеные транспортирующие сетки, типы которых представлены на рис. 2.40.

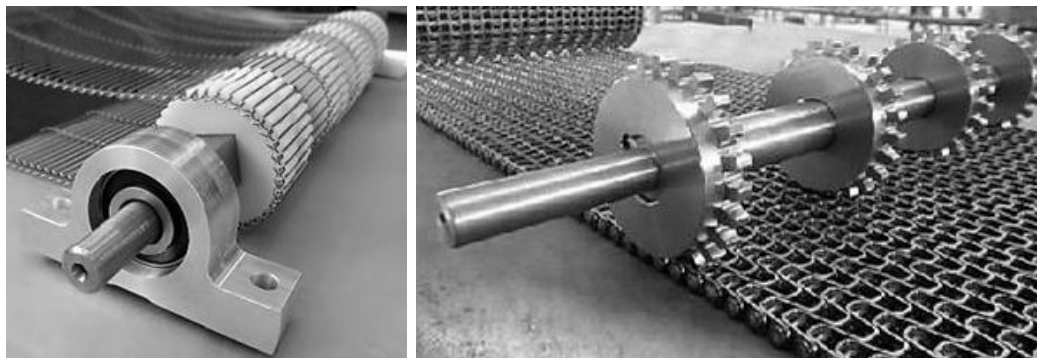
В настоящее время большинство оборудования для изготовления сеток работает на программном управлении, имеются сварочные станды с системой позиционирования сетки и введена система контроля качества выпускаемой продукции. Налажен выпуск сеток для поворотных-спиральных конвейеров и охладителей.



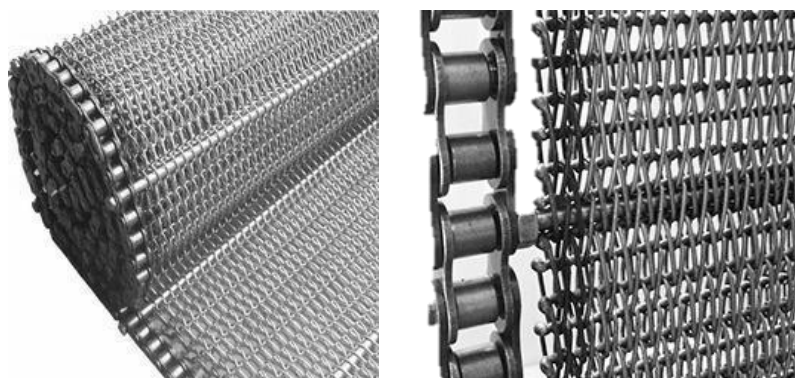
**Рис. 2.40. Основные типы конвейерных сеток: (1 – 10) – транспортирующие; 11 – глазировочная; 12, 13 – спиральная; 14 – петельно-гусеничная**



Движение сетчатого полотна приводится в движение за счет зацепления сетки за звездочки, установленные на приводных валах конвейера (рис. 2.41), а также с цепями, установленными по боковым сторонам ленты (рис. 2.42).



**Рис. 2.41. Приводные валы со звездочками в зацеплении с сетчатым полотном**



**Рис. 2.42. Сетчатые полотна в сборе с тяговыми цепями**

В ассортименте продукции ведущих мировых производителей конвейерных лент особое место занимают стальные конвейерные ленты. Сплошные холодноотянутые стальные ленты применяют при транспортировании горячего и остроугольного кускового груза. Такие ленты в течение длительного срока эксплуатации выдерживают постоянные динамические нагрузки. Поэтому материал изготовления стальных конвейерных лент бывает исключительно самого высокого качества. Среди отличительных особенностей стальных конвейерных лент следует выделить

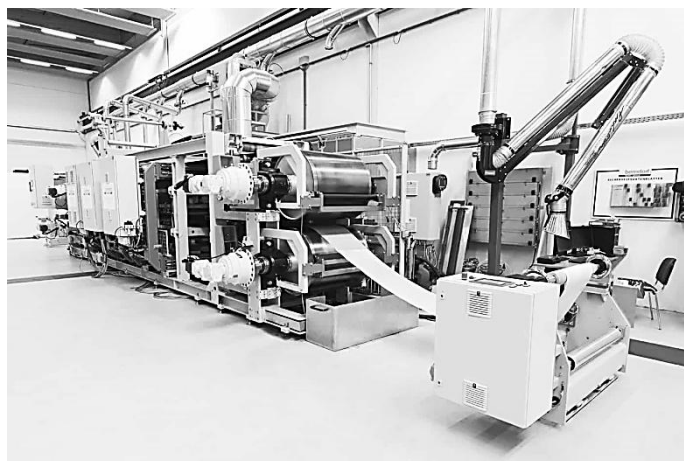
безупречную прямизну хода, оптимальную плоскостность, а также высокую антикоррозионную стойкость. Обладая такими параметрами, стальные конвейерные ленты становятся незаменимыми в непрерывных химических и пищевых производствах.

Стальные ленты Berndorf Band (Австрия) – один из ведущих мировых производителей конвейерных лент из нержавеющей стали для химической промышленности [21]. NICRO 85 - высококачественная двуслойная нержавеющая сталь; используется в производстве, где существует высокий риск коррозии (рис. 2.43).



**Рис. 2.43. Нержавеющая сталь NICRO 85**

Данный материал обладает высокой статической и динамической прочностью, а также имеет повышенную стойкость к воздействию химических веществ. Это достигается за счет обширных разработок и научных исследований, тщательного выбора специальной стали, а также современных методов изготовления (рис. 2.44).

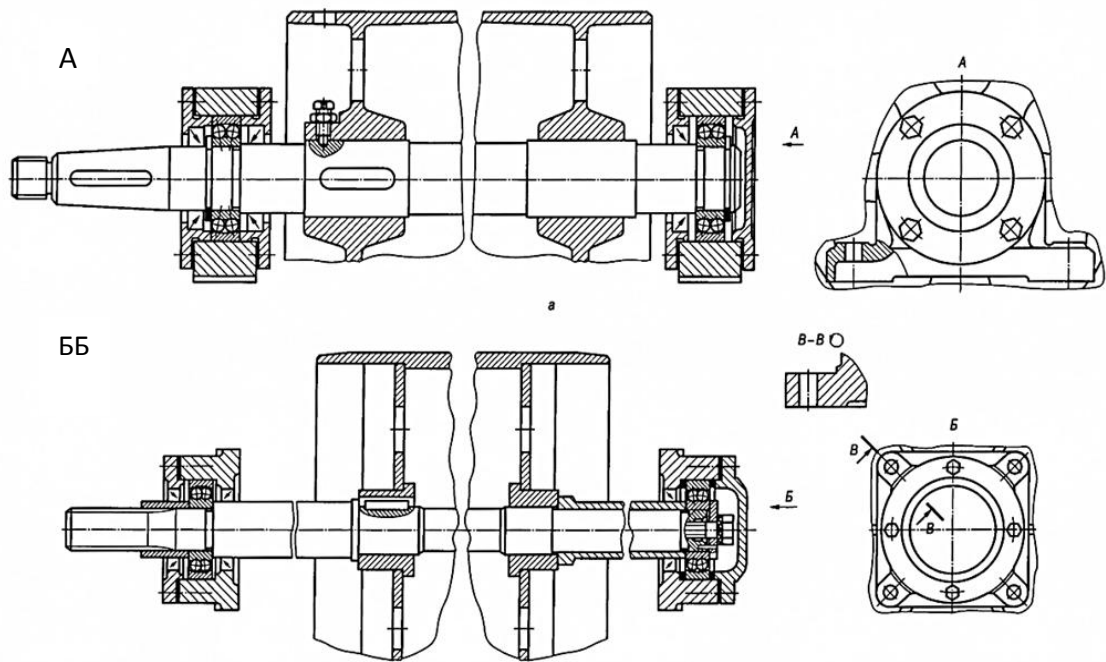


**Рис. 2.44. Машинный агрегат изготовления**

Широкое и разнообразное применение стальные ленты Sandvik (Швеция) получили и в различных отраслях пищевой промышленности таких, как кондитерская – на установках для темперирования карамельной массы или транспортировки шоколадной массы, хлебопекарной – в печах тоннельного типа для выпечки изделий из любого вида теста, мясо- и рыбоперерабатывающей – на скороморозильных установках пельменных линий, производства крабовых палочек и других полуфабрикатов [22].

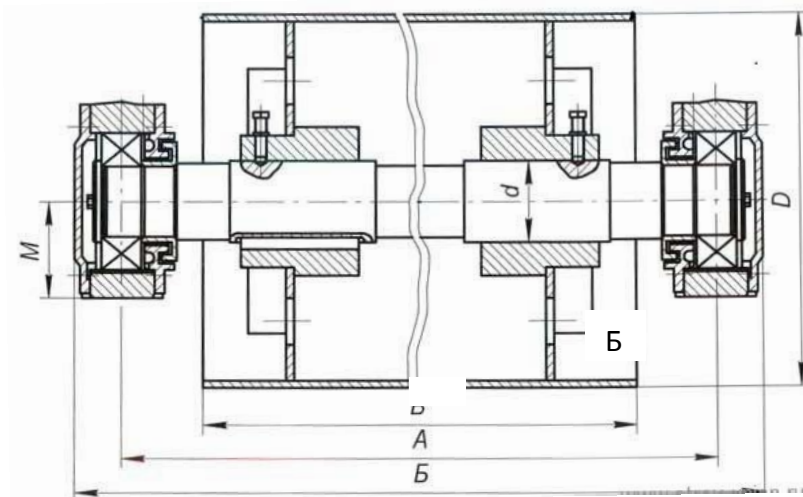
### **3. БАРАБАНЫ**

Барабаны являются одним из основных элементов ленточного конвейера. В зависимости от выполняемой функции в работе конвейера, они могут быть: приводные и натяжные. В свою очередь, натяжные барабаны бывают хвостовыми, головными, оборотными, обводными, прижимными, отклоняющими. В связи с этим барабаны имеют разные конструкции. Заводы изготовители комплектующих ленточных конвейеров предлагают широкую линейку конструкций барабанов. Барабан приводной устанавливается на вал, так как он передает движение конвейерной ленте за счет передаваемого крутящего момента и определенной скорости (рис. 3.1).



**Рис. 3.1. Барабаны приводные на валу: А – литой; Б - сварной**

Барабаны натяжные и отклоняющие устанавливаются на осях подвижных и неподвижных (рис. 3.2).

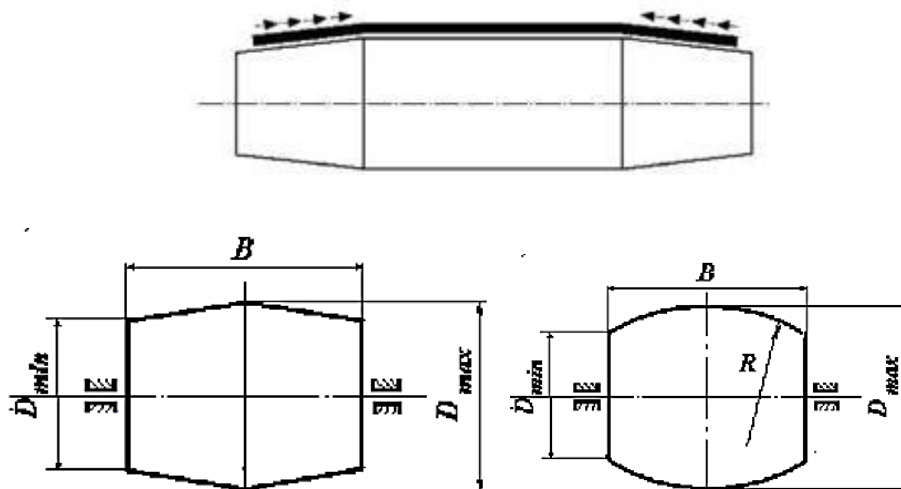


**Рис. 3.2. Натяжной барабан**

Все виды барабанов (приводные, натяжные, отклоняющиеся) должны обеспечивать равномерность движения и оптимальное натяжение конвейерной

ленты во время производственного процесса. Так как приводной барабан устанавливается на раме конвейера в подшипниковых корпусах, поэтому возможна неточность монтажа. Для компенсации несоосности установки барабана применяются самоустанавливающиеся двухрядные сферические подшипники. Именно диаметр подшипника так же, как и ширина конвейерной ленты, являются определяющими факторами при выборе типа барабана. Размер консоли приводного вала зависит от типа редуктора и способа соединения привода и приводного барабана. Натяжные и отклоняющие барабаны не передают крутящий момент, поэтому они устанавливаются на оси в шариковых радиальных подшипниках.

Для ограничения бокового схода ленты с барабана при средних и больших угловых скоростях применяются выпуклые, цилиндрическо-конические барабаны (рис. 3.3). Поскольку лента при движении перемещается к самой высокой точке барабана за счет составляющей центробежной силы, действующей по наклонной поверхности, то она ориентируется относительно центра и тем самым снижает вероятность бокового схода (рис. 3.3).



**Рис. 3.3. Барабаны: цилиндрическо-конический, конический, выпуклый**

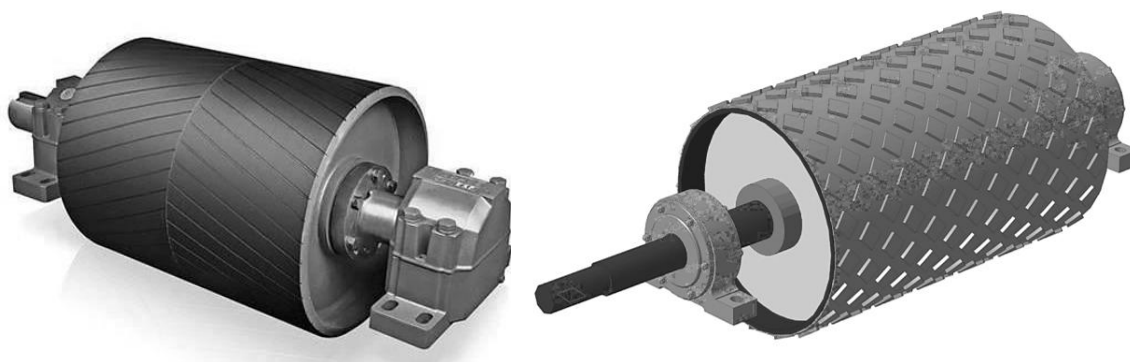
Однако научно доказано, что если конусную часть барабана сделать по диаметру в большую сторону, то износ ленты уменьшается (рис. 3.4) [23].



**Рис. 3.4. Барабан цилиндрическо-конический центрирующий**

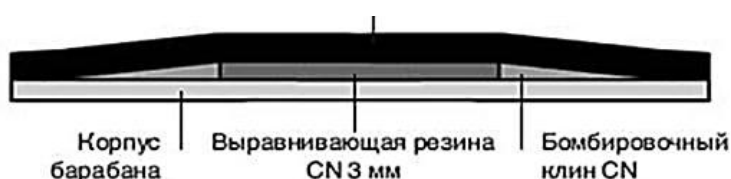
В связи с тем, что в данном случае, диаметр барабана увеличивается от середины к торцу, тангенциальная сила стремится сдвинуть ленту по поверхности барабана по направлению к центральной оси. Таким образом, лента будет стремиться занять центральное положение на барабане. Это справедливо для медленно вращающихся приводных и натяжных барабанов ленточных конвейеров, у которых влиянием центробежных сил можно пренебречь.

Каждый барабан рассчитан на определенную мощность конвейера. Поэтому к важнейшим параметрам этого механизма относятся прочностная и функциональная характеристики. Чем больше величина крутящего момента и чем выше допустимая нагрузка на движущуюся ленту, тем выше прочностная характеристика барабана. Функциональная характеристика определяется расчетными формулами силы трения между лентой и барабаном. Для увеличения силы трения (коэффициента трения) ленты на барабане, поверхность его может быть футерована резиной, эластомером, например, нитриловый каучук (твердость 60-80) или уретан (твердость 80-90). Такие фрикционные покрытия могут быть применены в форме трубы, листа или распылением (рис. 3.5).



**Рис. 3.5. Приводные барабаны футерованы резиной**

Возможна установка профилированной футеровки также и на натяжные барабаны, что уменьшает налипание на них груза, тем самым увеличивая срок службы как самих барабанов, так и конвейерной ленты. Для увеличения тяговой способности приводного барабана конструкции резиновых футеровок выполняются бочкообразной формы (рис. 3.6).

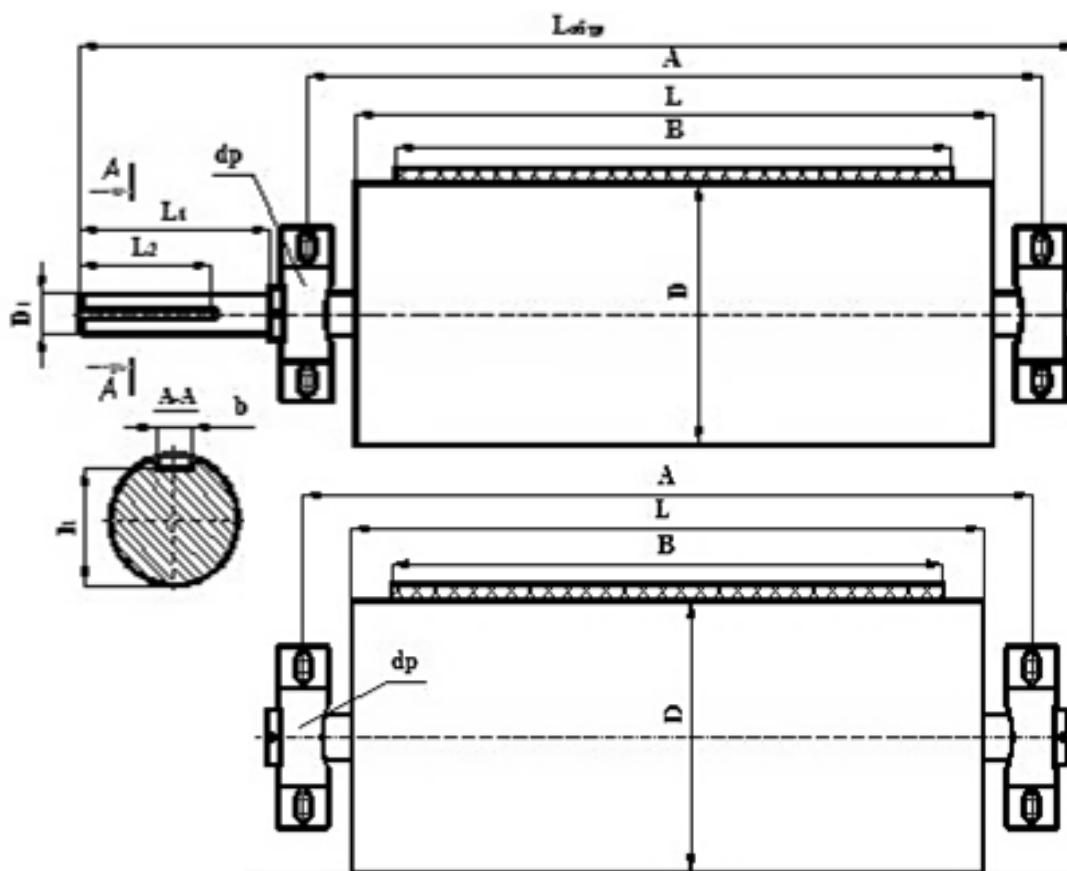


**Рис. 3.6. Бочкообразная форма футеровки барабана**

Бочкообразная форма футеровки и рифленая ее поверхность способствует увеличению коэффициента сцепления ленты с барабаном, а соответственно и тягового фактора привода, уменьшая при этом необходимое натяжение ленты, что способствует увеличению сроков службы ленты, ее стыков и возможное использование конвейерных лент с меньшей тяговой нагрузкой, что экономит ресурсы.

ГОСТ 22644-77 предусматривает ряд диаметров приводных и не приводных не футерованных барабанов: 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1400, 1600, 2000, 2500 мм. Длину барабана принимают на 100 мм больше ширины ленты при  $B = 300 \div 650$  мм или 150 мм при  $B = 800 \div 2500$  мм.

Минимальные диаметры барабанов определяются от его назначения и нагрузки, в основе которой понимается максимальное натяжение ленты, величина окружного усилия, передаваемого крутящего момента (рис. 3.7).



**Рис. 3.7. Барабан приводной, неприводной :  $B$  – ширина ленты;  $D$  – диаметр барабана;  $D_1$  – диаметр вала;  $L_{общ}$  – общая длина вала;  $L$  – длина обечайки барабана;  $L_1$  – длина консоли;  $L_2$  – длина шпонки;  $d_p$  – диаметр подшипника;  $A$  – присоединительный размер к раме конвейера**

Имеются производства, где диаметры барабанов определяются в зависимости от ширины используемой ленты или от принятой номинальной прочности прокладки. Это не совсем корректно, т.к. ширина ленты и тем более ее прочность не определяют нагрузку на барабан, а значит, размер диаметра в этом случае принимается условно.

Однако предварительный выбор диаметров барабанов часто принимают от этих параметров при ориентировочном (первоначальном) проектировании ленточного конвейера (табл. 3.1) [24]



Таблица 3.1

**Рекомендуемые размеры барабана в зависимости от ширины и номинальной прочности прокладки ленты**

Ширина ленты В, мм	Размеры, мм		
	D	A	L
100,200	160, 200, 220		
300, 400	220, 250, 315, 400		
500	220, 250, 315, 400, 500, 630	850	600
650	220, 250, 315, 400, 500, 630	1000	750
800	315, 400, 500, 630, 800	1350	950
1000	400, 500, 630, 800, 1000	1580	1150
1200	400, 500, 630, 800, 1000	1900	1400
1400	400, 500, 630, 800, 1000	2000	1600
1600	400, 500, 630, 800, 1000	2200	1800
2000	630, 800, 1000	2800	2200
Прочность прокладки, Н/мм	Минимальный диаметр барабана (без футеровки), мм		
	Приводной	Натяжной	Отклоняющий
65/3	160	125	100
65/4	200	160	125
65/5	250	200	160
100/3	315	250	200
100/4	400	315	250
100/5	500	400	315
100/6	630	500	400
200/3	500	400	315
200/4	630	500	400
200/5	800	630	500
200/6	1000	800	630
250/4	800	630	500
250/5	1000	800	630
300/3	630	500	400
300/4	800	630	500
300/5	1000	800	630
300/6	1200	1000	800
400/2	500	400	315
400/3	800	630	500
400/4	1000	800	630
400/5	1250	1000	800
400/6	1400	1250	1000
500/2	630	500	400
500/3	1000	800	630
500/4	1250	1000	800
500/5	1400	1250	1000
600/2	630	500	400
800/2	800	630	500
1000/2	1000	800	630

\*- количество прокладок

При уточненном расчете ленточного конвейера, когда известен момент на приводном барабане, принимают основные параметры барабана по табл. 3.2.

**Таблица 3.2**

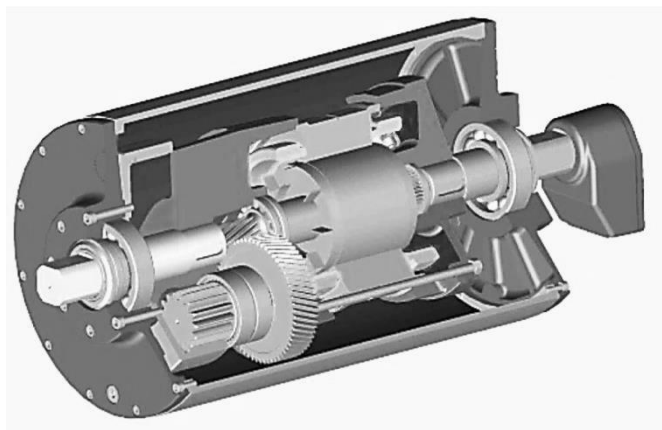
**Основные параметры барабана**

Ширина ленты В, мм	Крут. момент $M_{кр}$ , Нм	Тип подш.	Констр. Размеры, мм				Масса ротор частей, кг
			D	D <sub>φ</sub>	A	L	
100, 200	150	3607	160		500	300	
	200	3608	200				
	250	3608	220				
300	280	3609	250		730	500	
	320	3609	315				
	350	3610	400				
400	380	3608	250	-	730	500	49
	940	3610	315	-			62
	1600	3612	400	-			77
	2080	3612	400	440			82
500	360	3608	250	-	850	600	54
	890	3610	315	-			71
	1600	3612	400	-			89
	2080	3612	400	440			95
	3500	3616	500	-			138
	4550	3616	500	540			146
	4500	3616	630	-			156
	5200	3616	630	670			166-176
650	360	3608	250	-	1000	1150	56
	880	3610	315	-			77
	1600	3612	400	-			96
	2080	3612	400	440			104
	3500	3616	500	-			165
	4000	3616	500	540			175
	7300	3620	630	-			257
	10000	3620	630	670			269
800	1200	3612	400	-	1350	950	150
	1560	3612	400	440			160
	2900	3616	500	-			250
	3770	3616	500	540			262
	6000	3620	630	-			340
	8300	3620	630	670			358
	8300	3620	630	670			373
	16000	3624	800	840			540
	16000	3624	800	840			565
	34000	3632	800	840			750
1000	1150	3612	400	-	1580	1750	170
	1500	3612	400	440			182
	2800	3616	500	-			290
	3700	3616	500	540			305
	5800	3620	630	-			390

		Окончание табл. 3.2						
1000	8000	3620	630	670			425	
	16000	3624	800	840			620	
	16000	3624	800	840			645	
	34000	3632	800	840			860	
	34000	3632	800	840			910	
	53000	3636	1000	10400			1230	
1200	1050	3612	400	-	1900	1400	210	
	1360	3612	400	440			224	
	2500	3616	500	-			340	
	3250	3616	500	540			358	
	5300	3620	630	-			460	
	740000	3620	630	670			485	
	7400	3620	630	670			500	
	1600	3624	800	840			720	
	1600	3624	800	840			745	
	3200	3632	800	840			1000	
	3200	3632	800	840			1050	
	5300	3636	1000	1040			1410	
	5300	3636	1000	1040			1480	
	1400	110	3612	400			-	2000
143		3612	400	440	252			
280		3616	500	-	375			
365		3616	500	540	396			
600		3620	630	-	572			
830		3620	630	670	580			
830		3620	630	670	587			
1940		3624	800	840	860			
1940		3624	800	840	880			
43000		3632	800	840	1070			
43000		3632	800	840	1120			
57000		3636	1000	1040	1500			
57000		3636	1000	1040	1570			

Для компактности привода конвейера применяют барабан – мотор типа МБ. Конструкция МБ подобна конструкции мотор-редуктора и представляет собой встроенный в обечайку барабана электродвигатель с зубчатой передачей (рис. 3.8).

Обычно диаметры натяжных барабанов принимаются равными диаметрам приводных барабанов. Однако во многих конструкциях ленточных конвейеров диаметры натяжных барабанов принимаются  $D_H = 0,8D_{ПР}$  в соответствии с ГОСТ 22644-77.



**Рис. 3.8. Барабан - мотор**

Диаметры отклоняющих барабанов принимаются в зависимости от требований к натяжению ленты и конструкции конвейера из стандартного ряда ГОСТ 22644-77. Дополнительное прижатие ленты к приводному барабану осуществляется с помощью установки прижимных барабанов, с использованием пружины, механических, гидравлических, магнитных и др. устройств.

Обозначение барабанов производится от его типоразмера. Пример условного обозначения приводного барабана для конвейера с шириной ленты  $B = 800$  мм, диаметром  $D = 500$  мм, футерованного, с подшипниками диаметром  $d_p = 80$  мм:

*БП 8050Ф-80;*

то же с двумя консолями: *БП 8050Ф-80-2.*

Барабан натяжной шириной ленты  $B = 800$  мм, диаметром  $D = 400$  мм, с подшипниками диаметром  $d_p = 50$  мм:

*БН-8040-50.*

Пример условного обозначения мотор-барабана типа МБ-3 (диаметр барабана 325 мм) с длиной рабочей части 600 мм, мощностью электродвигателя 2,2 кВт, крутящим моментом на барабане в 156 Нм и частотой вращения 112 об/мин:

*МБ-3-600-2,2-156-112.*

#### 4. КОНСТРУКЦИИ ОПОРНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ

Конвейерная лента между барабанами должна опираться на ролики, сплошные настилы, шины, комбинированные опоры, а также может поддерживаться воздушной подушкой. В зависимости от типа конвейера, назначения, его длины, производительности, а также вида транспортируемого груза применяется определенный вид опоры. Настилы (шины) проще и дешевле роlikоопор, но движение конвейерной ленты по настилам связано с большим износом ленты и повышенным расходом энергии за счет трения скольжения, поэтому настилы применяют редко и только для коротких конвейеров малой производительности, чаще всего при перевозке штучных и малоабразивных сыпучих грузов. В конвейерах с роlikоопорами иногда делают короткие настилы, шины в местах загрузки или промежуточной разгрузки ленты. Настилы изготавливаются из дерева либо стали, шины чаще изготавливают из проката (швеллер, уголок). В конвейерах с настилами можно устанавливать борта при транспортировании насыпного груза. Немецкая фирма Trellex изготавливает и поставляет специальную скользящую опору ленты в зоне загрузки, состоящую из 2-х слоев: 1) полиэтилен; 2) резина с вулканизированным алюминиевым профилем.

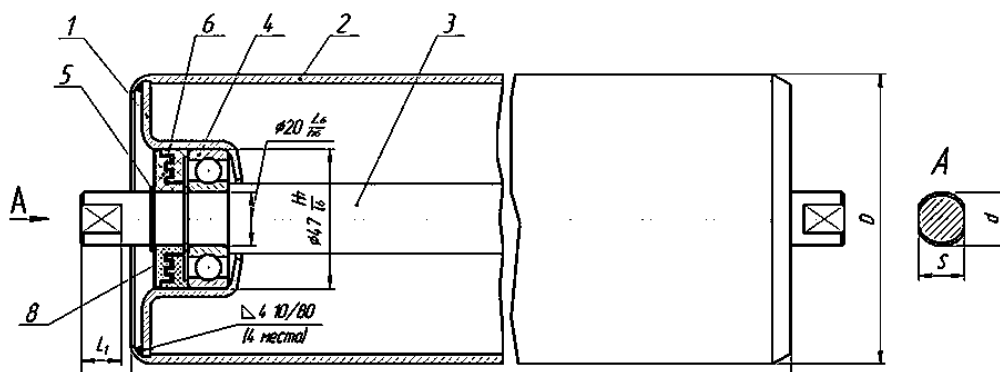
В большинстве конструкций ленточных конвейеров применяются опорные ролики. Роlikоопоры относятся к наиболее массовым элементам ленточных конвейеров. Его основным назначением является поддержание и создание свободного перемещения загруженной конвейерной ленты. К роlikоопорам предъявляют высокие требования: надежности, минимального сопротивления вращению, центрирования ленты; создание необходимой желобчатости и долговечности работы.

Существует несколько видов конвейерных роликов, конструкции которых имеют определенные особенности в зависимости от функционального назначения роликов. Роlikоопоры конвейерные по назначению делятся на

рядовые и специальные. Рядовые роликоопоры предназначены для поддержания ленты и придания необходимой формы. Специальные роликоопоры, кроме того, выполняют следующие функции: центрирующие - регулирование положения конвейерной ленты относительно продольной оси; амортизирующие – смягчение ударов груза о конвейерную ленту в местах загрузки; очистительные – очистка транспортерной ленты от частиц налипшего груза; переходные – изменение желобчатости конвейерной ленты перед барабанами.

Согласно ГОСТ 22645-77 типы роликоопор подразделяются на прямые и желобчатые, верхние и нижние; гладкие, футерованные, центрирующие (дефлекторные), амортизирующие и дисковые.

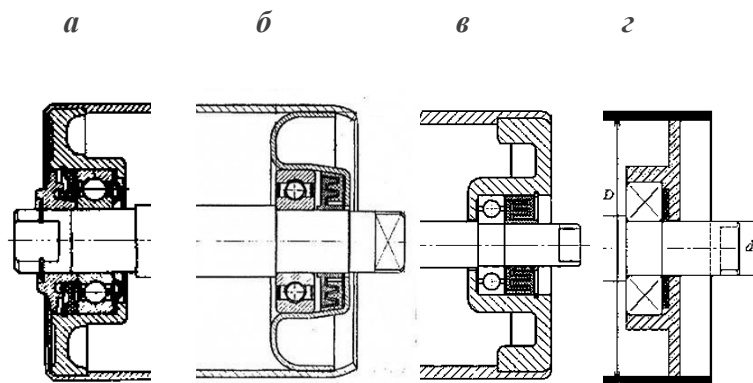
Гладкие ролики устанавливаются на конвейер в виде одно, двух и многороликовых опор, что определяется видом (порошкообразный, мелкий, кусковой, круглый, штучный и т.д.), поперечным сечением рассыпания, плотностью, абразивностью, размерностью транспортируемого груза. Однороликовые опоры используются для ленты, работающей в горизонтальной плоскости рабочей ветви конвейера, и для холостой ветви. По конструкции наиболее распространены ролики со сквозной осью (рис. 4.1). Ролик состоит из корпуса 1, обечайки 2, изготовленной из отрезка трубы; оси 3 (или полуоси); подшипника качения 4 (шарикового, а для тяжелых типов – конического роликподшипника); фиксирующих разъемных колец 5 и защитного уплотнения 6-8.



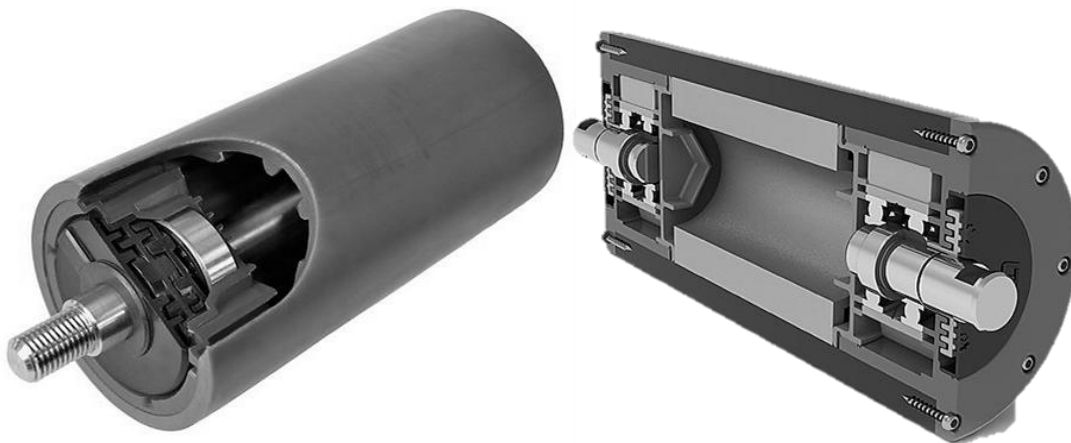
**Рис. 4.1. Конструкция опорного ролика**

В качестве основных материалов для изготовления обечайки используются бесшовные цельнотянутые ГОСТ 8732-78 и электросварные ГОСТ 10704-91 трубы. Конструкция ролика с полуосями выполняется заодно с подшипниковым корпусом и затем механически обрабатывается. Такие ролики характеризуются меньшим весом, но более сложной технологией изготовления. С внутренней стороны подшипник защищен шайбой, канавками во вкладыше или внутренней трубой, которая полностью изолирует его от полости корпуса ролика и служит резервуаром для запаса смазки. Для защиты подшипника с внешней стороны от попадания пыли применяют сложные лабиринтные, роторные контактные уплотнения для разборных роликов и простые войлочные для неразборных роликов, а также используются подшипники с защитными шайбами (рис. 4.2). Оси роликов имеют по концам две параллельные срезанные плоскости (лыски), предназначенные для их фиксации в опорах (стойках) от проворачивания. Оси с лысками закладываются в прорези стоек, которые в свою очередь крепят болтами к раме конвейера. Поверхность роликов чаще подвергается футерованию для повышения надежности детали. Обычно для футерования применяется резина, но в последнее время используются для изготовления роликов пластмассовые материалы, которые используются в агрессивных условиях химической, текстильной, пищевой и др. промышленности. Эти конвейерные ролики являются высокотехнологичной заменой обычных металлических роликов, используемых на ленточных конвейерах в различных отраслях промышленности. Пластмассовые ролики, изготовленные из полиуретана (ПУ, ПФЛ), в сравнении со стальными обрешиненными имеют следующие преимущества: кислотостойкость и стойкость ко многим растворителям; низкая истираемость (условная износостойкость в 3 раза выше, чем у резины); высокая прочность (превышает прочность резины в 2,5 раза); высокие диэлектрические свойства; вибростойкость, водостойкость; оригинальная конструкция крышек, предотвращающая попадание абразивных

частиц в корпус ролика; продолжительный срок службы; низкий уровень шума во время работы (рис. 4.3).



**Рис. 4.2. Конструкции гладких роликов: а – в корпусе с уплотнением в виде скользящих контактных колец (манжет) или их комбинаций; б – в штампованном листовом корпусе с лабиринтовым уплотнением; в – в литом корпусе с лабиринтовым уплотнением; г – неразъемная конструкция с войлочным уплотнением**



**Рис. 4.3. Конструкции роликов из полиуретана на оси и на полуосях**

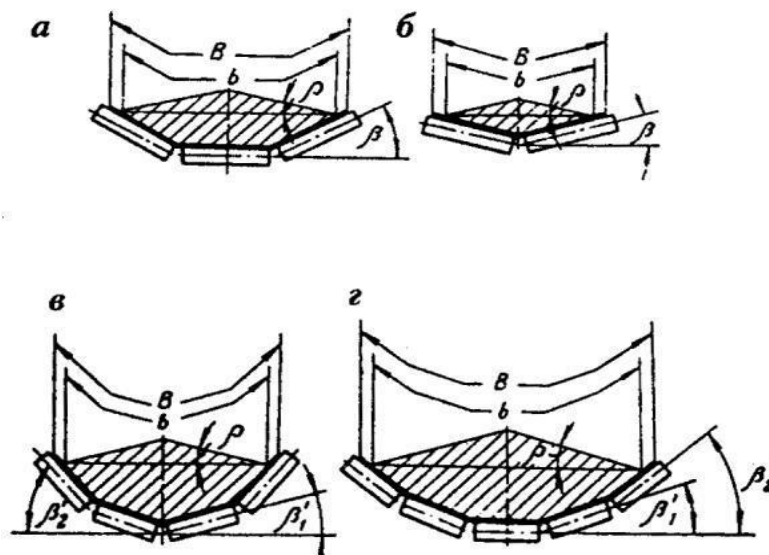
Ролики холостой ветви конвейера нередко изготавливают с надетыми на них металлическими или резиновыми дисками, способствующими лучшей направленности движения ленты и её очистке от налипшего груза (рис. 4.4).





**Рис. 4.4. Ролики с дисками**

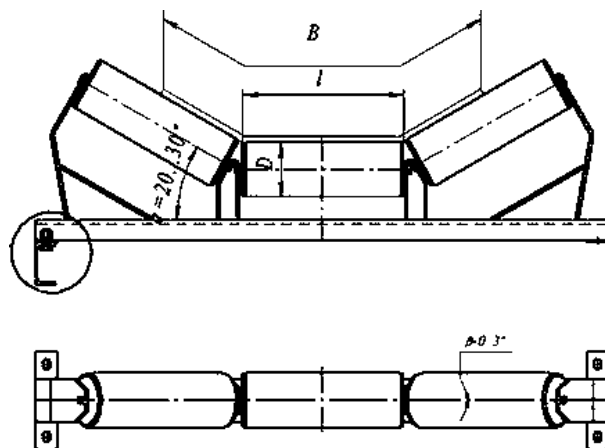
Для создания желоба ленты на рабочей ветви из одинарных роликов составляются двойные, тройные и пятироликовые опоры (рис. 4.5). Достоинством желобчатой ленты является возможность увеличения производительности конвейера на 15–20% и лучшее центрирование хода ленты [25].



**Рис. 4.5. Многороликовые опоры: а – трехроликовая; б – двухроликовая; в – четырехроликовая; г – пятироликовая**

Обычно все ролики в системе этих опор имеют одинаковую длину, а угол наклона боковых роликов  $\gamma$  выбирают из ряда: 10; 15; 20; 25; 30; 35; 45; 60°. Для холостой ветви в двойной опоре ролики устанавливаются под углом 10–15°. В конвейерах общего назначения используют роликовые опоры с жестким креплением осей (рис. 4.6), представляющие собой простую

конструкцию типа изогнутого кронштейна, которые закрепляются на раме конвейера.



**Рис. 4.6. Роликовые опоры с жестким креплением осей**

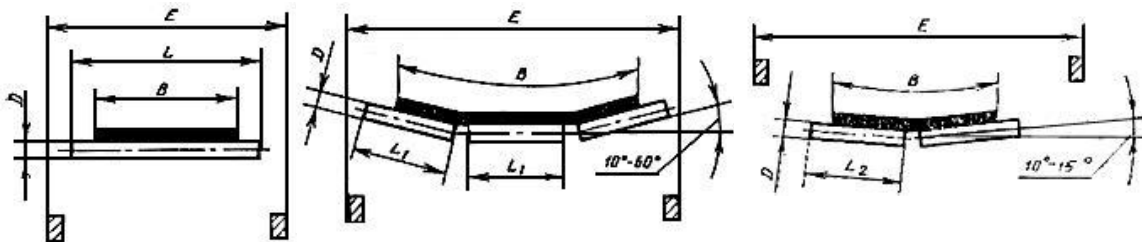
Их конструкция такова, что исключается возможность выпадения ролика из кронштейна. И лента не будет повреждена в случае бокового схода ленты. Роликоопоры выпускаются трех серий: легкой, средней и тяжелой в зависимости от типа используемого подшипникового узла и его защиты. Ролики, относящиеся к серии лёгких, в основном цельные, то есть неразборные (сварные или завальцованные). Следует отметить, что средние и тяжелые серии роликов могут изготавливаться разборными конструкциями. Ролики легкой и средней серий устанавливаются на однорядных шарикоподшипниках, для тяжелой серии используются роликоподшипники. По способу смазки различают ролики с долговременной смазкой (раз в три года) и с периодической (для роликов диаметром 159 мм и более) с помощью пресс-масленок.

Диаметры и длины роликов принимают в зависимости от ширины ленты ГОСТ 22646-77 (табл. 4.1). Обычно длина роликовой опоры больше ширины ленты на 100 – 150 мм. Вес вращающихся элементов роликов в зависимости от типа и ширины ленты приведены в табл. 4.2 [26]. Данные в таблице приведены для роликов, состоящих из обечайки, изготовленной из стальной трубы толщиной 3 мм (в табл. 4.2 : \* – 4 мм, \*\* – 5 мм) в штампованном листовом

корпусе и сваренных вместе с обечайкой. В корпусе ролика шариковые подшипники закрыты двухступенчатым лабиринтовым уплотнением с масляной предкамерой (рис. 4.2.б).

**Таблица 4.1**

**Параметры роlikоопор**



Ширина ленты, В	Диаметр ролика, D	Длина ролика			
		L для конвейеров		L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>
		стационарных	передвижных		
<300	63	380(400)		-	-
400	63; 76; 89; 102; 108	500		160	-
500	63; 76; 89	600		200	-
	102; 108			200(195)	-
650	63; 76; 89; 127; 133	750		250	-
	102; 108			250(245)	-
800	89; 194; 219	950		315	-
	102; 108			315(310)	465
	127; 133; 152; 159; 168; 178			315(310)	(460) 465
1000	89; 102; 108; 127; 133; 152; 159; 168; 178; 194; 219; 245	1150	1400	380	600
1200	89; 102; 108; 194; 219; 245	1400		465	670
	127; 133; 152; 159; 168; 178			465(460)	
1400	102; 108; 127; 133; 219; 245	1600		530	750
	152; 159; 168; 178; 194				750(740)
1600	102; 108; 127; 133; 152; 159; 168; 178; 194; 219; 245	1800	2000	600	900
2000	152; 159; 168; 178; 194	2200		750(740)	1150
	219; 245			750	
2500				900	1400
3000				1150	1600

Таблица 4.2

## Веса вращающихся элементов гладких и обрешиненных роликов

Для типа роlikоопоры и ширины ленты			Название-размер: ролик гл. $\phi \times L/6204$	Вес вращающихся элементов ролика, кг	
1-рол.	2-рол.	3-рол.		Гладкого	Обрешиненного
		400	63×160	1,0	-
		500	63×200	1,2	-
	400	650	63×250	1,4	-
	500		63×315	1,7	-
	650		63×380	2,0	-
400			63×500	2,5	-
500			63×600	2,9	-
650			63×750	3,6	-
800			63×950	4,5	-
		400	76×160	1,2	-
		500	76×200	1,5	-
	400	650	76×250	1,7	-
	500		76×315	2,1	-
	650		76×380	2,4	-
400			76×465	2,9	-
			76×500	3,1	-
500			76×600	3,6	-
650			76×750	4,4	-
800			76×950	5,5	-
1000			79×1150	6,6	-
		400	89×160	1,4	-
		500	89×200	1,7	-
	400	650	89×250	2,0	-
		800	89×300	2,3	-
	500	800	89×315	2,4	-
	650		89×380	2,8	-
	800		89×465	3,3	-
400			89×500	3,6	-
500			89×600	4,2	-

<b>Продолжение табл.4.2</b>					
	1200		89×670	4,6	-
650			89×750	5,1	-
800			89×900	6,1	-
800			89×950	6,4	-
1000			89×1150	7,7	-
		400	108×160	1,7	2,6
		500	108×200	2,0	3,2
		650	108×250	2,4	4,0
		800	108×315	2,9	5,0
		1000	108×380	3,4	6,0
		1200	108×465	4,1	7,3
400			108×500	4,3	7,8
500			108×600	5,1	9,3
650			108×750	6,3	11,6
800			108×950	7,8	14,6
1000			108×1150	9,4	17,7
1200			108×1400	11,3	-
		800	133x315	3,9	6,7
		1000	133x380	4,6	8,1
		1200	133x465	5,4	9,9
		1400	133x530	6,0	11,3
	1000		133x600	6,7	12,7
	1200		133x670	7,3	-
	1400		133x750	8,1	-
800			133x950	10,0	-
1000			133x1150	11,9	24,3
1200			133x1400	14,3	29,6
1400			133x1600	16,3	33,8
1600			133x1800*	18,2	-
		1200	159×465 / 6306*	9,1	-
		1400	159×530 / 6306*	10,1	-
	1000		159×600 / 6306*	11,2	-
	1200		159×670 / 6306*	12,2	-
	1400		159×750 / 6306*	13,5	-
			159×900 / 6306*	15,8	-

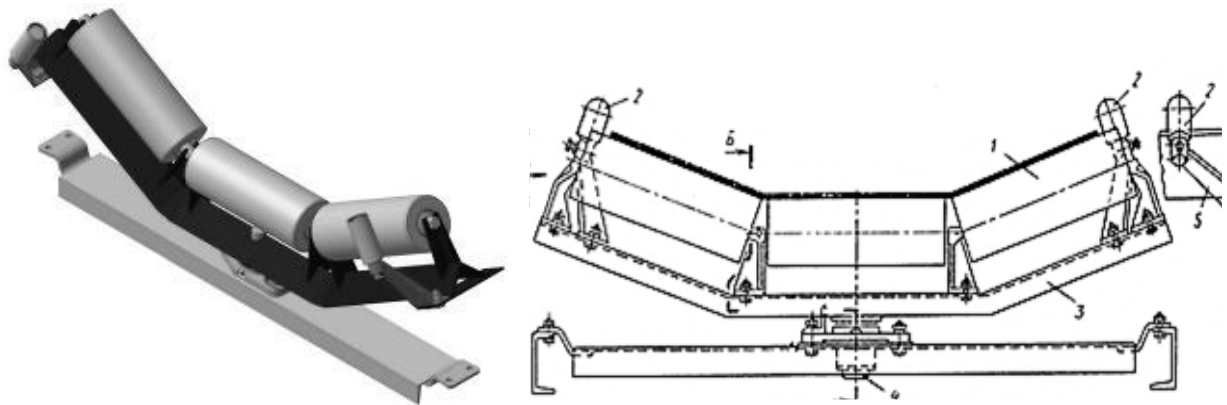
<b>Окончание табл. 4.2</b>					
800			159×950 / 6306*	16,5	-
1000			159×1150 / 6306*	19,6	-
1200			159×1400 / 6306*	23,4	-
1400			159×1600 / 6306*	26,4	-
		1600	194×600 / 6310**	22,6	-
		1800	194×670 / 6310**	24,4	-
		2000	194×750 / 6310**	26,5	-
1800			194×900 / 6310**	30,4	-
1800			194×950 / 6310**	31,7	-
2000			194×1100 / 6310**	35,6	-
2000			194×1150 / 6310**	36,9	-

Устанавливаются роlikоопоры с шагом в зависимости от вида груза. Для насыпного груза расстояние между опорами на средней части рабочей ветви конвейера принимают в пределах  $l_{p.v.} = 1 - 1,5$  м. В зоне загрузки ленты, где наблюдается наибольшая нагрузка, ролики устанавливаются с меньшим шагом в 3-4 раза. В большинстве случаев используются амортизирующие ролики. Для того чтобы смягчить удары в местах загрузки, амортизирующие ролики с жесткими опорами выполняются с резиновыми сплошными или полыми дисками. Конструкции могут быть выполнены на подвесном шарнирном соединении или гибкой оси, представляющей стальной канат (рис. 4.7) [27].



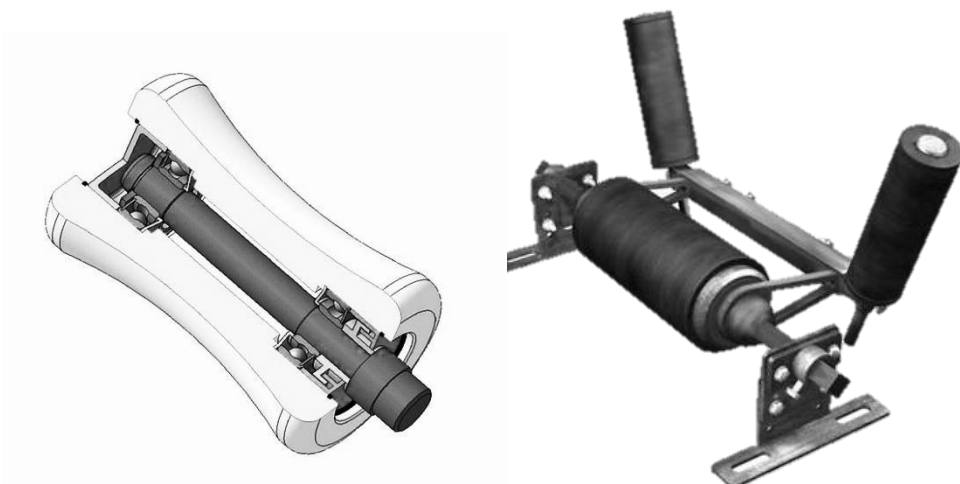
**Рис. 4.7. Амортизирующие ролики**

Для предотвращения схода ленты используют желобчатые центрирующие роликоопоры. Они выглядят как обыкновенные желобчатые, но только снабжены двумя дефлекторными роликами на поворотном кронштейне и вращаются относительно оси (рис. 4.8).



**Рис. 4.8. Центрирующая трехроликовая опора: 1 – наклонный ролик, 2 – дефлекторный ролик, 3 – поворотный кронштейн, 4 – шарнир, 5 – осевая опора**

Дефлекторные ролики играют роль ограничителей для перемещения лент конвейера в разные стороны (рис. 4.9).



**Рис. 4.9. Вогнутый и цилиндрический дефлекторные ролики**

К специальным роликам относятся стопорные ролики, стряхивающие, очищающие, которые используются для чистки поверхностей от налипших веществ, например, таких как мокрый песок, известняк или глина (рис. 4.10).



**Рис. 4.10. Очищающий ролик**

Монтируются на обратном ходу транспортной ленты и служат для очищения прилипающего сыпучего груза к ее поверхности.

Стопорные ролики устанавливаются в наклонных конвейерах с целью фиксирования ленты при ее обрыве. В основе конструкций стопорных роликов имеется храповой механизм (стопор) для фиксирования поворота ролика в обратную сторону рабочего вращательного движения. Заклинивание ролика при обратном вращении происходит при входе боковых выступов храповых дисков в зацепление, в результате чего лента при разрыве вместе с грузом не сползет вниз по наклонной, а проседает между рабочими роликоопорами. Ролики срабатывают как ролики-ловители ленты.

Пример условного обозначения верхней плоской роликоопоры П горизонтального исполнения Г для ленточного конвейера с шириной ленты  $B = 650$  мм с роликом диаметра  $D = 108$  мм:

*Роликоопора ПГ 65-108 ГОСТ 22645-77.*

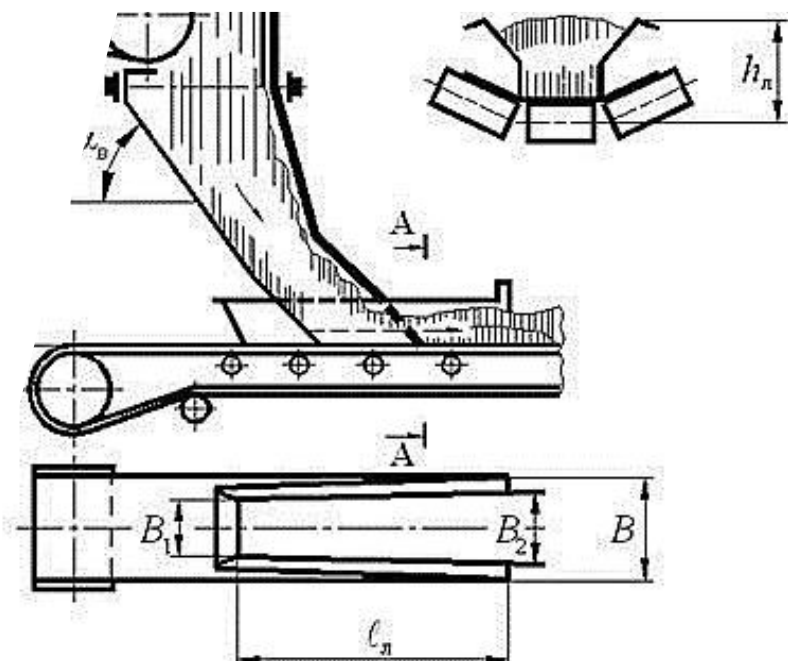
То же, верхней желобчатой роликоопоры Ж футерованного исполнения Ф для ленточного конвейера с шириной ленты  $B = 1200$  мм с роликом диаметром  $D = 133$  мм и углом наклона бокового ролика  $20^\circ$ :

*Роликоопора ЖФЛ120-133-20 ГОСТ 22645-77.*



## 5. ЗАГРУЗОЧНЫЕ, РАЗГРУЗОЧНЫЕ И ОЧИСТИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

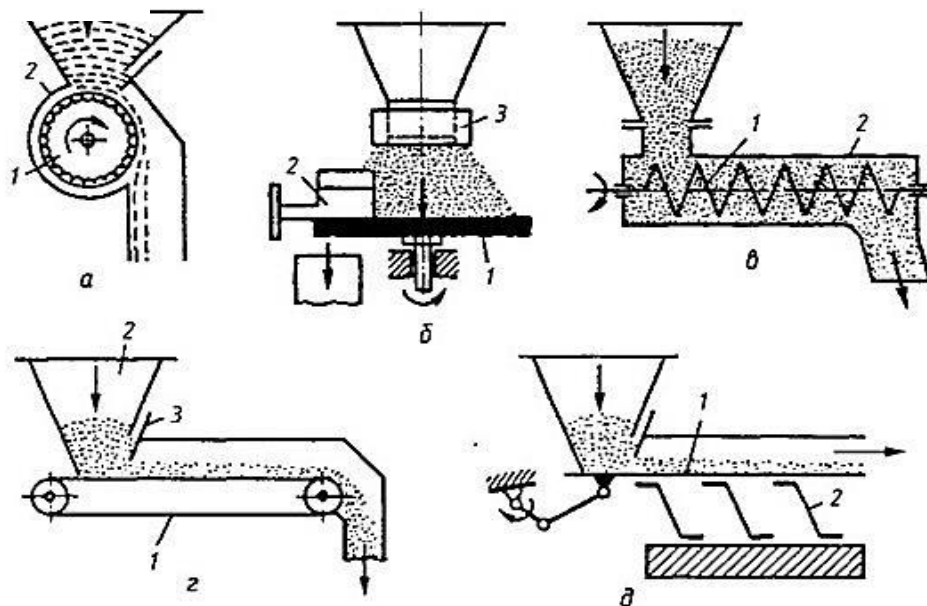
Загрузочные устройства, как правило, устанавливаются в зоне концевой – натяжного барабана. Однако загрузка, так и разгрузка ленточного конвейера может производиться в любом пункте по длине трассы рабочей ветви ленты. От загрузочного устройства зависят: обеспечение расчетной производительности конвейера, подачи и центрирования груза, срок службы ленты и величина местного сопротивления ее движению [28]. При загрузке материала происходит интенсивное изнашивание ленты в результате трения. Имеются конструктивные разновидности загрузочных и разгрузочных устройств. Загрузочные устройства для сыпного материала подразделяются на конструкции с самотечным движением груза, принудительным и сложным движением. В загрузочных устройствах с самотечным движением груз перемещается только под действием сил тяжести. К ним относятся направляющие лотки, бункеры, воронки (рис. 5.1).



**Рис. 5.1. Самотечная загрузка в лоток:  $l_{л}=(1,25-2)B$ ,  $B_1=0,5B$ ,  $B_2=0,7B$ ,  $h_{л}=(0,3-0,5)B$**

Эти устройства не имеют приводных механизмов, просты по конструкции. В загрузочных устройствах с принудительным движением груз

перемещается под воздействием приводных устройств. Многие загрузочные устройства имеют комбинированный вариант: принудительно-самотечный [5]. К этому варианту относятся питатели: барабанные (а), тарельчатые (б), винтовые (в), ленточные (г), вибрационные (д) (рис. 5.2) и др.



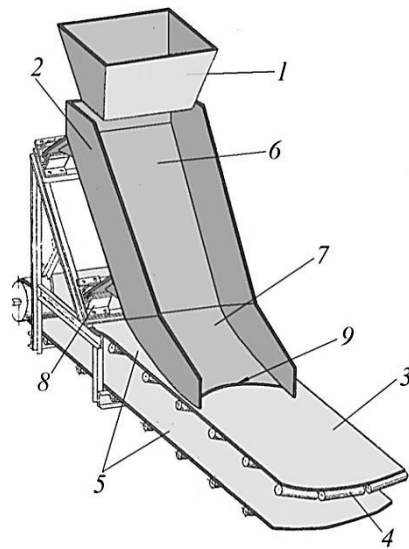
**Рис. 5.2. Барабанный питатель (а): 1 – барабан, 2 – кожух устройства; тарельчатый (б): 1 – тарелка, 2 – дозатор, 3 – бункер; винтовой (в): 1 – шнек, 2 – кожух; ленточный (г): 1 – конвейер, 2 – бункер, 3 – заслонка; вибрационный (д): 1 – желоб, пружины с кривошипно-шатунным приводом**

В загрузочных устройствах под воздействием приводных устройств груз подается на ленту в лоток, который поглощает удар падающего материала и предотвращает преждевременный износ ленты. С точки зрения формы бункера и загрузочного лотка особое внимание необходимо уделять следующему.

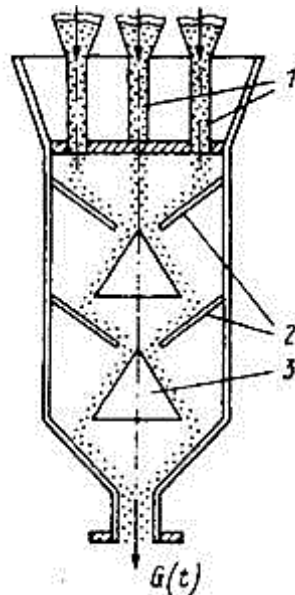
1. Загрузка должна осуществляться в направлении движения конвейера.
2. Высота падения продукта должна быть минимальной.

Это можно достигнуть путем применения криволинейного лотка, в котором насыпной материал медленно движется вниз, в результате чего часть динамической нагрузки потока падающего продукта поглощается до

достижения им ленты (рис. 5.3). В объемных бункерах предусматриваются гравитационные гасители (рис. 5.4).



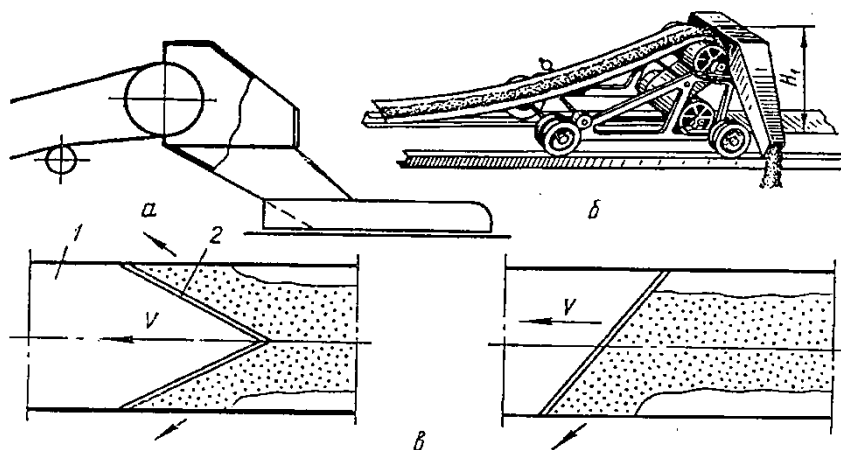
**Рис. 5.3. Загрузочное устройство с криволинейным лотком: 1-бункер; 2- боковые борта; 3-зона поступления материала на ленту; 4- роlikоопоры; 5-рабочая и холостая ветвь конвейера; 6,7- наклонные плоскости бункера (под разным углом), 8-регулирующее устройство; 9- криволинейная форма лотка**



**Рис. 5.4. Бункер с гравитационными гасителями: 1- устройства подачи насыпного материала; 2-наклонные гасители; 3- разделители потока**

3. Скорость потока продукта должна соответствовать скорости конвейерной ленты. При этом условии износ рабочей обкладки ленты и потребление энергии сводится к минимуму.
4. Лента, обладающая глубокой желобчатостью имеет меньшее боковое просыпание продукта и удерживание груза в центре. При транспортировании мелкозернистого материала вокруг загрузочного лотка устанавливают фартуки, которые препятствуют его падению на холостую ветвь ленты.
5. Насыпной материал следует загружать при минимально возможном наклоне конвейера не более  $10^\circ$ , предпочтительно предусматривать для загрузки горизонтальный участок.
6. Конвейерная лента должна иметь дополнительные опоры под зоной загрузки, которые поглощают силу инерции падающего грузопотока. Для этого применяют роликоопоры с резиновым покрытием или демпфирующие устройства, поглощающие удар [27].

Разгрузка транспортируемого груза в основном производится с приводного барабана в приемные устройства. Для промежуточной разгрузки применяются плужковые сбрасыватели, барабанные тележки, имеющие индивидуальный привод (рис. 5.5).



**Рис. 5.5. Разгрузочные устройства: а – с приводного барабана; б – самоходное барабанное; в – плужковый (двухсторонний, одинарный)**

Плужки (скребки) устанавливают по диагонали (приблизительно под углом  $30^\circ$  к направлению движения) с одной стороны или они могут быть двухсторонними — с обеих сторон ленты. Конструкция двухстороннего плужкового сбрасывателя представлена на рис. 5.6.



**Рис. 5.6. Двухстороннее разгрузочное устройство**

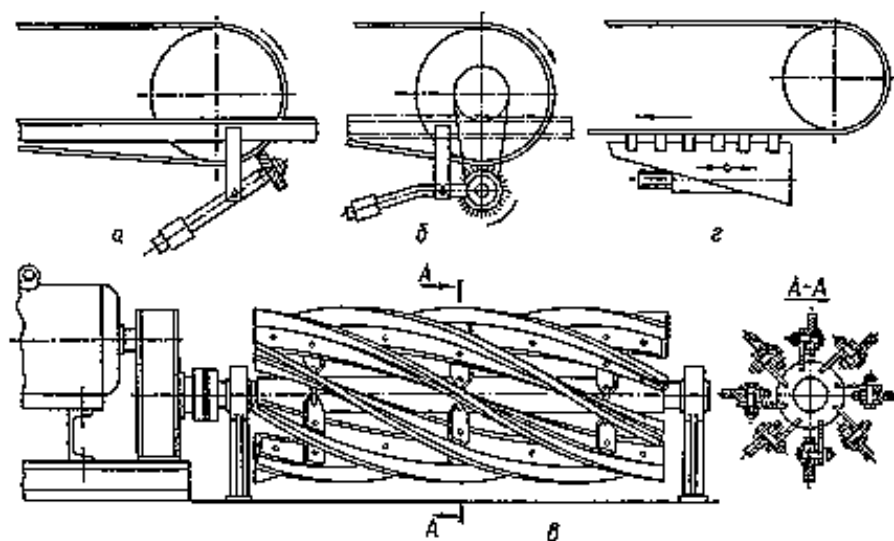
Непрерывный контакт скребка вызывает быстрый износ верхней обкладки ленты. Скребок может также повредить ленту, если некоторая часть продукта застрянет между скребком и лентой. По этим причинам применение ленточного скребка нецелесообразно при скоростях ленты более 1 м/с, его используют только при невысокой скорости транспортирования.

Конструкция барабанного разгрузочного устройства представлена на рис. 5.7 [29].



**Рис. 5.7. Барабанно-тележечное разгрузочное устройство**

На ленточных конвейерах устанавливаются очистительные устройства для очистки рабочей поверхности ленты, а также поверхностей барабанов и холостой ветви ленты, так как возможно боковое просыпание насыпного груза. Особенно это касается абразивного, липкого, влажного, жирного транспортируемого материала. В основном применяются скребковые, щеточные, роликовые, вибрационные и пневматические очистительные устройства (рис. 5.8).



**Рис. 5.8. Очистительные устройства: а – скребковый; б – щеточный; в – роликовый; г – твердоэлементный**

Очистительные скребки изготавливают из металла, керамики, резины и пластмассы. Металлические и керамические скребки очищают эффективно, однако могут повреждать ленту и ее стыковое соединение.

Резина и пластмасса предпочтительны, так как они меньше повреждают ленту и особенно стыковое соединение. Скребки из полиуретана более износоустойчивы, и использование их может быть экономически выгодным, хотя начальная стоимость их может быть выше. Эффективность системы очистки конвейерной ленты также зависит от давления скребка на ленту. Избыточное давление может несколько повысить эффективность, однако при этом значительно снижается срок службы конвейерной ленты и скребка.

Обычно устройство для очистки ленты состоит из одного скребка. Скребки устанавливаются перпендикулярно или под небольшим углом (около

15°) к направлению движения ленты. Они прижимаются к ленте с помощью пружины или рычажного механизма с регулируемым противовесом (рис. 5.9).



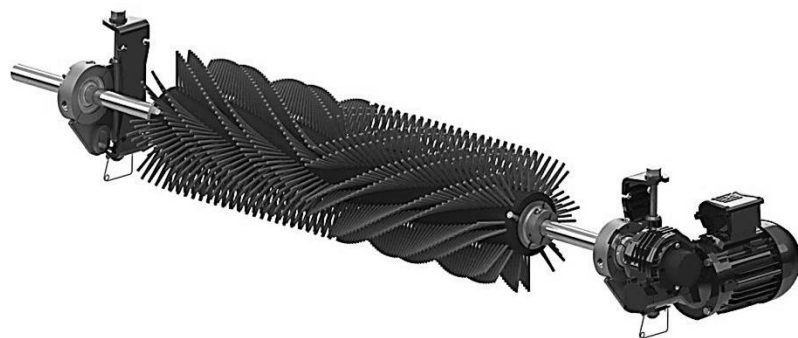
**Рис. 5.9. Очистительное устройство с пружинным прижимом к конвейерной ленте**

Очевидным преимуществом прижима скребка являются пневмоцилиндры, которые создают постоянное давление. Равномерное и постоянное давление на скребок способствует снижению скорости износа. Для качественной очистки поверхности ленты устанавливают скребки грубой и тонкой очистки. Широко используются конструкции скребков в конвейерах завода «Приводная техника» (С-П), «Резинотехника» (г.Балашиха, М. обл), «Trelex» (С-П) и др.

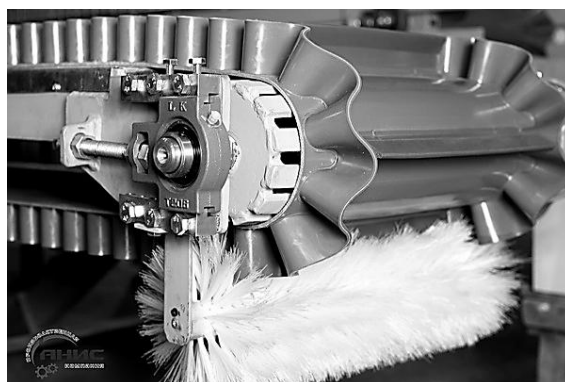
Щеточные очистители выполняются стационарными и вращающимися, которые являются более эффективными. Они вращаются в направлении, противоположном движению ленты конвейера со скоростью почти в 4 раза превышающей скорость ленты.

Приводом является клиноременная передача от вала барабана или от независимого электродвигателя (рис. 5.10).

Щетки прижимаются к конвейерной ленте с определенной силой. Применение нейлонового волокна в щетках значительно продлевает срок их службы (рис. 5.11).



**Рис. 5.10. Щеточный приводной очиститель**



**Рис. 5.11. Нейлоновые щетки**

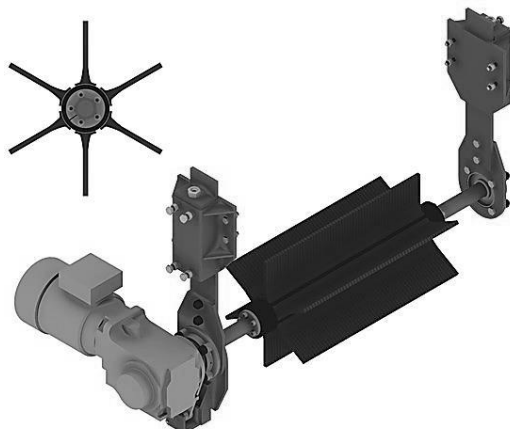
Очистители для конвейерных лент роликового типа чем-то напоминают щетки. Они также могут иметь собственный привод, для очистки оснащены металлическими или резиновыми дисками (рис. 5.12).



**Рис. 5.12. Роликовый очиститель с резиновыми дисками**



В зимнее время могут применяться ролики с лопатками (рис. 5.13).



**Рис. 5.13. Роликовое очистительное устройство с лопатками**

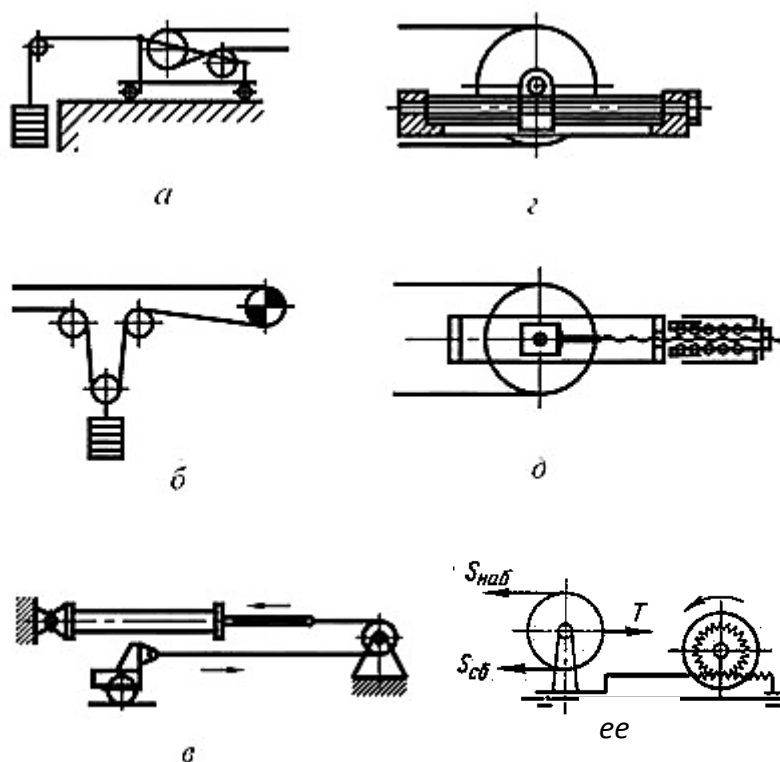
Для очистки поверхности ленты гидравлические и пневматические очистители используют струю воды, воздуха или пара, выпускаемую под высоким давлением. Такая технология также называется бластингом (blast - с англ. взрыв, резкий поток воздуха). Она наиболее широко распространена в пищевой промышленности, а также фармацевтической промышленности и полиграфии, так как пневматические очистители не только обеспечивают высокую степень очистки, но и также дополнительную дезинфекцию [30, 31] .

## **6. НАТЯЖНОЕ УСТРОЙСТВО**

С помощью натяжного устройства ленте сообщается определенное натяжение, которое создает тяговое усилие на приводном барабане за счет силы трения возникающее между лентой и поверхностью барабана. Кроме того, натяжение ленты должно быть достаточным для транспортировки груза, исключая провис между роликовыми опорами. Натяжным устройством в процессе эксплуатации конвейера компенсируют вытяжку ленты.

В качестве основного элемента натяжного устройства используют обычно хвостовой барабан конвейера. В некоторых конструкциях натяжной барабан устанавливают на холостой ветви образования петли ленты конвейера после приводного барабана.

Натяжные устройства по способу действия и конструкции классифицируют на механические; пневматические; гидравлические; грузовые (рис. 6.1). Грузовые натяжные устройства делятся на грузовые тележечные и грузовые вертикальные (рамные). Каждое из названных натяжных устройств состоит из натяжной тележки (или натяжной рамы) и грузового устройства. Грузовые устройства могут быть без полиспаста, с полиспастом или грузолебедочные.



**Рис. 6.1. Натяжные устройства:**

***a* – хвостовое грузовое; *б* – промежуточное грузовое; *в* – гидравлическое (пневматическое); *г* - винтовое; *д* – пружинно-винтовое; *е* - реечное**

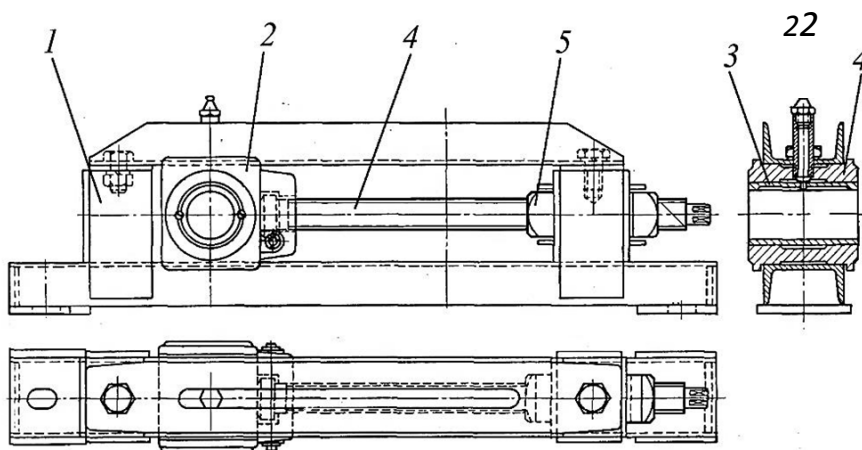
Преимущества механических натяжных устройств: простота конструкции; малые габаритные размеры; компактность. Недостатки механических натяжных устройств: нестабильное натяжение в процессе эксплуатации конвейера; возможность чрезмерного натяжения тягового

элемента; жесткость крепления и отсутствие подвижности при случайных перегрузках; необходимость периодического наблюдения и подтягивания.

Преимущества грузового натяжного устройства: приводится под действием свободно висящего груза; автоматически обеспечивает постоянное усилие натяжения ленты; компенсирует изменения длины тягового элемента; уменьшает пиковые нагрузки при перегрузках. Недостатки грузового натяжного устройства: большие габаритные размеры; большая масса груза для мощных и длинных ленточных конвейеров.

Пневматические и гидравлические натяжные устройства имеют малые габаритные размеры, но требуют установки специального оборудования для подачи под постоянным давлением воздуха или масла.

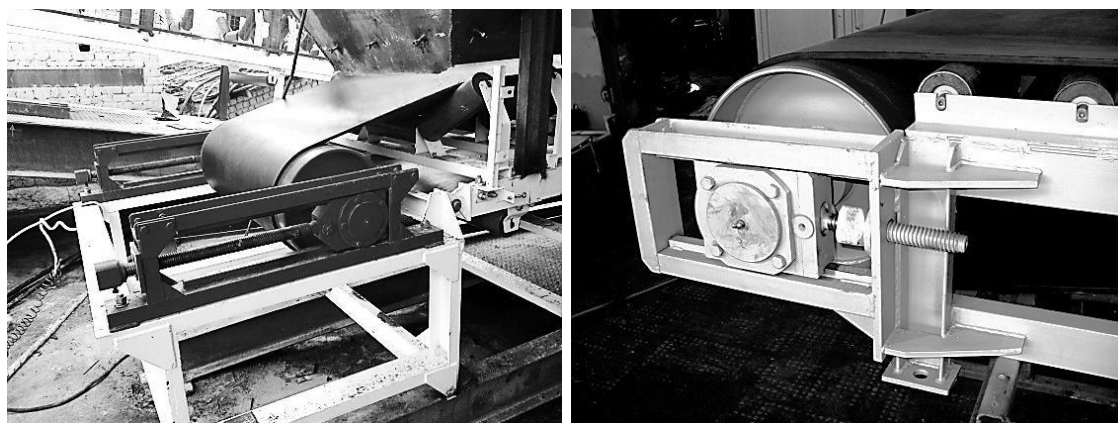
Выбор типа натяжного устройства зависит от длины конвейера, схемы его трассы, условий размещения устройства и других условий. В основном на конвейерах, используемых в химической и пищевой промышленности используют механические (винтовые) натяжные устройства (рис. 6.2).



**Рис. 6.2. Винтовое натяжное устройство: 1 – корпус; 2 – ползун; 3 – вкладыш; 4 – винт; 5 - гайка**

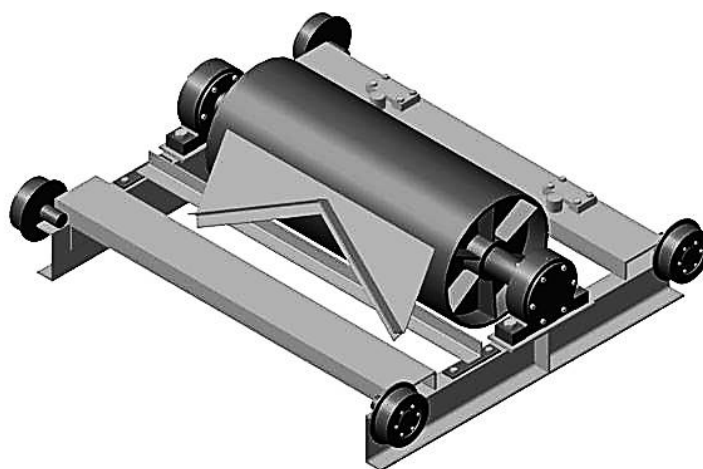
Длина хода барабана натяжного устройства должна быть (1,5–2)% от длины конвейера. Винтовые натяжные устройства следует применять при длине конвейера не более 50 м. Длина хода натяжного барабана винтового устройства должна быть 320 мм (для конвейеров длиной до 15 м); 500 мм (для

конвейеров до 25 м) и 800 мм (для конвейеров длиной 25–50 м). Типоразмер винтового натяжного устройства следует принимать в зависимости от типоразмера приводного барабана. С целью уменьшения габаритов конвейера рекомендуется устанавливать винт в рамках контура ленты, то есть, чтобы винт работал на деформацию сжатия (рис. 6.3).



**Рис. 6.3. Установка винтового натяжного устройства**

Однако не всегда имеется возможность применять винтовые натяжные устройства, т.к. длина винта выходит за пределы допускаемых размеров при длине конвейера более (50– 60) м. В этом случае применяются реечные, грузовые, тележечные натяжные устройства (рис. 6.4)



**Рис. 6.4. Тележечное натяжное устройство**

## 7. ПРИВОД

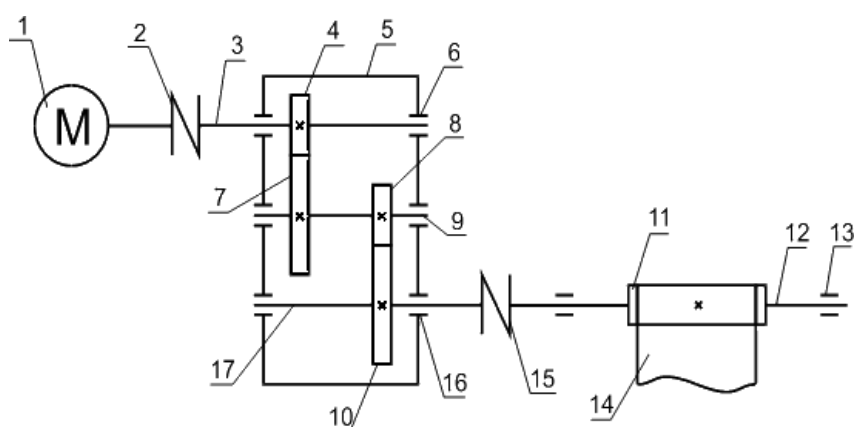
Привод – электромеханическое устройство для приведения в действие ленточных конвейеров. Назначение привода - создать тяговое усилие на приводном барабане с целью обеспечения определенной скорости движения ленты с транспортируемым грузом, как в момент пуска конвейера, так и в стационарном режиме.

Наиболее надежным и конструктивно простым для ленточных конвейеров общего назначения и, в частности, для химической и пищевой промышленности, является однобарабанный привод. При выборе типа редуктора для привода рабочего органа (устройства) необходимо учитывать множество факторов, важнейшими из которых являются: значение и характер изменения нагрузки, требуемая долговечность, надежность, КПД, масса и габаритные размеры, требования к уровню шума, стоимость изделия, эксплуатационные расходы. Из всех видов передач зубчатые передачи имеют наименьшие габариты, массу, стоимость и потери на трение. Коэффициент потерь одной зубчатой пары при тщательном выполнении и надлежащей смазке не превышает обычно 0,02-0,03. Зубчатые передачи в сравнении с другими механическими передачами обладают большой надежностью в работе, постоянством передаточного отношения из-за отсутствия проскальзывания, возможностью применения в широком диапазоне скоростей и передаточных отношений. Эти свойства обеспечили большое распространение зубчатых передач; они применяются для мощностей, начиная от ничтожно малых (в приборах) до измеряемых десятками тысяч киловатт [32].

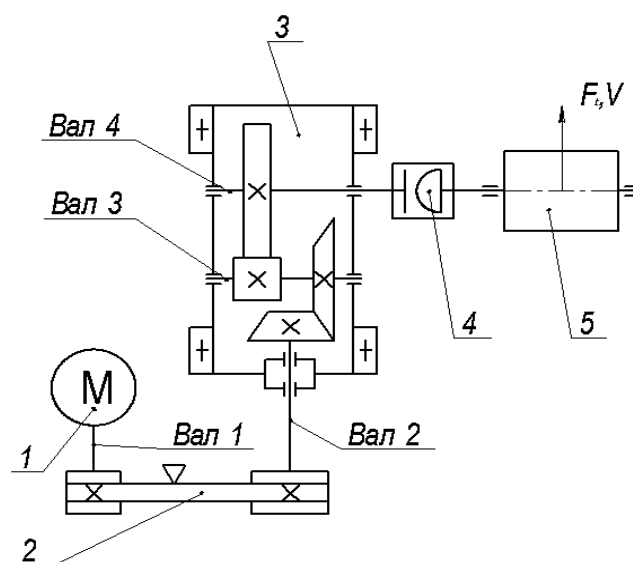
Электромеханический привод ленточного конвейера состоит из электродвигателя и механической части, состоящей из редуктора и при необходимости открытой передачи. В ленточных конвейерах общего назначения в основном применяются асинхронные с повышенным пусковым моментом электродвигатели, типа 4А. Данный электродвигатель имеет

высокую надежность, относительно низкую стоимость, простоту в эксплуатации и обеспечивает нормальный пуск привода при условии  $M_{\text{пуск}}/M_{\text{ном}} \geq 1,5-1,8$ .

В зависимости от назначения конвейера, производительности, эксплуатационных требований привод проектируется в разной конструктивной интерпретации с точки зрения расположения, оптимальности, экономичности. Редукторы в приводе обычно применяют зубчатые цилиндрические двухступенчатые (рис.7.1), при установке привода, где двигатель располагается вдоль оси конвейера, применяют зубчатые коническо-цилиндрические редукторы (рис. 7.2).



**Рис. 7.1. Привод к ленточному конвейеру: 1 – электродвигатель; 2,15 – муфты (МУВП, цепная); 3 – быстроходный (ведущий) вал; 4,7 –1-ая зубчатая ступень; 5 – корпус; 6,9,16 – подшипниковые узлы; 8,10 – 2-ая зубчатая ступень; 11 – приводной барабан; 12 – вал; 13 – подшипниковый узел; 14 – конвейерная лента; 17 – тихоходный (ведомый) вал**



**Рис. 7.2. Привод к ленточному конвейеру: 1 – электродвигатель; 2 – ременная передача; 3 - коническо-цилиндрический редуктор; 4 – муфта фрикционная; 5 – приводной барабан**

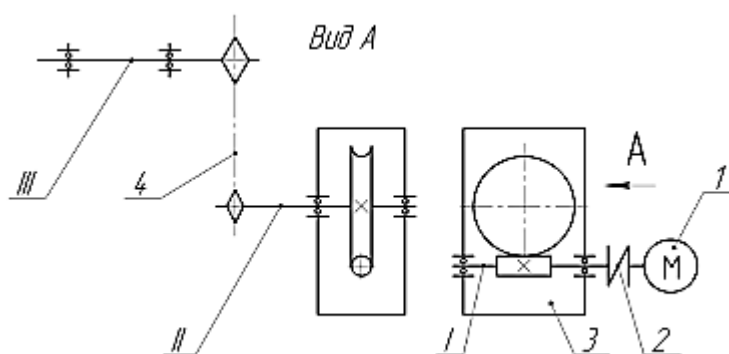
При больших передаточных отношениях привода в конвейерах с малыми скоростями, например, в пищевой промышленности, применяют червячные редукторы (рис. 7.3) или мотор-редукторы.

Редукторы подбирают по расчетному моменту на тихоходном валу и передаточному отношению таким образом, чтобы во время эксплуатации принятый редуктор работал с возможной перегрузкой до 5% и недогрузкой до 15%. Двигатель выбирается по расчетной мощности и синхронной частоте вращения вала.

Установка привода может осуществляться внутри приводной части сварной рамы конвейера, тогда применяют открытые передачи: зубчатые, ременные или цепные. Оптимальный тип передачи выбирается с учетом эксплуатационных условий, характера нагрузки, срока службы, техники безопасности, удобства расположения, обслуживания, стоимости [33].

Приводная механическая система обеспечивается соединительными муфтами. Вал электродвигателя с быстроходным (ведущим) валом редуктора

соединяется упругими муфтами: втулочно-пальцевой, с резиновой звездочкой, торообразной оболочкой.



**Рис. 7.3. Привод к ленточному конвейеру: 1 – электродвигатель; 2 – муфта упругая; 3 – червячный редуктор; 4 – цепная передача; I – ведущий вал редуктора; II – ведомый вал редуктора; III – вал приводного барабана**

Эти муфты обладают малым моментом инерции, что уменьшает пусковые и другие динамические нагрузки, а также обладают упругими свойствами, что позволяет компенсировать перекося валов, радиальное и осевое смещение. Выходной (ведомый) вал редуктора и вал приводного барабана конвейера обычно соединяют зубчатой или цепной муфтами. Эти муфты передают большие моменты кручения и в то же время обладают хорошими компенсирующими свойствами, что особенно необходимо для



соединения валов, когда узлы расположены не на одной раме. Если рама привода установлена в рамках станины конвейера, то лучшим вариантом соединения валов является открытая передача.

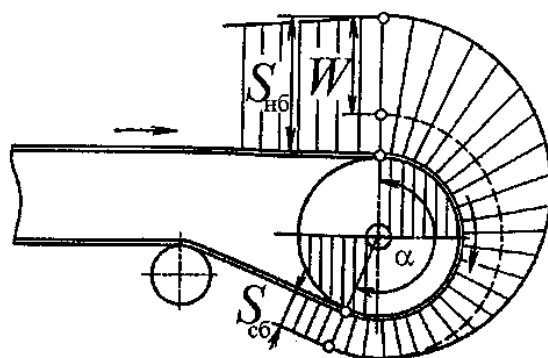
При наличии у ленточных конвейеров наклонных участков, на которых возможен самопроизвольный ход грузёной ленты в обратную сторону при остановке электродвигателя, конвейеры должны иметь тормозные устройства. Обратный ход грузёной ленты может вызвать завал конвейера насыпным грузом, а также поломку механизмов и обрыв ленты. На конвейерах устанавливаются колодочные тормоза с электрическим приводом (типа ТКТ) и аварийные храповые остановы (на случай поломок в механизмах привода). Колодочный тормоз действует обычно на обод соединительной муфты между электродвигателем и редуктором привода конвейера. При работающем электродвигателе колодки тормоза разжаты, включение тормоза в работу, т.е. зажатие его колодками соединительной муфты, происходит при снятии питания с двигателя. Храповой останов состоит из храпового колеса, насаживаемого на вал приводного барабана, и собачек, которые входят в зацепление с зубьями храпового колеса и при обратном ходе конвейера останавливают его.

На передвижных, а также недлинных конвейерах применяют электробарабаны, в которых электродвигатель и передаточный механизм заключен внутри барабана (рис. 3.2). Достоинство электробарабанов заключается в полностью закрытой конструкции, недостатки – в более сложном доступе к двигателю и передаточному механизму, а также сложности охлаждения при длительной работе.

На конвейерах тяжело нагруженных и большой протяженности применяются многобарабанные приводы, работающие согласованно друг с другом и предназначенные для одного тягового элемента конвейера. В двухбарабанном приводе оба барабана могут приводиться во вращение одним двигателем, либо двумя, соединенными с одним валом или же каждый барабан приводится во вращение отдельным двигателем.

Для комплектации привода необходимо знать потребляемую мощность (крутящий момент) и угловую скорость приводного барабана конвейера с определенными техническими параметрами всех узлов конструкции. Скорость транспортирования груза связана с производительностью, а мощность во многом зависит от тяговой способности ленточного конвейера.

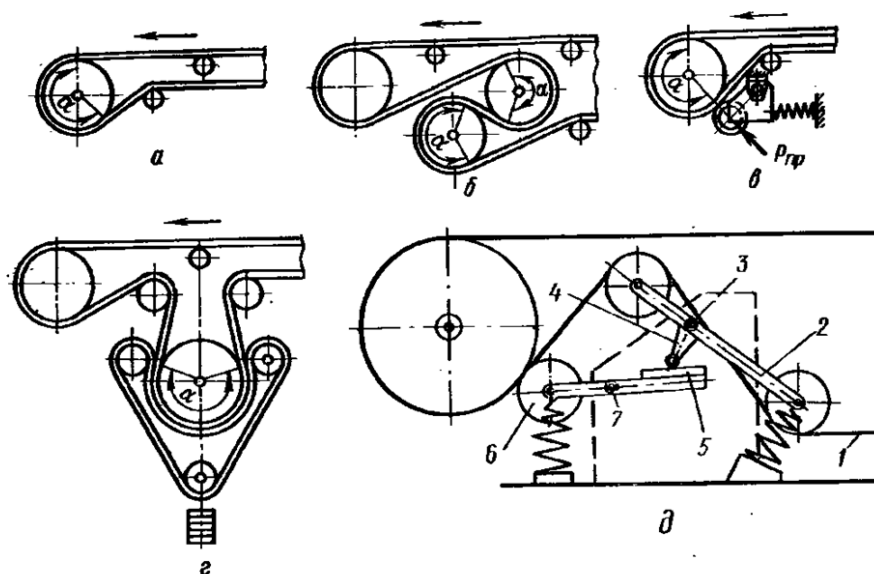
Тяговая способность приводного барабана зависит от коэффициента трения ( $f$ ) ленты с поверхностью приводного барабана и угла охвата барабана лентой ( $\alpha$ ). Коэффициент  $f$  увеличивается за счет применения различного рода фрикционных футеровочных накладок на барабан. Угол охвата на барабане увеличивают за счет установки отклоняющих барабанов. Натяжение набегающей ветви ленты на приводной барабан  $S_{нб}$  равно натяжению предыдущей точки контура рабочей ветви контура конвейера плюс сопротивление на рассматриваемом участке. Величину  $S_{нб}$  устанавливают исходя из того, что она должна быть достаточной для обеспечения сцепления ленты и барабана в соответствии с уравнением Эйлера и ограничивать величину провиса ленты между опорными роликами  $\delta$  в заданных пределах:  $\delta = 0,03t_{pp}$ , где  $t_{pp}$  - шаг установки роликов на рабочей ветви ленты конвейера.



**Рис. 7.4. Схема натяжения набегающей ветви ленты на приводной барабан**

Повышение угла охвата ( $\alpha$ ) достигается применением отклоняющих роликов (рис. 7.5,а), сдвоенных барабанов (рис. 7.5,б), а также дополнительным

прижимом роликом (рис. 7.5,а), лентой (рис. 7.5,б) к барабану, автоматическим регулированием (рис. 7.5,в), автоматическим регулированием (рис. 7.5,д).



**Рис. 7.5. Варианты устройств для увеличения тяговой способности приводного барабана**

При однобарабанном приводе, расположенном в головной части конвейера, оптимальный угол обхвата приводного барабана лентой равен  $200-210^{\circ}$ . Необходимый угол обхвата определяется положением отклоняющего барабана относительно приводного барабана.

Приводные барабаны футеруют в большинстве случаев конвейерной лентой, закрепляя её винтами к обечайке барабана. Более предпочтительными являются рифлёные футеровки из негорючей резины, которые резко улучшают сцепление ленты с барабаном.

В целом привод устанавливается на опорных конструкциях рамы конвейера.

## 8. РАМА КОНВЕЙЕРА

Рамы коротких и передвижных ленточных конвейеров представляют единую сварную металлоконструкцию, состоящую из стального проката: швеллеров, уголков, полос, пластин и др. В конструкции общей станины

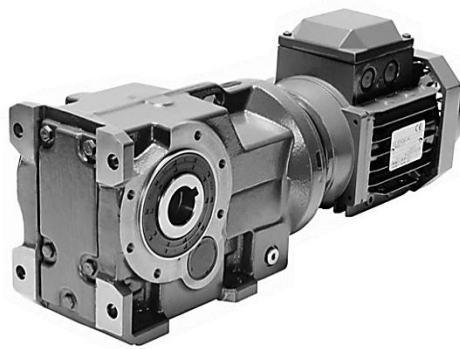
стационарных конвейеров предусматриваются жесткие промежуточные секции длиной 2–5 м, которые представляют среднюю часть рамы, секции приводного барабана, натяжного устройства, а также рамы привода. Пример конструктивного решения рамы приводного барабана конвейера с шириной ленты  $B = 650$  мм представлен на рис. 8.1 [28]. Металлоконструкция состоит из сварной замкнутой коробки, установленной на четырех стойках, каждая из которых опирается на опоры для устойчивости и равномерного распределения весовой нагрузки. Для жесткости конструкции на швеллеры привариваются пластинчатые уголки. В местах установки подшипниковых корпусов для приводного барабана предусматриваются пластики с соответствующими отверстиями крепления. В зависимости от размеров диаметра барабана и высоты его установки от плоскости пола привариваются уголки для установки отклоняющего барабана. В местах содинения приводной секции с секцией средней части рамы конвейера имеются специальные кронштейны.

Секции средней части рамы предназначены для крепления верхних и нижних роlikоопор, диффлекторных роликoв, ограждений, а на участках загрузки и промежуточной разгрузки конвейера – загрузочных лотков и сбрасывателей. Длины секций средней части рамы целесообразно принимать кратными шагу установки роlikоопор. На рис. 8.2 представлена конструкция секции средней части рамы длиной 6000 мм [28]. Сварная секция представляет собой коробку из швеллера по размерам меньшим в сравнении с номером швеллера секции приводного барабана. На верхней полочке швеллера сделаны отверстия для крепления роlikоопор рабочей ветви ленты с шагом установки  $l_p$ , на нижней полочке швеллера отверстия сделаны в соответствии установки роlikоопор на холостой ветви ленты с расстоянием  $l_x = 2l_p$ . Секция имеет стойки, выполненные из уголков с приваренными связями по ширине конвейера для усиления и жесткости конструкции.

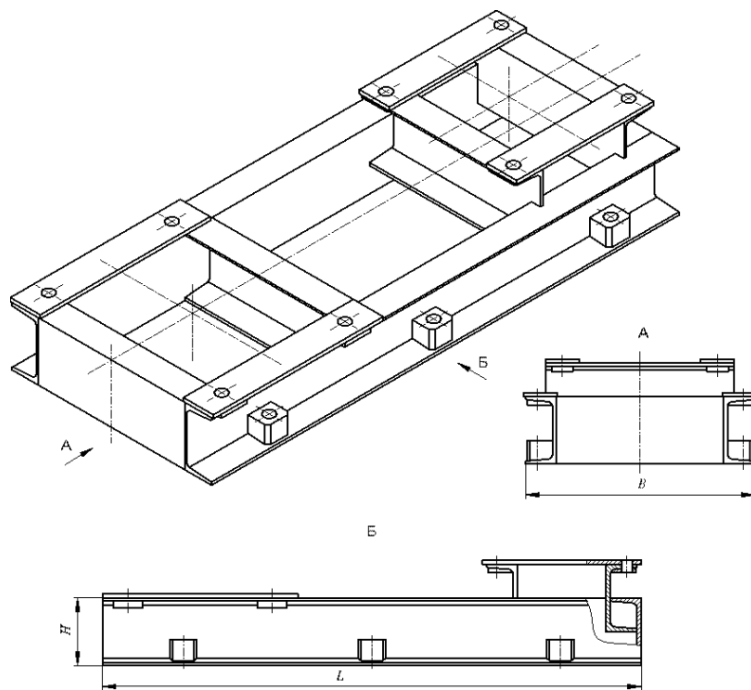




открытая передача, то привод устанавливается на отдельную сварную раму (рис. 8.5).



**Рис. 8.4. Мотор-редуктор**



**Рис. 8.5. Рама привода конвейера**

## 9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УЗЛОВ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

При проектировании основные параметры ленточного конвейера определяются исходными данными: назначение, характеристика транспортируемого груза, производительность, сведения об условиях работы (режим работы), схема транспортирования груза со всеми необходимыми размерами. Необходимо отметить, что ленточные конвейеры общего назначения, используемые в химической и пищевой промышленности, в основном работают в легком и среднем режимах эксплуатации.

Производительность конвейера ( $Q$ ) зависит от погонной нагрузки транспортируемого груза, которая выражается в единицах объема ( $q_{об}$ , л/м), массы ( $q_{гр}$ , кг/м) или веса ( $q_{в}$ , н/м) и скорости ( $V$ )

$$U = 3,6q_{об}V \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (9.1)$$

$$Q = 3,6q_{гр}V \text{ т/ч}, \quad (9.2)$$

$$Q = 3,6q_{в}V \text{ Н/м}. \quad (9.3)$$

Для штучных грузов:

$$q_{гр} = \frac{G_{гр}}{t}, \quad (9.4)$$

где  $t$  – шаг установки груза, м.

Производительность:

$$Q = Z \frac{G_{гр}}{1000} \text{ Т/ч}. \quad (9.5)$$

$$Z = 3600 \frac{V}{t} \text{ шт/ч}. \quad (9.6)$$

Анализируя формулы производительности конвейера, ясно одно, что с увеличением скорости и погонной массы транспортируемого груза увеличивается производительность. Отметим, что при заданной производительности конвейер можно спроектировать несколькими конструктивными вариантами. Однако из них необходимо выбрать оптимальный, который характеризуется наименьшим критерием потребляемого



энергетического показателя. Исходя из этого, сложно выбрать скорость транспортирования груза: мелкий, средний, крупный; разной абразивности, плотности, ширины ленты, диаметра приводного барабана, тем более не известного на данном этапе проектирования. Известно, что величина скорости при одной и той же производительности может изменяться обратно пропорционально квадратичной зависимости ширины ленты конвейера. При увеличении ширины ленты увеличивается погонная нагрузка груза, а это приводит к увеличению момента на барабане, но в меньшей степени, чем уменьшится скорость. Можно предположить, что в конечном счете ресурс потребляемой энергии конвейером уменьшится. Надо также иметь в виду, что с увеличением ширины ленты повышается ее устойчивость и центрирование. Во многом выбор скорости зависит от диаметра барабана, поэтому желательно принимать их оптимальных размеров, от которых зависит ресурс работоспособности конвейерной ленты. Исходя из рассуждений, можно сделать вывод, что все кинематические и конструктивные параметры узлов конвейера завязаны между собой. В связи с этим проектирование проводят в два этапа: 1) предварительный, когда выбирают технические данные из справочной литературы и на основании результатов расчетов; 2) уточненный, когда производят прочностной расчет, анализируют результат и принимают окончательные конструктивные решения.

В соответствии с ГОСТ 22644–77 скорость ленты  $V$  (м/с) должна выбираться из следующего ряда: 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3. Отклонение скоростей допускается в пределах  $\pm 10\%$ . Короткие конвейеры должны иметь меньшую скорость, чем длинные и магистральные, для которых целесообразно применение повышенных скоростей. В пищевой промышленности, где конвейеры используются не только для транспортирования груза, но и для выполнения технологических операций, скорость может быть меньше 0,25 м/с.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что на скорость транспортирования груза влияют многие факторы, поэтому теоретически

трудно определить оптимальную скорость. Однако для химических и природных материалов в конвейерах наибольшие допустимые скорости ленты не должны превышать при транспортировании груза: мелкокусковой, зернистый – (2–2,5) м/с, средне- и крупнокусковой – (1,5–2) м/с, пылевидный, порошкообразный, легкий – (1–1,5) м/с. Для пищевой промышленности рекомендуются скорости транспортирования не более: зерновые материалы – (1,5–3) м/с, корнеплоды, овощи, фрукты – (0,75–1,5) м/с, технологические конвейеры – (0,1–0,25) м/с. Для транспортирования штучных грузов в мягкой упаковке скорость (0,8–1) м/с, мешках с минеральным удобрением, зерном, мукой, песком (0,5–1) м/с, ящиках, бустерах (0,4–0,8) м/с. При выборе скорости необходимо использовать конструктивные решения для повышения производительности конвейера. Например, применение ленты с гофрированными бортами при одной и той же скорости увеличивает производительность конвейера в 1,5–2,5 раза.

### **9.1. Выбор конвейерной ленты**

Выбор ленты во многом зависит от ее назначения и условий, в которых подразумевается ее эксплуатация. При выборе конвейерной ленты должны учитываться следующие факторы:

- 1) длина трассы конвейера;
- 2) наличие вогнутых участков профиля рабочей ветви ленты;
- 3) достаточная прочность ленты на разрыв;
- 4) допустимые (по технической характеристике ленты) диаметры приводных, натяжных и обводных барабанов конвейера;
- 5) степень трения груза о рабочую поверхность ленты, а также опорной поверхности ленты о поверхность приводного барабана;
- 6) вид поддерживающего устройства;

- 7) скорость движения;
- 8) способ загрузки;
- 9) угол наклона конвейера;
- 10) условия работы конвейера (запыленность, влажность, качество монтажа узлов на раму и др.);
- 11) прогнозируемый срок службы;
- 12) стоимость ленты;
- 13) влияние массы ленты на энергопотребление конвейера.

Последние три фактора имеют экстремальный характер, что приводит к многокритериальности задачи и возможным сложностям практического решения. Поэтому решение о выборе ленты с учетом других перечисленных факторов производят по табл. 2.1. Для этого предварительно составляют подробную схему проектируемого конвейера согласно заданию и исходным данным.

Особое внимание необходимо уделять при выборе лент для пищевой промышленности, так как производство связано с открытыми процессами и выполнением гигиенических требований. Открытые процессы используются в разных типах оборудования при производстве молочных продуктов, алкогольных и безалкогольных напитков, кремовых продуктов, масел, жиров, продуктов из кофе, сахара, хлебных злаков, овощей, фруктов, кондитерских изделий, мяса и рыбы. Риск загрязнения пищевых продуктов микроорганизмами-продуцентами в процессе открытой обработки увеличивается во много раз в неправильно спроектированном оборудовании. Решающим гигиеническим аспектом для оборудования является выбор специальных пищевых конвейерных лент.

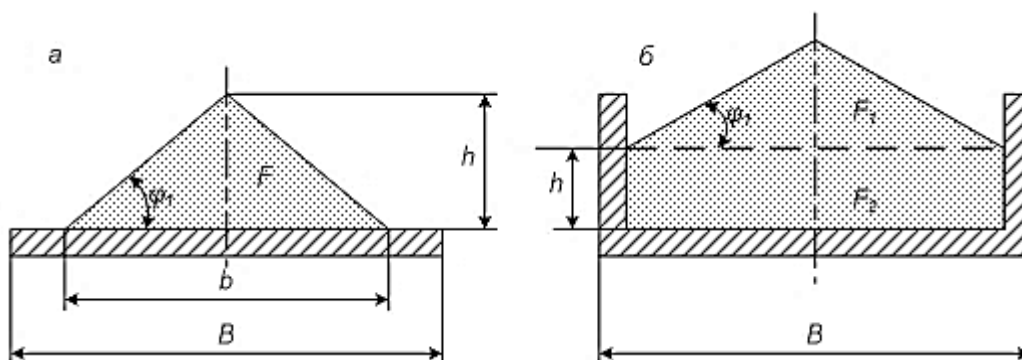
Увеличение числа прокладок и толщины обкладок ленты помимо повышения срока ее службы приводит к увеличению массы и, как следствие, силы сопротивления движению. В результате возрастает энергопотребление привода конвейерной установки, что обязательно должно учитываться при рациональном выборе числа прокладок ленты. Поэтому необходимо принимать

оптимальное число прокладок в зависимости от вида и ширины транспортной ленты (табл. 2.4) с учетом толщины каркаса резиноканевой ленты (табл. 2.5). Погонная масса выбранной лены с принятым количеством прокладок приводится в табл. 2.6–2.9.

## 9.2. Определение ширины ленты

Ширина ленты является основным параметром, влияющим на производительность конвейера. Для насыпных материалов определяется максимально возможной площадью поперечного сечения слоя груза на ленте, поэтому ширина ленты также будет зависеть от площади транспортируемого материала. В свою очередь форма поперечного сечения материала зависит от вида конструкции поддерживающих устройств на рабочей ветви ленточного конвейера. Определим ширину ленты для основных конструкций роlikоопор, исходя из производительности конвейера.

Рассмотрим однороликую опору с рассыпным грузом на ленте без бортов (рис. 9.1) [34].



**Рис. 9.1. Расчетные схемы ширины ленты на прямом ролике: а – лента стандартная; б – лента с бортами**

Насыпной груз в зависимости от вида рассыпается за счет вибрации при транспортировании под углом  $\varphi_1 = 0,35\varphi$ , где  $\varphi$  – стационарный угол рассыпания. Площадь рассыпания груза близка к площади треугольника, основание которого не должно быть больше  $b = 0,8B$ , в ином случае может произойти боковые потери насыпного груза.

В этом случае погонный вес (на одном метре) груза определится по уравнению

$$q_{гр} = \frac{1}{2} h 0,8B\gamma_{гр} = \frac{1}{2} 0,4B^2 \text{tg}\varphi 0,8\gamma_{гр} = 0,16B^2 \gamma_{гр} \text{tg}(0,35\varphi) , \quad (9.7)$$

$$B = \sqrt{\frac{Q}{V\gamma_{гр} (0,576\text{tg}(0,35\varphi) + 0,28)K_{\alpha}}} , \quad (9.8)$$

где  $B$  – ширина ленты, м;

$\gamma_{гр}$  – плотность груза, кг/м<sup>3</sup>.

Тогда

$$Q = 3,6 \cdot 0,16B^2 \gamma_{гр} \text{tg}(0,35\varphi) V , \quad (9.9)$$

$$B = \sqrt{\frac{Q}{0,576\gamma_{гр} \text{tg}(0,35\varphi) V K_{\alpha}}} , \quad (9.10)$$

где  $K_{\alpha}$  – коэффициент, учитывающий угол наклона конвейера (табл. 9.1)

**Таблица 9.1**

**Значения коэффициента  $K_{\alpha}$**

Угол наклона конвейера, $\alpha^{\circ}$	$0^{\circ} - 10^{\circ}$	$10^{\circ} - 15^{\circ}$	$15^{\circ} - 20^{\circ}$	$20^{\circ} - 25^{\circ}$
Коэффициент $K_{\alpha}$	1,0	0,95	0,9	0,85

При применении ленты со стационарными конвейерными бортами или ленты с гофробортами поперечное сечение насыпного груза складывается из площадей треугольника –  $F_1$  и прямоугольника –  $F_2$  (рис. 9.1). Высота борта принимается в пределах  $h_6 = 0,13B$ , а  $h = 0,1B$ . Эта разница высот ограничивает боковое рассыпание груза. В этом случае погонная нагрузка (на 1 метр) равна

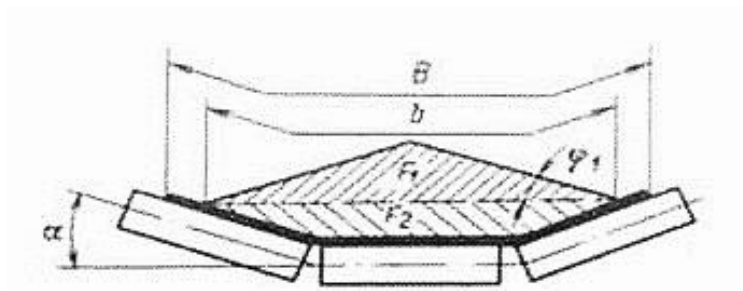
$$q_{гр} = (F_1 + F_2)\gamma_{гр} = (0,16B^2 \text{tg}(0,35\varphi) + 0,8B \cdot 0,1B)\gamma_{гр} , \quad (9.11)$$

$$q_{гр} = B^2 \gamma_{гр} (0,16\text{tg}(0,35\varphi) + 0,08) , \quad (9.12)$$

Тогда ширина ленты с бортами равна

$$B = \sqrt{\frac{Q}{V\gamma_{гр}(0,576\text{tg}(0,35\varphi) + 0,28)K_{\alpha}}} \quad (9.13)$$

Определим ширину ленты на трехроликовой опоре (рис. 9.2).



**Рис. 9.2. Желобчатое расположение ленты на 3-х роликовой опоре**

Поперечное сечение груза в этом случае складывается из треугольной и трапецидальной площадей, поэтому

$$B = \sqrt{\frac{Q}{\gamma_{гр}V(0,54\text{tg}(0,35\varphi) + 0,144)K_{\alpha}}} \quad (9.14)$$

В большинстве конвейеров общего назначения ролики устанавливают под углом  $\alpha = 20^\circ - 30^\circ$ . Если принять  $\alpha = 20^\circ$ , то

$$q_{гр} = B^2(0,15B^2\text{tg}(0,35\varphi) + 0,04)\gamma_{гр} \quad (9.15)$$

В этом варианте ширина ленты определяется по формуле

$$B = \sqrt{\frac{Q}{\gamma_{гр}V(0,54\text{tg}(0,35\varphi) + 0,144)K_{\alpha}}} \quad (9.16)$$

Полученные расчетные значения «В» округляем до стандартных величин (табл. 2.4). Для штучных грузов ширина ленты выбирается от габаритных размеров и способа их расположения на ленте. Ширина ленты выбирается такой, чтобы с обеих сторон оставались свободные поля не менее (50–100) мм. Окончательная ширина ленты также принимается по ГОСТ 20-85. Для

ограничения случайного бокового схода груза устанавливаются на раму конвейера стационарные борты.

### 9.3. Установка роlikоопор

Роlikоопоры выбираются в зависимости от ширины ленты, плотности груза и скорости транспортировки. Тип роlikоопоры принимается в зависимости от ее назначения и характеристики транспортируемого груза. Длина роlikовой опоры должна быть на 100-150 мм больше ширины ленты. Диаметры и длины роlikов принимают в зависимости от ширины ленты ГОСТ 22646-77 (табл. 4.1). Вес вращающихся элементов роlikов в зависимости от типа и ширины ленты приведены в табл. 4.2.

Устанавливаются роlikоопоры в зависимости от вида груза. Для насыпного груза расстояние между опорами на средней части рабочей ветви конвейера ( $l_p$ ) рекомендуется принимать в зависимости от плотности груза и ширины ленты. В зоне загрузки роlikоопоры устанавливаются с расстоянием ( $l_z$ ) в (2 – 4) раза меньше:  $l_z = (0,25 - 0,5) l_p$ . На криволинейных участках рабочей ветви выпуклостью вверх (роlikовые батареи) устанавливается не менее трех роlikоопор с расстоянием  $l_b = 0,5 l_p$ . В зоне перехода резиноканевой ленты из прямого положения в желобчатое на рабочей ветви у приводного и натяжного барабанов устанавливаются две – три переходные роlikоопоры с различным углом наклона боковых роlikов на расстоянии друг от друга, равном  $l_p$ . На рабочей ветви при перемещении штучных грузов расстояния между роlikоопорами рекомендуются следующие: для легких грузов ( $m < 10$  кг)  $l_p = 1$  м; для грузов средней массы ( $m = 10...25$  кг)  $l_p = 1,2...1,4$  м; для грузов массой  $m = 25...80$  кг расстояние между роlikоопорами выбирают так, чтобы груз лежал не менее чем на двух опорах. Расстояние между роlikоопорами в зоне загрузки и других местах рабочей ветви конвейера для штучных грузов принимается таким же, как для насыпных грузов.

На холостой ветви ленты при транспортировании любых грузов, поддерживающие роlikи устанавливаются на расстоянии  $l_x = 2 l_p$ . Между осью

барабана и ближайшей к нему роlikоопорой, установленной на холостой ветви, должно быть расстояние около (800–1000) мм.

Для центрирующих роlikоопор рекомендуют принимать расстояние между ними 20–25 м, а от приводного барабана до первой центрирующей роlikоопоры – 3–4 м. Определение размеров роlikоопор производят в соответствии с рекомендациями, по выбору диаметра роlikов приведенными в табл. 4.11, а основные размеры роlikоопор (рис. 4.4).

#### 9.4. Определение основных параметров барабанов

На первом этапе проектирования конвейера рекомендуется размеры приводного барабана принимать в зависимости от ширины и номинальной прочности прокладки ленты (табл. 3.1).

Полученный диаметр барабана округляют до ближайшего стандартного значения по ГОСТ 22644-77.

Для стальных лент диаметр барабана вычисляют в зависимости от толщины  $\delta_l$ , т.е.

$$D = (80 - 120) \delta_l, \quad (9.17)$$

где  $\delta_l$  – толщина ленты, мм.

Длина барабана выбирается в зависимости от ширины ленты (рис. 9.3)

$$L = B + (100-200) \text{ мм.} \quad (9.18)$$

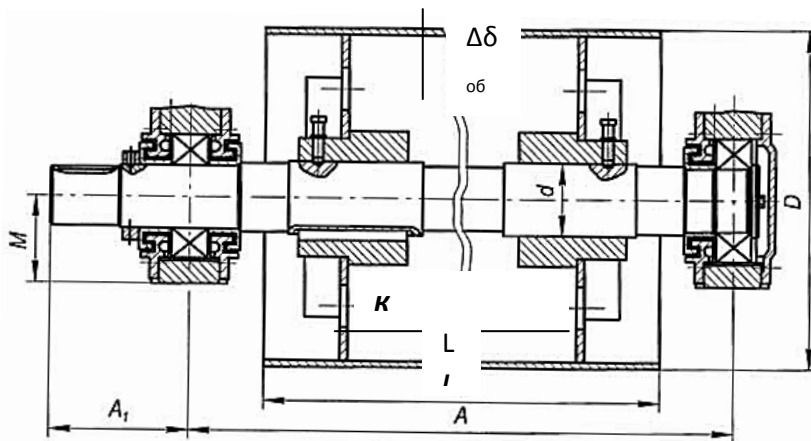
Расстояние между втулками обычно принимается

$$K = 0,7L. \quad (9.19)$$

Толщина обода барабана принимается равной

$$\delta_{об} = 0,005D + (4-5) \text{ мм.} \quad (9.20)$$

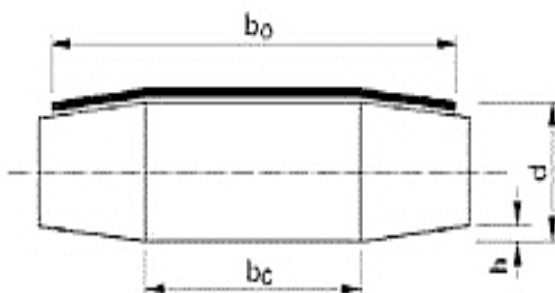




**Рис. 9.3. Основные параметры конструкции барабана**

Если барабан имеет выпуклую обечайку, то величина стрелы выпуклости принимается (рис. 9.4) Конструкционные сведения [34].

$$h = 2(0,001d + 0,075\text{мм}). \quad (9.21)$$



**Рис. 9.4. Барабан цилиндрическо-конический,  $b_c = 0,5b_0$**

Необходимо отметить, что определение основных параметров других узлов ленточного конвейера рассмотрены в главах (5 – 8).

## 10. РАСЧЕТ ТЯГОВОГО УСИЛИЯ НА ПРИВОДНОМ БАРАБАНЕ

Расчет тягового усилия является основным, т.к. в результате определяются натяжения ленты в расчетных точках контура конвейера, нагрузки на узлы. Для данного расчета необходимо знать погонные массы (кг/м) транспортируемого груза –  $q_{гр}$ , ленты –  $q_{л}$ , поддерживающих роликов на рабочей –  $q_{рр}$  и холостой –  $q_{рх}$  ветвях ленты:

$$q_{гр} = \frac{Q}{3,6V}, \quad (10.1)$$

$$q_{л} = 1,12B\delta, \quad (10.2)$$

где 1,12 – среднее значение массы 1 м<sup>2</sup> ленты, кг;

B – ширина ленты, м;

δ – толщина ленты, мм.

Толщина ленты определяется по формуле

$$\delta = ai + \delta_p + \delta_x, \quad (10.3)$$

где a – толщина одной прокладки, мм;

i – количество прокладок;

δ<sub>p</sub>, δ<sub>x</sub> – толщина обкладки, соответственно для рабочей и холостой сторон ленты, мм.

Погонные веса многих видов лент приводятся в главе 2.

Погонная масса опорных роликов определяется

$$q_{pp} = \frac{m_p}{l_p}, \quad (10.4)$$

где m<sub>p</sub> – масса ролика выбирается из табл., кг;

l<sub>p</sub> – шаг уст ановки роликов принимается, м.

$$q_{рх} = 0,5q_{pp}. \quad (10.5)$$

### **10.1. Определение сопротивлений на участках контура конвейера**

Сопротивление при загрузке материала на конвейер. Сопротивление от загрузки складывается из сил инерции и тяжести, а движущей силой будет являться сила сцепления груза с лентой [35]:

$$W_3 = \frac{q_{sp}(v^2 - v_0^2)f \cos \beta}{2g(f \cos \beta - \sin \beta)}, \quad (10.6)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$V_0$  – начальная скорость падения материала, м/с;

$f$  – коэффициент трения скольжения груза о ленту;

$\beta$  – угол наклона конвейера.

Сопротивление, вызываемое работой плужковых сбрасывателей, зависит от ширины ленты и удельной массы грузопотока

$$W_{пл} = K_p q_{гр} g B, \quad (10.7)$$

где  $K_p$  – коэффициент разгрузки: для мелкокускового материала  $K_p=3,6$ ;

для зернистого и пылевидного материала  $K_p=2,7$ .

Сопротивление на двухбарабанном разгрузочном устройстве складывается из сопротивления на барабанах и сопротивления подъема груза [35]:

$$W_6 = 1,2(0,0645S_{нб} \sin(0,5\alpha) + (q_{гр} + q_{л})gh), \quad (10.8)$$

где  $\alpha$  – угол обхвата барабана лентой, град.;

$h$  – высота подъема, м.

После разгрузки обычно устанавливают очистительные устройства, сопротивление которых для очистительных щеток равно, Н

$$W_{щ} = (4 \div 7)B, \quad (10.9)$$

где 4 – соответствует сухому грузу, а 7 – влажному и липкому грузу.

Для очистительных скребков, Н

$$W_{скр} = (30 \div 50)B, \quad (10.10)$$

где 30 – соответствует одинарному скребку, а 50 – двойному.

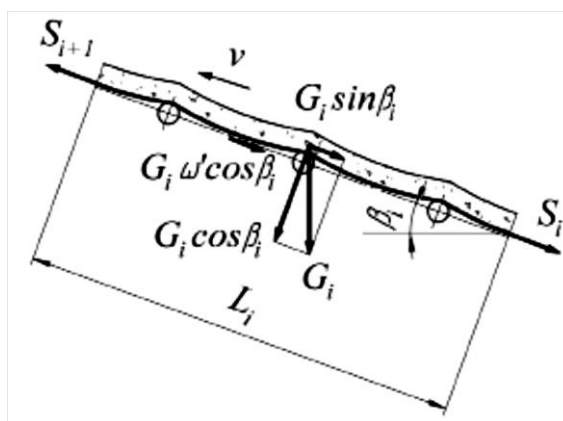
Сопротивление при движении груза на рабочей ветви ленты конвейера. Сопротивление движению на  $i$ -м рабочем участке контура ленты обусловлено преодолением силы тяжести  $G_i$ . Сила тяжести будет складываться

$$G_i = (q_{cp} + q_l)L_p g, \quad (10.11)$$

где  $L_p$  – длина рабочей части конвейера;

$g$  – ускорение свободного падения.

Рассмотрим общий случай: наклонный контур под углом  $\beta_i$ . Силу  $G_i$  раскладываем на две составляющие: 1)  $G_i \sin\beta_i$  и 2)  $G_i \cos\beta_i$  (рис. 10.1).



**Рис. 10.1. Расчетная схема определения сопротивления при движении груза на рабочей ветви контура конвейера**

Первая составляющая сопротивления движению может быть достаточно точно определена аналитически, т.к. она противоположна вектору скорости. От второй составляющей возникает трение качения в роlikоопорах и расходуется энергия на деформацию ленты при проходе через ролик. В комплексе эти составляющие учитываются коэффициентом сопротивления движению  $\omega$ . В результате выражение для расчета сопротивления движению ленты на прямолинейном рабочем участке имеет вид [35]:

$$W_p = ((q_{гр} + q_l) \sin \beta + (q_{гр} + q_l + q_{pp}) \omega \cos \beta) L_p g. \quad (10.12)$$

Значение коэффициента сопротивления движению зависит от режима и условий работы конвейера, а т.к. этот коэффициент комплексный, сложно определяющий, поэтому принимаем  $\omega = 0,04-0,05$  [5].

Если лента с грузом движется по настилу, то сопротивление определяется по формуле

$$W_p = (q_{cp} + q_l)(f \cos \beta + \sin \beta)L_p g, \quad (10.13)$$

где  $f$  – коэффициент трения скольжения между лентой и настилом: стальным  $f = 0,35-0,6$ ; деревянным  $f = 0,4-0,7$ .

На холостой ветви ленты груза нет, а поэтому  $G_1 = q_l$  и вектор составляющей  $G_1 \sin \beta$  совпадает по направлению с вектором скорости  $V$ . В связи с этим  $G_1 \sin \beta$  является не сопротивлением, а движущей силой и в уравнении эта величина будет со знаком минус. Уравнение сопротивления движения ленты на прямом участке холостой ветви по роликам запишется следующим образом

$$W_x = ((q_l + q_{px})\omega \cos \beta - q_l \sin \beta)L_x g. \quad (10.14)$$

При настиле

$$W_x = (f \cos \beta - \sin \beta)q_l L_x g. \quad (10.15)$$

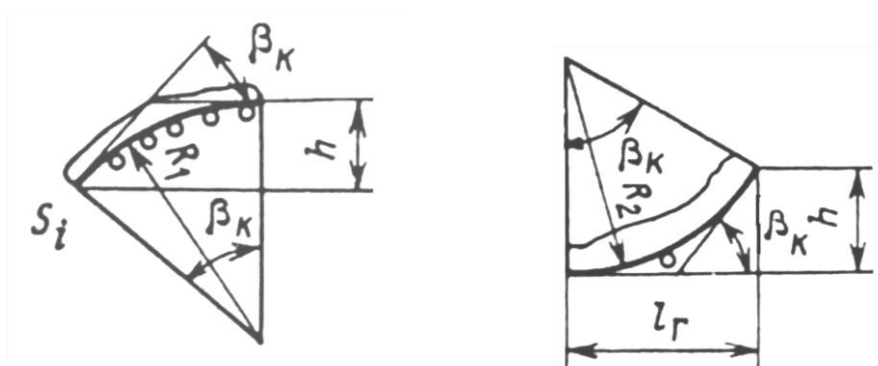
В случае проектирования горизонтального конвейера  $\beta=0$  расчетные формулы упростятся.

Криволинейные участки конвейера имеют место при огибании лентой барабанов (приводного, натяжного, отклоняющего) и роликовых батарей. На этих участках сопротивления складываются в основном из сопротивлений трения в подшипниках вала и вследствие жесткости на изгиб тягового элемента, а в момент пуска – сопротивление от преодоления момента инерции массы при вращении барабанов (роликов) и поступательно движущейся массы ленты и груза. Сопротивление от изгиба ленты зависит от натяжения ленты. Сопротивление трения в подшипниках зависит от соотношения размеров цапф

вала, диаметра барабана и вида подшипников. Сопротивления инерций зависят от масс. В целом это сопротивление зависит от угла обхвата ленты на барабане ( $\alpha$ ) или роликовой опоры и принимается [35]:

$$\begin{aligned} \alpha=180^0 & - W_{кр}=(0,05-0,06)S_{нб}; \\ \alpha>90^0 & - W_{кр}=(0,03-0,04)S_{нб}; \\ \alpha<90^0 & - W_{кр}=(0,02-0,03)S_{нб}. \end{aligned} \quad (10.16)$$

При огибании лентой выпуклой батареи роликоопор (рис. 10.2) сопротивление на рабочей ветви равно [3]:



**Рис. 10.2. Расчетные схемы сопротивлений на выпуклой и вогнутой батарее роликоопор**

$$W_k = (S_i + (q_{гр} + q_{л} + q_{рр})R_1)\beta_k \omega \pm (q_{гр} + q_{л})h, \quad (10.17)$$

где  $\beta_k$  – центральный угол криволинейного участка, рад;

$R_1$  – радиус кривизны;

$h$  – высота кривизны.

На холостой ветви сопротивление  $W_{кх}$  определяется по уравнению (10.17) при  $q_{гр} = 0$  и замене погонного веса  $q_{рр}$  на  $q_{рх}$ .

При огибании лентой вогнутой батарее роликоопор сопротивление на рабочей ветви (рис. 10.2) равно

$$W'_k = (q_{гр} + q_{л} + q_{рр})l_{гр} \omega \pm (q_{гр} + q_{л})h. \quad (10.18)$$

На холостой ветви сопротивление  $W'_{кх}$  определяется по уравнению (10.18), где  $q_{гр} = 0$  [3].

## 10.2. Определение натяжений в ветвях ленты конвейера

Для определения натяжения ленты в рассматриваемых точках пользуются методом обхода по контуру. Этот метод состоит в том, что сложный контур конвейера разбивается на прямолинейные и криволинейные участки. Затем, начиная с точки минимального натяжения ленты, определяют натяжения в последующих точках по правилу: натяжение тягового элемента в рассматриваемой точке равно натяжению в предыдущей точке контура плюс сопротивление на рассматриваемом участке. В горизонтальных конвейерах натяжение ленты в точке сбегания с приводного барабана является точкой минимального натяжения –  $S_{min}$ . В наклонных конвейерах, без перегибов, точка  $S_{min}$  соответствует точке набегания тягового элемента на натяжной (ведомый) барабан. Величина  $S_{min}$  определяется от допустимого значения стрелы провисания ленты между роlikоопорами, которая определяется по формуле

$$f_l = \frac{(q_{сп} + q_l)gl_{pp}^2}{8S_{min}} \leq f_l = (0,025 \div 0,0125)l_{pp}, \quad (10.19)$$

решая (10.19), получим

$$S_{min} = (5 \div 10)(q_{гр} + q_l)gl_{pp}. \quad (10.20)$$

Максимальное натяжение  $S_{max}$  ленты конвейера независимо от расположения его всегда совпадает с точкой набегания ленты  $S_{10}$  на приводной барабан (рис. 10.3).

При полном использовании силы сцепления между натяжениями в набегающей  $S_{нб}$  и сбегающей  $S_{сб}$  ветвях ленты существует зависимость, определяемая формулой Эйлера

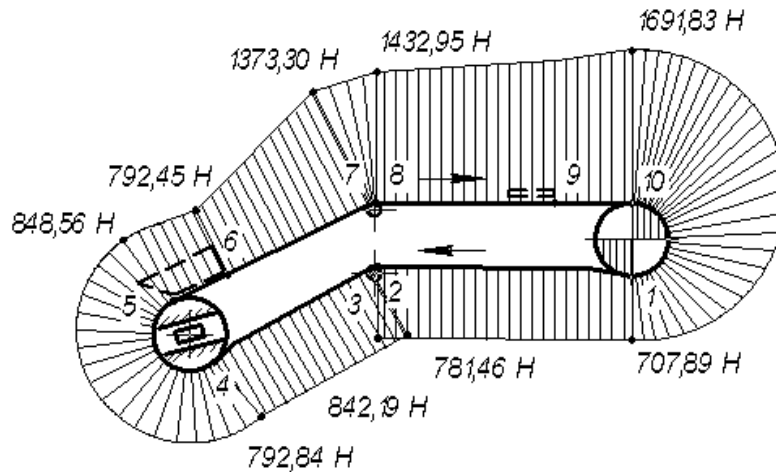
$$S_{нб} = S_{сб} e^{f\alpha}, \quad (10.21)$$

где  $e^{f\alpha}$  – полный тяговый коэффициент приводного барабана;

$e = 2,718$  – основание натурального логарифма;

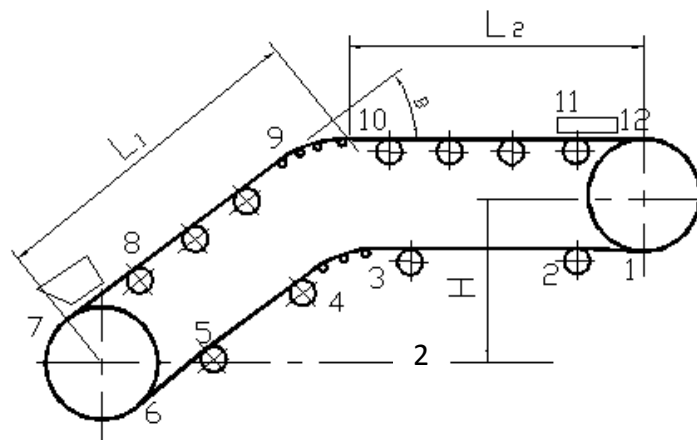
$f$  – коэффициент трения между лентой и барабаном: стальной барабан – лента  $f = 0,2-0,3$ , футерованный барабан – лента  $f = 0,35-0,4$ ;

$\alpha$  – угол обхвата лентой приводного барабана.



**Рис. 10.3. Схема натяжения ленты по контуру конвейера**

Пользуясь методом обхода по контуру конвейера, определим натяжения всех точек конвейера, например, по приведенной схеме (рис. 10.4).



**Рис. 10.4. Контур конвейера**



$$\begin{aligned}
S_1 &= S_{сб} \\
\text{Если } \rightarrow L_2 \square L_1, \text{ то } \rightarrow S_1 &= S_{\min}; \\
S_2 &= S_1 + W_{кр} + W_{ш}; \\
S_3 &= S_2 + W_{2-3}; \\
S_4 &= S_3 + W_{кx}; \\
S_5 &= S_4 + W_{4-5}; \\
S_6 &= S_5 + W_{кр}; \\
S_7 &= S_6 + W_{кр}; \\
S_8 &= S_7 + W_3; \\
S_9 &= S_8 + W_{8-9}; \\
S_{10} &= S_9 + W_k; \\
S_{11} &= S_{10} + W_{10-11}; \\
S_{12} &= S_{11} + W_{пл}.
\end{aligned} \tag{10.22}$$

В данном случае, решая систему уравнений (10.22) относительно  $S_{12} = S_{\max}$ , получим уравнение с двумя неизвестными величинами:  $S_1$  и  $S_{12}$  ( $S_{нб}$  и  $S_{сб}$ ). Для вычисления искомых значений полученного уравнения воспользуемся формулой Эйлера (10.21). Необходимо отметить, что написание уравнений в системе (10.22), в которые входит сопротивление  $W_{кр}$ , можно упростить, например,  $S_7 = S_6 + W_{кр} = S_6 + 0,05S_6 = S_6 \cdot 1,05 = \xi S_6$ , где  $\xi = 1,05$ .

Тяговое усилие на приводном барабане определяется по формуле

$$P = S_{нб} - S_{сб}. \tag{10.23}$$

## 11. РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ КОНВЕЙЕРА

На данном этапе проектирования ленточного конвейера, когда известны нагрузки, действующие на основные узлы, производится прочностной расчет для установления работоспособности (уточненный расчет) выбранных элементов и разработанных конструкций.

## 11.1. Прочность ленты

Прочность ленты зависит от материала, ее ширины  $B$  и числа прокладок  $i$ . В целях уменьшения напряжения изгиба в ленте при огибании ее на барабане число прокладок берут минимальным количеством, но не в ущерб ее прочности. Убедиться в прочности ленты можно проверяя ее по погонной нагрузке на 1 см ширины одной прокладки

$$K = \frac{S_{\max}}{Bi} \leq K, \quad (11.1)$$

где  $[K]$  – допускаемая нагрузка на 1 см ширины одной прокладки, н/см.

$$K = \frac{K_{\text{пр}}}{n}, \quad (11.2)$$

где  $K_{\text{пр}}$  – предел прочности прокладки;

$n$  – коэффициент запаса прочности: для резинотканевой ленты  $n = 8-10$ , для резинотросовой ленты  $n = 7-8,5$ .

При применении на конвейере резинотканевой ленты количество прокладок в ней уточняется по формуле

$$i = \frac{S_{\text{нб}} n}{BK_{\text{пр}}}. \quad (11.3)$$

Коэффициент запаса прочности  $n$  зависит от угла наклона конвейера, числа тяговых прокладок и прочности прокладки (табл. 11.1).

Для стальной ленты прочность проверяется по напряжению растяжения

$$\sigma_p = \frac{S_{\max}}{F_l} \leq [\sigma]_p, \quad (11.4)$$

где  $F_l$  – площадь поперечного сечения ленты,  $\text{мм}^2$ ;

$[\sigma]_p$  – допускаемое напряжение растяжения,  $\text{н}/\text{мм}^2$ .

## Коэффициент запаса прочности конвейерной ленты

Угол наклона конвейера, $\beta^\circ$	Число тяговых прокладок	$n$ при номинальной прочности $k_{пр}$ , кг/см одной прокладки				
		65	100	200	300	400
От 0	До 5	8	8	8	8	8
до 10	Св. 5	9	9	9	9	9
От 10	До 5	9	9	9	9	9
до 18	Св. 5	10	10	10	10	10

## 11.2. Проектирование валов и осей барабанов

Выходной диаметр приводного вала определяется от величины крутящего момента ведущего барабана ленточного конвейера [33]:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16M_6}{\pi[\tau]_{кр}}}, \quad (11.5)$$

где  $M_6$  – момент на барабане;

$[\tau]_{кр}$  – допускаемое напряжение кручения с учетом коэффициента запаса прочности, для углеродистой конструкционной стали ГОСТ 4543-71  $[\tau]_{кр} = (20-25)$  МПа.

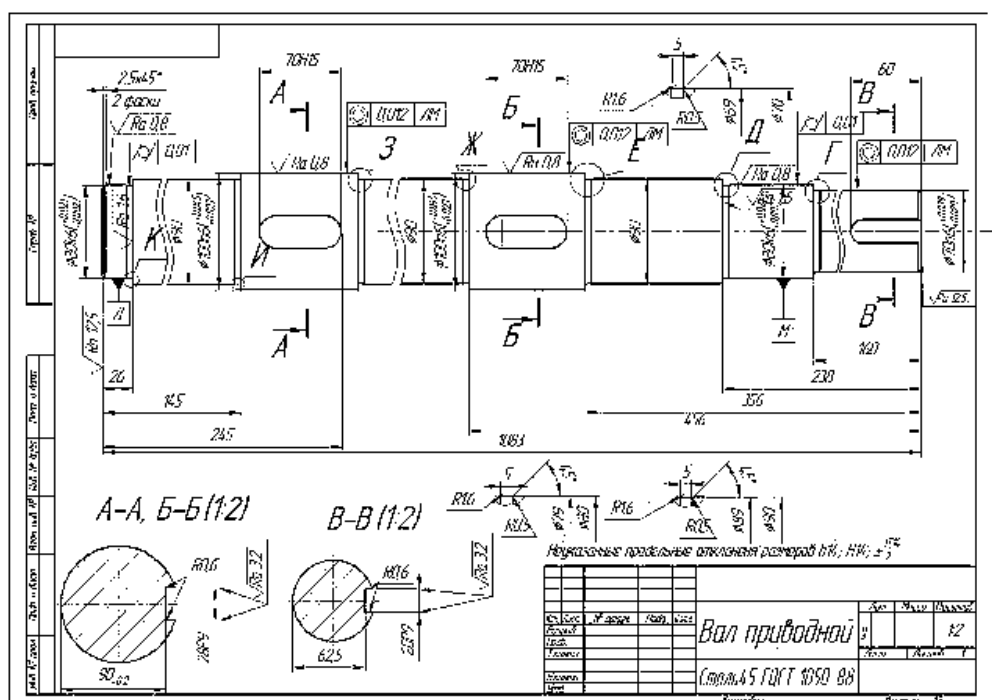
Момент на барабане равен

$$M_6 = P \frac{D_6}{2}. \quad (11.6)$$

Так как выходной диаметр вала имеет шпоночный паз, то рекомендуется диаметр увеличить на 8-10% для компенсации ослабления сечения. Окончательную величину округляют до ближайшего стандартного значения из ряда по ГОСТ 12080-66 и ГОСТ 12081-71: 10; 10,5; 11; 11,5; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 35; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 53;

55; 60; 63; 65; 67; 70; 71; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 105; 110; 115; 120; 125; 130; 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200 [33].

Если вал приводного барабана соединяется с валом редуктора через муфту, то необходимо принятую величину согласовать с типом стандартной муфты. Конструкция вала приводного барабана состоит из выходного диаметра, на который устанавливается муфта или ведомый элемент открытой передачи (шкив, звездочка, зубчатое колесо) и упираются в заплечики большего диаметра. На этот диаметр устанавливается подшипник. Подшипник упирается в буртик или распорную втулку. Буртик образуется за счет увеличения следующего диаметра вала, на который устанавливаются ступицы барабана на расстоянии 0,7 ширины барабана. Конструкция вала выполняется симметрично центральной линии барабана (рис.11.1).



**Рис. 11.1. Вал приводного барабана**

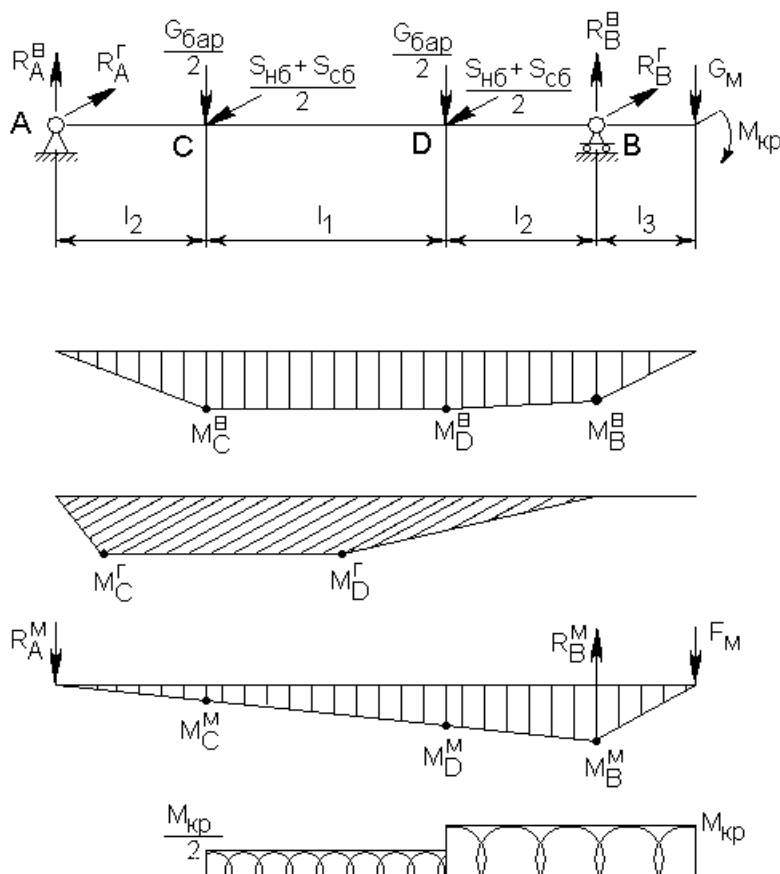
Исключением является то, что вал с другой стороны не имеет выхода из подшипникового узла. Так как выходной конец вала только с одной стороны, поэтому в этом месте подшипник является наиболее нагруженным. Радиальная

нагрузка определяется исходя из рассмотрения условий равновесия активных и реактивных сил в плоскостях пространственной системы. Активные силы, действующие на вал, зависят от натяжения ленты и веса барабана (рис. 11.2)

$$F = \sqrt{(0,5G_6)^2 + (0,5(S_{H6} + S_{с6}))^2}, \quad (11.7)$$

где  $G_6$  – вес барабана, Н.

По расчетным величинам реакций в опорах определяют изгибающие и крутящие моменты эпюр для определения опасных сечений вала. На рис. 11.2 опасным сечением является D. По опасным сечениям проверяют прочность (коэффициент запаса прочности [36]) и жесткость вала. Проверяют жесткость вала по прогибу (рис. 11.2)



**Рис. 11.2. Расчетная схема приводного вала**

$$f = \frac{F(l_1 + l_2)^2 l_2^2}{3EJ_x(l_1 + 2l_2)} \leq f = (0,0002 - 0,003)(l_1 + 2l_2), \quad (11.8)$$

где  $E=2,1 \cdot 10^5$  – модуль упругости, н/мм<sup>2</sup>;

$$J = \frac{\pi d^4}{64} \text{ – осевой момент инерции, мм}^4.$$

Проверяют жесткость вала на 1 м длины по углу закручивания

$$\varphi = \frac{M_{кр}}{GJ_p} \leq \varphi_0, \quad (11.9)$$

где  $G=8 \cdot 10^4$  – модуль сдвига, Н/мм<sup>2</sup>;

$$J_p = \frac{\pi d^4}{32} \text{ – полярный момент инерции, мм}^4;$$

$[\varphi_0] = (0,25 - 0,5)^\circ$  на 1 м длины вала – допускаемый угол закручивания.

В случае неудовлетворительного результата на жесткость необходимо увеличить диаметр вала или принять материал с более высокими механическими показателями.

Вал с барабаном устанавливается в подшипники. Так как подшипниковые корпуса устанавливаются на раму конвейера, поэтому с целью исключения возможного перекоса при монтаже принимаются самоустанавливающиеся шариковые подшипники сферические двухрядные ГОСТ 5720-75. Подшипники подбирают от сил (реакций), действующих в опорах вала (рис. 11.2), которые определяются из условий равновесия сил. По максимальной реакции опор определяют эквивалентную нагрузку [35]:

$$P_{экр} = v R_{max} K_\sigma, \quad (11.10)$$

где  $v$  – коэффициент вращения подшипника:  $v = 1$  – при вращении внутреннего кольца,  $v = 1,2$  – при вращении наружного кольца;

$$R_{max} = \sqrt{(R_B^B)^2 + (R_B^r)^2} \text{ – максимальная нагрузка на подшипник (рис. 11.2);}$$

$K_6 = (1-1,2)$  – коэффициент безопасности, зависящий от режима работы конвейера.

Если долговечность  $L_n$  окажется меньше ресурса работы конвейера до первого капитального ремонта, то выбирают подшипник с большей динамической грузоподъемностью, т.е. следующей серии или другой тип подшипника (вместо подшипника шарикового – роликовый). Если долговечность наоборот слишком велика, то принимают подшипник более легкой серии.

Оси, установленные в натяжном и отклоняющих барабанах, в отличие от вала не передают крутящий момент, а поэтому диаметры определяют исходя из условий изгиба

$$\sigma_F = \frac{M_F}{W_F} \leq [\sigma]_F, \quad (11.11)$$

где  $M_F$  – максимальный изгибающий момент, Нмм;

$$d_1 = \sqrt{\frac{4G_B}{\pi \sigma_P}} \quad \text{– осевой момент изгиба сопротивления круглого сечения}$$

оси, мм<sup>3</sup>;

$[\sigma]_F$  – допускаемое напряжение изгиба, МПа.

Из уравнения (11.11) определяют диаметр оси

$$d_{\text{оси}} = \sqrt[3]{\frac{32M_F}{\pi \sigma_F}}. \quad (11.12)$$

### 11.3. Расчет натяжного устройства

В 6-й главе отмечено, что наибольшее распространение в химической и пищевой промышленности получили винтовые натяжные устройства. Они используются преимущественно на конвейерах длиной до 60 м. Отличительной особенностью этой конструкции является то, что в

направляющих установлены ползуны, зафиксированные винтом по обеим сторонам натяжного барабана, при этом натяжение ленты осуществляется периодическим регулированием (рис. 6.2). Определим силу, действующую на винт

$$G_B = (1,15 - 1,25) \frac{S_6 + S_7 + T}{2}, \quad (11.13)$$

где  $S_6, S_7$  – натяжения набегающей и сбегающей ветвей ленты на натяжной барабан (рис. 10.4);

$T = (150 - 300)Н$  – сопротивление перемещению ползуна в направляющих натяжного устройства.

Винт испытывает деформацию растяжения (сжатия) и поэтому внутренний диаметр винта определяется по формуле

$$d_1 = \sqrt{\frac{4G_B}{\pi \sigma_P}}, \quad (11.14)$$

где  $[\sigma]_P$  – допускаемое напряжение растяжения, для стали Ст.3:  $[\sigma]_P = (0,2 - 0,4)\sigma_T$ , где  $\sigma_T = (200 - 240) МПа$ .

По ГОСТ 24705-2004 (метрическая резьба) или по ГОСТ 10177-82 (упорная резьба) определяется наружный диаметр резьбы.

#### 11.4. Расчет привода

Известно, что конвейер имеет периоды установившегося и неустановившегося периода движения. К неустановившемуся периоду относятся пуск и торможение конвейера. Эти периоды кратковременные, однако, при пуске имеются наибольшие нагрузки, которые складываются из сопротивлений и динамических сил инерции поступательно и вращательно движущихся масс элементов конвейера, соединенных упругими связями. При пуске электродвигателя упругие связи деформируются и в системе конвейера возникают колебания. Приблизительно максимальное натяжение конвейерной ленты при пуске определяется по формуле [5]:



$$S_{\max}^n = S_0 + \sum W_i + \frac{a}{g} q_l (L_p + L_x) + q_{zp} L_p (1 + k_u) \quad , \quad (11.15)$$

где  $a = (0,1-0,2) \text{ м/с}^2$  – линейное ускорение поступательно перемещающихся элементов конвейера;

$k_u = (0,05-0,1)$  – коэффициент инерции вращательных элементов конвейера;

$S_0$  – предварительное натяжение конвейерной ленты, Н;

$\sum W_i$  – сумма всех сопротивлений при работе конвейера, Н;

$g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ .

$L_p, L_x$  – длины участков контура конвейера, соответственно рабочей и холостой ветви, м;

$q_l, q_{гр}$  – погонные веса, соответственно ленты и груза, кг/м.

В период пуска тяговое усилие на приводном барабане равно

$$P^n = S_{\max}^n - S_2 \quad , \quad (11.16)$$

где  $S_2$  – натяжение сбегающей ветви конвейерной ленты, Н.

Определим потребляемую мощность приводного барабана

$$N_{\delta} = \frac{P^n V}{\eta_{\delta}} \quad , \quad (11.17)$$

где  $\eta_{\delta} = 0,95$  – КПД барабана,

а на валу электродвигателя расчетная мощность равна

$$N_{\text{эл}}^p = \frac{N_{\delta}}{\eta_{\text{пр}}} k_{\text{п}} \quad , \quad (11.18)$$

где  $\eta_{\text{пр}}$  – КПД привода;

$k_{\text{п}}$  – коэффициент неучтенных потерь; для приводов мощностью до 50 кВт  $k_{\text{п}} = (1,15-1,2)$ , мощностью более 50 кВт  $k_{\text{п}} = (1,1-1,15)$ , причем большие значения – для горизонтальных конвейеров [3].

Зная частоту вращения приводного вала конвейера  $n_6$  и задаваясь синхронной частотой вращения электродвигателя  $n_c$ , определяется передаточное отношение привода

$$u_{\text{пр}} = \frac{n_c}{n_6}. \quad (11.19)$$

Общее передаточное отношение разбивается по ступеням механических передач привода конвейера. Обычно приводом ленточного конвейера является коническо-цилиндрический редуктор типа КЦ, а также цилиндрических редукторов ЦУ, Ц2У. Не исключается применение червячных редукторов Ч, РЧУ и др., мотор-редукторов МЦ, МЦ2С, МПз, МПз2, открытых клиноременных и цепных передач. Выбор привода зависит от компоновки и конструкции конвейера.

Общий КПД привода будет равен

$$\eta_{\text{пр}} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \dots \eta_n, \quad (11.20)$$

где  $\eta_1 \dots \eta_n$  – КПД соответствующих механических передач и пар подшипников.

По расчетной мощности на валу электродвигателя  $N_{\text{дв}}^P$  и синхронной частоте вращения его  $n_c$  выбирается трехфазный асинхронный двигатель серии 4А ГОСТ 19523-81. Причем выбирается электродвигатель таким образом, чтобы он работал по отношению к номинальной мощности до 5% перегрузки и до 15% недогрузки. Выписывается основная техническая характеристика электродвигателя и определяется асинхронная частота вращения вала

$$n_{\text{ac}} = n_c \left(1 - \frac{S\%}{100}\right), \quad (11.21)$$

где  $S$  – коэффициент скольжения ротора относительно статора в магнитном поле, %.

Затем уточняется передаточное отношение привода

$$u'_{\text{пр}} = \frac{n_{\text{ac}}}{n_6}, \quad (11.22)$$

в то же время передаточное отношение равно

$$u'_{пр} = u_p^{ст} u_{оп}, \quad (11.23)$$

где  $u_p^{ст}$  – стандартное передаточное отношение редуктора;

$u_{оп}$  – передаточное отношение открытой передачи.

Определяется момент на валу электродвигателя

$$M_{эл} = \frac{30N_{эл}^P}{\pi n_{ac}}. \quad (11.24)$$

По уточненному передаточному отношению и расчетному крутящему моменту на тихоходном валу редуктора выбирается стандартный редуктор

$$M_P^{тв} = M_{эл} u_p^{ст}. \quad (11.25)$$

Причем выбор редуктора производится таким образом, чтобы недогрузка по номинальному моменту принятого редуктора составляла не более 15%, а перегрузка до 5% по отношению к расчетному моменту. Если стандартные редукторы не подходят по величине расчетного передаточного отношения привода, то тогда вводится открытая передача ( $u_{оп}$ ). Открытую передачу в зависимости от вида рассчитывают по методике [33].

## 12. ЗАДАНИЯ И СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНОЙ РАБОТЫ ПО ПТУ

### 12.1. Требования выполнения задачи проектирования

Работа оформляется в виде расчетно-пояснительной записки на листах писчей бумаги форматом А4 (297x210) на одной стороне. Работа должна содержать: титульный лист, задание, основные разделы, которые должны иметь порядковые номера и при необходимости подразделы, имеющие номер раздела, и через точку номер подраздела, список использованной литературы. Все рисунки приводятся в работе с указанием номера раздела и порядковым номером размещения и далее названием схемы. Основные разделы начинаются со второй страницы и нумерация страниц расчетно-пояснительной записки

далее сквозная. Листы расчетно-пояснительной записки скрепляются или помещаются в специальные папки.

## **12.2. Разделы расчетно-пояснительной записки**

### **1. Конструкция стационарного конвейера (схема).**

В зависимости от длины конвейера необходимо спроектировать раму (сварная единая, секционная) и сделать схему, предусмотрев приводную и натяжную часть конструкции.

2. Определение и выбор тягового, грузонесущего, загрузочного, натяжного, опорного и др. элементов конвейера.

2.1. Выбор типа конвейерной ленты и расчет ширины.

2.2. Выбор типа опорного элемента для конвейерной ленты (схема).

2.3. Разработка загрузочного, очищающего и разгрузочного устройств (схема).

2.4. Проектирование и определение диаметров приводного и натяжного барабанов.

2.5. Выбор натяжного устройства.

3. Определение погонных весов груза, ленты и поддерживающих роликов конвейера.

4. Расчет сопротивлений на участках конвейера при движении транспортируемого груза.

4.1. Определение сопротивления на рабочем участке конвейера.

4.2. Определение сопротивления на холостой ветви конвейера.

4.3. Определение сопротивлений от загрузки материала, очищающих устройств и на криволинейных участках контура конвейера.

4.4. Расчет натяжений в основных точках контура конвейера. Методом последовательного обхода контура конвейера определяем натяжения ленты в каждой расчетной точке, начиная с точки минимального натяжения. Определяем натяжения набегающей и сбегавшей ветви ленты на приводном барабане.

4.5. Определение окружного усилия, момента, угловой скорости и потребляемой мощности приводного барабана.

5. Кинематический расчет привода и выбор стандартных устройств.

5.1. Определение общего передаточного отношения привода. Расчет передаточных отношений по синхронной частоте вращения электродвигателя ( $n_c = 750, 1000, 1500, 3000$  об/мин) и выбор оптимального варианта с последующей разбивкой общего передаточного отношения по ступеням передач привода.

5.2. Проектирование привода (схема) с указанием выбора стандартного редуктора, электродвигателя, открытой передачи (если это необходимо).

5.3. Выбор передачи, проектирование открытой передачи, определение основных параметров: межосевое расстояние, диаметров ведущего и ведомого элементов, количество ремней (вид цепи, зубчатой передачи), ресурс работы и пр.

6. Прочностной расчет основных узлов конвейера.

6.1. Расчет и проектирование конструкции приводного барабана.

6.2. Расчет и проектирование конструкции натяжного барабана.

6.3. Прочностной расчет винта натяжного устройства (схема).

6.4. Расчет конвейерной ленты на прочность.

7. Смазка узлов трения конвейера.

8. Проектирование рамы конвейера.

### **12.3. Исходные данные**

1. Вид конвейера: горизонтальный (указывается длина), наклонный (указывается длина, угол наклона  $\beta$ ), горизонтально-наклонный (указывается угол наклона  $\beta$ , длины и высота участков конвейера).

2. Вид насыпного груза, характеристика.

3. Производительность ( $Q$ , т/ч).

Скорость ( $V$ , м/с) выбирается самостоятельно в зависимости от вида транспортируемого материала.

Если режим эксплуатации не указан, принимается средний.

#### 12.4. Задания

Задание на выполнение работы по курсу ПТУ выдается индивидуально каждому студенту. Номер задания и вариант указывается ведущим преподавателем. Задания № 1,2 составлены на базовом уровне подготовки студента по данному предмету, задания № 3,4 на продвинутом уровне. Причем каждое задание разделено линией: вверху задания (1 - 10) предпочтительны для студентов профиля подготовки технологические машины и оборудование химических и нефтехимических производств, в нижней части приведены задания (11 – 20) для студентов подготовки профиля машины и аппараты пищевых производств. Задания приведены в приложении 1.

В приложении 2 приведена студенческая расчетная работа на тему: «Расчет и проектирование ленточного конвейера».

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Расчеты и проектирование транспортных средств непрерывного действия / В.А. Будишевский, А.И. Барышев, Н.А. Скляр, А.А. Сулима, А.Н. Ткачук. – Донецк: Норд-Пресс, 2005. – 689 с.
2. Ромакин, Н.Е. Машины непрерывного транспорта : учеб. пособ. / Н.Е. Ромакин. – М. : Академия, 2008 . – 432 с.
3. Кожушко, Г.Г. Расчет и проектирование ленточных конвейеров : учебно-методическое пособие / Г.Г. Кожушко, О.А. Лукашук. – Екатеринбург : Изд-во Урал. Ун-та, 2016. – 232 с.

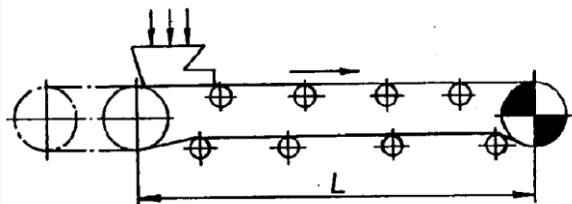
4. Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий / Галкин В.И. [и др.] – М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2005. – 544 с.
5. Конвейеры: справочник / Р.А. Волков, А.Н. [и др.], под общ. ред. Ю.А. Пертена. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд.-е, 1984. – 367 с.
6. <http://www.hiroller.com/site/assets/files/6467>.
7. Нойманн, Т. Трубчатые конвейерные ленты ConiTech – превосходное транспортное решение / Т. Нойманн // Уголь. – 2013. – № 4. – С. 76–77.
8. Давыдов С.Я. Новые решения по использованию лент общепромышленного назначения для перемещения насыпных материалов /С.Я. Давыдов // Известия Уральского государственного горного университета. – 2013. – № 4(32), – С. 59-71.
9. <http://www.agrovektor.ru/profile>.
10. Дорошенко, А. VecoBelt – это транспортировка на высоком уровне с высокой производительностью / А. Дорошенко, А. Тариков // «Оборудование и инструмент». – 2013. – №3.
11. <http://www.vecoplan.com/fileadmin>.
12. Gummilabor. Конвейерные ленты MEC CONV-BELTS – <http://www.konveersnab-spb.ru>, С. 3–9.
13. Номенклатура конвейерных лент DBP. [www.rema-tiptop.com](http://www.rema-tiptop.com).
14. [http://www.rk-rti.ru/news/proizvodstvo konveyernoy lenty v novosibirske](http://www.rk-rti.ru/news/proizvodstvo_konveyernoy_lenty_v_novosibirske)
15. Ромакин, Н.Е. Конструкция и расчет конвейеров: справочник / Н.Е. Ромакин. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. – 504 с.
16. <http://www.sibkc.ru/catalog/>.
17. <http://www.rematiptop.com>.
18. <http://www.mechanic-techno.com/catalog/modulnye-lenty>.
19. [http://www.combelt.ru/conveyersystems.ru/catalog.aspx?map\\_id=54](http://www.combelt.ru/conveyersystems.ru/catalog.aspx?map_id=54)
20. <http://www.berndorf-band.at>.
21. <http://www2.sandvik.com/sandvik/0140>.
22. [http://www.rusnauka.com/Page\\_ru.htm](http://www.rusnauka.com/Page_ru.htm).

23. Михайлов, Ю.Л. Руководство по эксплуатации конвейерных лент / Ю.Л. Михайлов. – Курск: ОАО «Курскрезинотехника», 2016. – 56 с.
24. Спиваковский, А.О. Транспортирующие машины / А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков. – М.: Машиностроение, 1968. – 504 с.
25. Каталог. Ролики и гирляндные опоры для ленточных конвейеров. [http://www.Transroll.cz/Katalog\\_ru\\_novy\\_b9afe.pdf](http://www.Transroll.cz/Katalog_ru_novy_b9afe.pdf).
26. Зенков, Р.Л. Машины непрерывного транспорта: учебник для студентов вузов, обучающихся по спец. «Подъемно-транспортные машины и оборудование» / Р.Л. Зенков, И.И. Ивашков, Л.Н. Колобов. – М.: Машиностроение, 1987. – 432 с.
27. [http://www.techkom.ru/stati/rolikovye\\_girljandy](http://www.techkom.ru/stati/rolikovye_girljandy).
28. <http://www.activestudy.info/zagruzka-lentochnogo-konvejera>.
29. <http://www.activestudy.info/razgruzka-lentochnogo-konvejera>.
30. <http://www.helpiks.org/1-56658.html>.
31. <http://www.activestudy.info/ochistka-konvejernoj-lenty>.
32. <http://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=469230>.
33. Киселев, Б.Р. Проектирование приводов машин химического производства: учеб. пособие / Б.Р. Киселев; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2007. – 180 с.
34. Лёгкие ленточные транспортёры Services 6000 Habasit – Solutions in motion [http://intechservis.com/images/pdf/llt\\_habasit\\_ks.pdf](http://intechservis.com/images/pdf/llt_habasit_ks.pdf).
35. Методические указания по расчету и проектированию ленточных конвейеров / сост. Киселев Б.Р.; Иван. сельскохозяйств. инст-т. – Иваново, 1989. – 60 с.
36. Чернавский, С.А. Проектирование механических передач: учебно-справочное пособие для вузов / С.А. Чернавский. – М.: Машиностроение, 1984. – 560 с.



**ЗАДАНИЕ № 1**

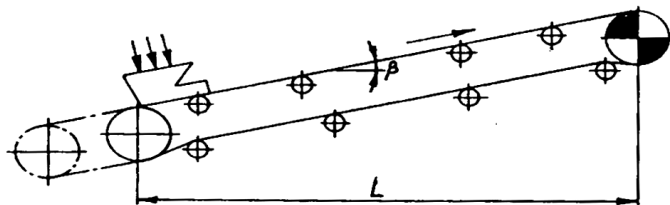
Рассчитать ленточный горизонтальный конвейер и спроектировать основные узлы конструкции



№	Вид груза	Плотность $\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	Угол естественно-го откоса $\varphi$ , °	Производительность $Q$ , т/ч	Длина конвейера $L$ , м	Режим
1	Щебень	1600	35	100	50	С
2	Руда железная	2000	40	120	80	С
3	Глина сухая	1500	40	80	30	Л
4	Уголь каменный	800	35	110	120	С
5	Цемент	1200	30	60	75	С
6	Известь	700	50	90	100	С
7	Соль калийная	1100	45	50	60	Л
8	Аммофос	900	35	85	70	С
9	Песок карьерный	1400	40	70	80	С
10	Калий хлористый	900	45	100	90	С
11	Корнеплоды	700	25	50	60	Л
12	Овощи (в ящиках 600x400x350)	–	–	35	20	Л
13	Картофель в мешках	–	–	10	30	Л
14	Комбикорм	600	30	30	50	Л
15	Мука	650	45	60	25	С
16	Ячмень	900	30	40	70	Л
17	Пшеница	800	25	50	50	Л
18	Рожь	750	25	70	40	С
19	Сахарный песок в мешках	–	–	25	30	Л
20	Мин. вода в ящиках	–	–	15	15	Л

## ЗАДАНИЕ № 2

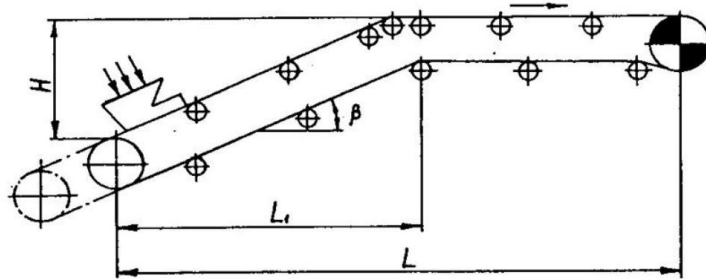
Рассчитать ленточный наклонный конвейер и спроектировать основные узлы конструкции



№	Вид груза	Плотность $\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	Угол естественного откоса $\varphi$ , °	Производительность $Q$ , т/ч	Длина конвейера $L$ , м	Угол накл. $\beta$ , °
1	Асбест	450	50	50	30	10
2	Земля формовочная	1600	45	75	60	5
3	Известняк мелкий	1400	35	50	25	15
4	Кокс рядовой	500	30	85	50	12
5	Сера гранулирован.	1400	45	60	120	8
6	Суперфосфат	1000	45	80	20	15
7	Удобрения минеральные	1500	40	100	100	8
8	Уголь каменный	800	35	90	35	12
9	Соль каменная	1200	30	70	80	10
10	Глинозем	1000	35	80	120	5
11	Земля грунтовая	1600	40	110	30	12
12	Зерно	800	45	80	50	10
13	Картофель	700	28	30	25	15
14	Кукуруза	750	35	25	20	20
15	Мука ржаная	600	55	50	30	12
16	Торф фрезерный	450	35	40	80	5
17	Земля влажная	1800	40	70	100	5
18	Бустер - лимонад	—		25	25	10
19	Сахар	1100	35	50	35	8
20	Отруби	600	55	45	30	5

### ЗАДАНИЕ № 3

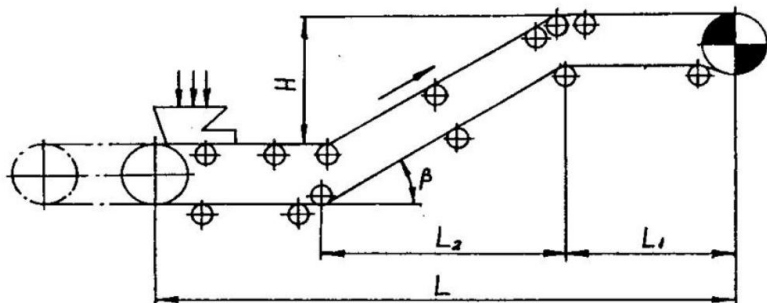
Рассчитать ленточный наклонно-горизонтальный конвейер и спроектировать основные узлы конструкции



№	Вид груза	Плотн. $\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	Угол естеств. откоса $\varphi$ °	Производи- тельность $Q$ , т/ч	Длина конв. $L$ , м	Угол накл. $\beta$ °	Высота $H$ , м	$L_1$ , м
1	Известь	700	50	75	100	5	4	45,7
2	Гипс	1200	40	60	85	5	3	34,3
3	Аммофос	1000	35	80	110	5	5	57
4	Галька	1600	30	100	70	5	5	57
5	Доломит	1800	40	80	65	8	4	28,5
6	Известняк	1200	35	50	90	5	3	34,3
7	Зола	900	40	35	50	10	5	29
8	Кокс	500	30	85	45	12	3	14
9	Мел	1500	40	65	30	15	2	7,4
10	Боксит	1400	45	55	70	10	3	17
11	Овес, меш.	450	–	30	60	5	5	57
12	Пшеница	780	25	50	60	5	5	57
13	Свекла	800	25	20	30	2	1	28,6
14	Горох, меш.	600	–	60	50	5	2	22,8
15	Просо, меш.	850	–	40	35	8	3	21,3
16	Гречиха	650	25	45	50	5	4	45,7
17	Сахар, меш.	800	–	70	100	5	3	34,3
18	Кола, 1,5 л.	Бустер	–	15	30	5	2	22,8
19	Мин. вода	Ящик	–	10	40	3	2	38
20	Лимонад	Ящик	–	20	16	8	2	14,2

## ЗАДАНИЕ № 4

Рассчитать ленточный горизонтально-наклонный конвейер и спроектировать основные узлы конструкции



№	Вид груза	Плотн. $\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	Угол естеств. откоса $\varphi^0$	Производи -тельность $Q$ , т/ч	Длина конв. $L$ , м	$L_1$ , м	Высота $H$ , м	$L_2$ , м
1	Известь	600	50	25	15	2	4	5
2	Щебень	1600	40	50	25	3	5	10
3	Гравий	1800	45	20	40	4	3	15
4	Кокс	500	30	40	50	5	10	20
5	Цемент	1500	35	60	45	6	5	10
6	Уголь кам.	700	40	50	60	10	15	25
7	Руда желез.	2100	45	80	100	15	20	30
8	Аммофос	1100	35	25	120	20	5	50
9	Калий хлор.	900	45	30	200	50	10	40
10	Пшеница	850	25	45	25	3	5	10
11	Ячмень	650	30	40	30	2	4	20
12	Земля грунт.	1600	40	50	100	5	3	35
13	Тушки кур	–		10	25	3	2	10
14	Картофель	700	30	15	30	2	3	12
15	Отруби	600	55	20	50	3	8	20
16	Пиво ящик	–		8	15	3	2	8
17	Силос	300	–	25	25	5	10	10
18	Комбикорм	600	25	30	50	5	5	30
19	Мука мешок	40 кг	–	12	45	3	4	25
20	Сахар мешок	50 кг	–	15	35	2	4	15

## **ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ РАБОТЫ**

Приводится студенческая работа, выполненная самостоятельно, в качестве примера расчета и проектирования ленточного конвейера.

Министерство науки и высшего образования РФ

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный  
химико-технологический университет»

Кафедра технологических машин и оборудования

### **Расчетная работа**

на тему: «РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ

ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА»

Выполнил: студент группы 4/31

Колков Фёдор Владимирович

Иваново 2019

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Вид конвейера – горизонтально-наклонный;

длина горизонтальной части – 25 м;

транспортируемый груз – мука;

плотность груза  $\gamma_{гр} = 600 \text{ кг/м}^3$ ;

угол естественного откоса -  $\varphi_0 = 45^\circ$ ;

производительность –  $Q = 60 \text{ т/ч}$ ;

скорость транспортера –  $V = 0,6 \text{ м/с}$ ;

угол наклона конвейера –  $\alpha = 5^\circ$ ;

высота конвейера –  $H = 5 \text{ м}$ .

### 1. КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА И РАСЧЁТ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ

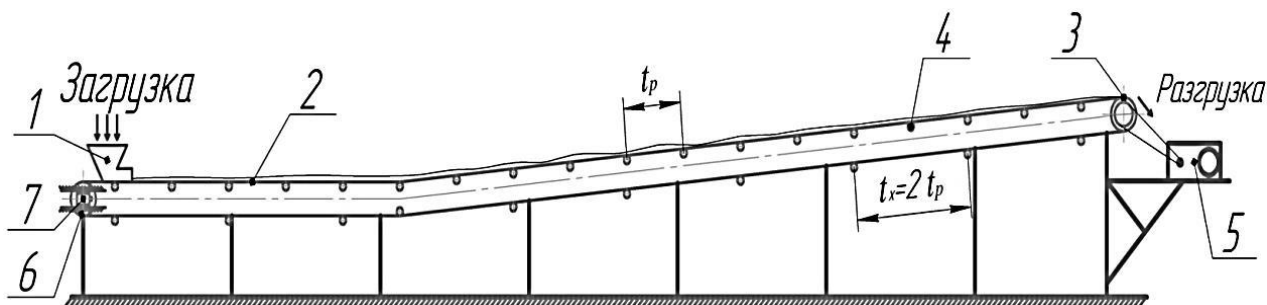


Рис. 1. Схема ленточного конвейера: 1 – загрузочное устройство; 2 – конвейерная лента; 3 – приводной барабан; 4 – опорный ролик; 5 – привод; 6 – натяжной барабан; 7 – натяжное устройство

Тип роликовых опор – трёхроликовые желобчатые.

Определим ширину конвейерной ленты

$$B = \sqrt{\frac{Q}{\gamma_{гр} V (0,54 \text{tg}(0,35\varphi) + 0,144) K_\alpha}}, \quad (1.1)$$

где  $Q$  – производительность конвейера, т/ч;

$V$  – скорость транспортирования груза, м/с;

$\gamma_{гр}$  – насыпная плотность сыпучего груза,

$\varphi$  – угол естественного откоса рассыпания груза, град.;

$K_\alpha$  – коэффициент наклона конвейера,  $K_\alpha=(0.8-85)$ .

$$B = \sqrt{\frac{60}{600 \cdot 0,6(0,54 \tan(0,35 \cdot 45^\circ) + 0,144) \cdot 0,85}} = 0,813 \text{ м.}$$

Принимаем ширину ленты по ГОСТ 20-80:  $B=900$  мм.

Выбираем тип ленты по виду груза: БКНЛ-100 с числом прокладок  $i = 3$ , (рис. 2).

Вычислим толщину ленты  $\delta$

$$\delta = a \cdot i + \delta_p + \delta_x, \quad (1.2)$$

где  $a = 1,6$  мм – толщина прокладки;

$\delta_p = 3$  мм – толщина накладки на рабочей стороне;

$\delta_x = 1$  мм – толщина накладки на холостой стороне.

$$\delta = 1,6 \cdot 3 + 3 + 1 = 8,8 \text{ мм.}$$

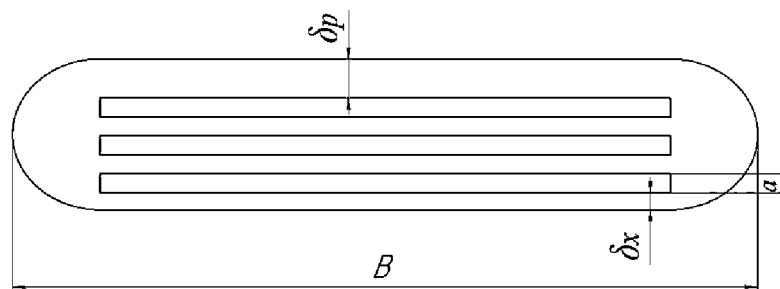


Рис. 2. Конвейерная лента в разрезе

Рассчитаем погонный вес ленты и груза

$$q_l = 1,12 \cdot B \cdot \delta, \quad (1.3)$$

$$q_l = 1,12 \cdot 0,9 \cdot 8,8 = 8,87 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$$

$$q_{гр} = \frac{Q}{3,6V}. \quad (1.4)$$

$$q_{гр} = \frac{60}{3,6 \cdot 0,6} = 27,78 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$$

Рассчитаем длину одного ролика (рис. 3)

$$L_p = 0,4B. \quad (1.5)$$

$$L_p = 0,4 \cdot 900 = 360 \text{ мм},$$

принимаем  $L_p = 380 \text{ мм}$ .

Выберем массу ролика по его длине:  $m_p = 2,4 \text{ кг}$ .

Примем диаметр ролика:  $d_p = 76 \text{ мм}$ .

Примем шаг опорных роликов  $t_p = 1 \text{ м}$ .

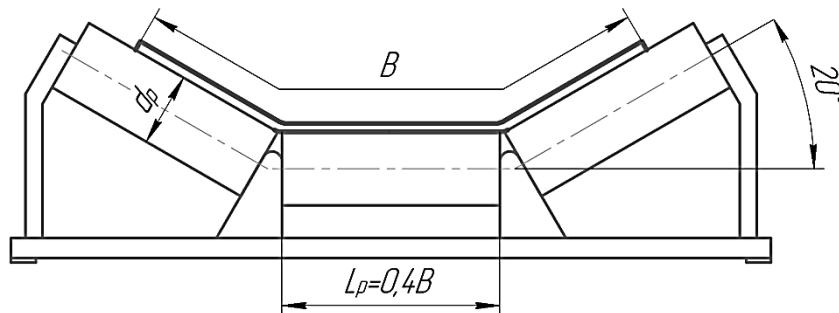


Рис. 3. Схема опорного ролика

Определим погонный вес трех роликовой опоры для рабочей ветви:

$$q_{pp} = \frac{3m_p}{t_p}. \quad (1.6)$$

$$q_{pp} = \frac{3 \cdot 2,24}{1} = 7,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}}.$$

$$q_{px} = \frac{3m_p}{2t_p}. \quad (1.7)$$

$$q_{px} = \frac{3 \cdot 2,4}{2 \cdot 1} = 3,6 \frac{\text{кг}}{\text{м}}.$$

Определим диаметры приводного и натяжного барабанов:

$$D_{\sigma} = i \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (1.8)$$

где  $k_1 = (150-60)$  – коэффициент конструкции барабана;

$k_2 = (0,66-0,68)$  – коэффициент исполнения барабана.

$$D_{\sigma} = 3 \cdot 160 \cdot 0,68 = 326,4 \text{ мм}, \text{ принимаем } D_{\sigma} = 400 \text{ мм}.$$



## 2. РАСЧЕТ СОПРОТИВЛЕНИЙ НА УЧАСТКАХ КОНВЕЙЕРА

Определим сопротивления от загрузки материала.

Примем начальную скорость  $V_0 = 0$ .

Загрузка материала выполняется на горизонтальной части конвейера  $\rightarrow \alpha_0 = 0^\circ$ .

Если  $\alpha_0 = 0^\circ$ , тогда

$$W_0 = \frac{q_{zp} V^2}{2g}; \quad (2.1)$$

$$W_0 = \frac{27,78 \cdot 0,6^2}{2 \cdot 9,81} = 0,51H.$$

Определим сопротивления на рабочей ветви ленты (рис. 4).

Рабочий контур ленты состоит из горизонтального и наклонного участков.

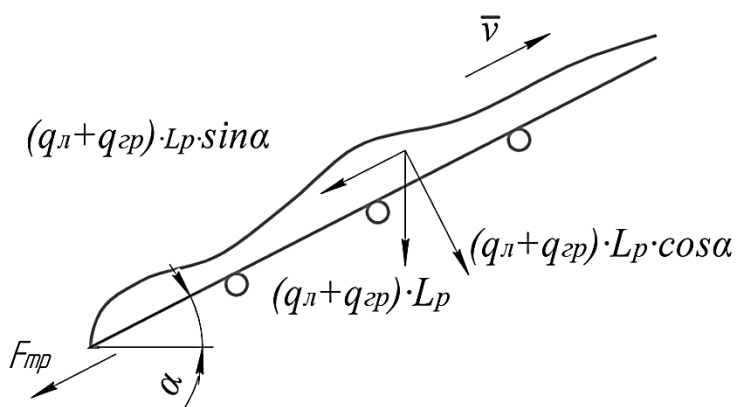


Рис. 4. Расчётная схема сопротивления ленты на рабочей ветви конвейера

На горизонтальном участке

$$W_{pz} = (q_l + q_{zp}) + (q_l + q_{zp} + q_{pp})\omega L_{pz} g, \quad (2.2)$$

где  $L_{pz} = 25$  м – длина горизонтального участка конвейера;

$\omega = 0.04$  – коэффициент трения качения.

$$W_{pz} = (8,87 + 27,78) + (8,87 + 27,78 + 7,2)0,04 \cdot 25 \cdot 9,81 = 430,15 \text{ Н.}$$

На наклонном участке

$$W_{pn} = (q_l + q_{cp}) \sin \alpha + (q_l + q_{cp} + q_{pp}) \omega \cos \alpha L_{pn} g, \quad (2.3)$$

где  $L_{pn}$  – длина наклонного участка конвейера, м;

$\alpha$  – угол наклона конвейера, град.

$$L_{pn} = \frac{H}{\sin \alpha}, \quad (2.4)$$

$$L_{pn} = \frac{5}{\sin 5^\circ} = 57,37 \text{ м.}$$

$$W_{pn} = (8,87 + 27,8) \sin 5^\circ + (8,87 + 27,8 + 7,2) 0,04 \sin 5^\circ 57,37 \cdot 9,81 = 2780,9 \text{ Н}$$

Определим сопротивления на холостой ветви ленты (рис. 5).

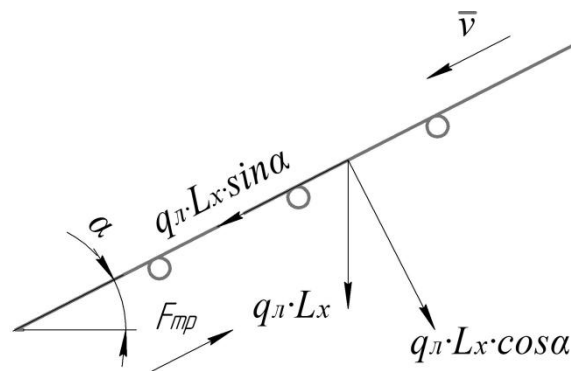


Рис. 5. Расчётная схема сопротивления ленты на холостой ветви конвейера

На горизонтальном участке

$$W_{x2} = (q_l + q_{px}) \omega - q_l L_{x2} g, \quad (2.5)$$

где  $L_{xг} = L_{pg}$ .

$$W_{x2} = (8,87 + 3,6) 0,04 - 8,87 25 \cdot 9,81 = 122,33 \text{ Н.}$$

На наклонном участке:

$$W_{xn} = (q_l + q_{px}) \omega \cos \alpha - q \sin \alpha L_{xn} g, \quad (2.6)$$

где  $L_{xn} = L_{pn}$

$$W_{xn} = (8,87 + 3,6) 0,04 \cdot \cos 5^\circ - 8,87 \sin 5^\circ 57,37 \cdot 9,81 = -155,42 \text{ Н.}$$

Определим натяжения в рассматриваемых точках контура конвейера (рис. 6).

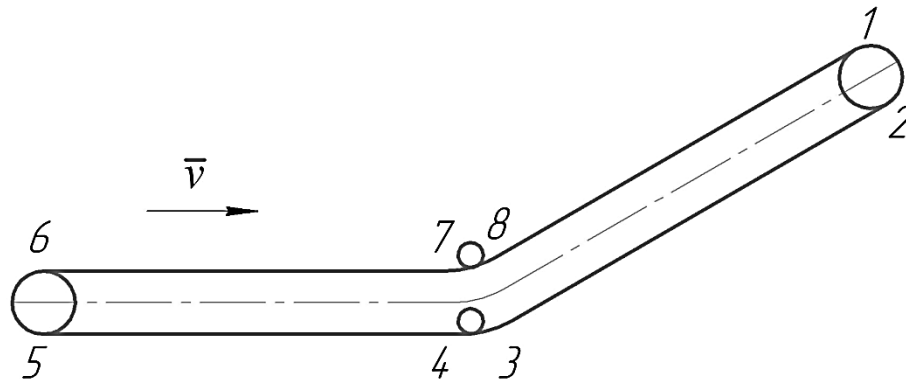


Рис. 6. Схема контура конвейера

$$\left\{ \begin{array}{l} S_3 = S_{\min} \\ S_4 = \varepsilon_{43} \cdot S_3 \\ S_5 = S_4 + W_{\text{хр}} \\ S_6 = \varepsilon_{56} \cdot S_5 \\ S_7 = S_6 + W_0 + W_{\text{рг}} \\ S_8 = \varepsilon_{78} \cdot S_7 \\ S_1 = S_8 + W_{\text{рн}} \\ S_2 = S_3 + W_{\text{хнакл}} \end{array} \right. , \quad (2.7)$$

где  $\varepsilon_{56} = 1,1$ ;  $\varepsilon_{78} = 1,05$ ;  $\varepsilon_{43} = 1,05$  – соответствующие коэффициенты сопротивлений на барабанах и отклоняющих роликах.

Из системы 2.7 выразим натяжение ленты в точке 1

$$u_{np} = \frac{1500}{28,6} = 52,36. \quad (2.8)$$

Формула Эйлера

$$S_1 = S_2 e^{f\beta}, \quad (2.9)$$

где  $e = 2,718$  – основание натурального логарифма;

$f = 0,4$  – коэффициент трения между лентой и приводным барабаном;

$\beta = \pi$  – угол обхвата барабана лентой.

Решая (2.8) и (2.9) совместно, получим

$$S_2 e^{f\beta} - 1,213S_2 = 3374,4$$

$$S_2 = \frac{3374,4}{(e^{f\beta} - 2,21)} = \frac{3374,4}{2,3} = 1466,5H$$

$$\left\{ \begin{array}{l} S_{\min} = S_3 = S_2 - W_{xH} = 1466,5 - (-155,425) = 1621,9H \\ S_4 = \varepsilon_{43} \cdot S_3 = 1,05 \cdot 1621,9 = 1703H \\ S_5 = S_4 + W_{xT} = 1703 + 122,3 = 1825,3H \\ S_6 = \varepsilon_{56} \cdot S_5 = 1,1 \cdot 1825,3 = 2007,9H \\ S_7 = S_6 + W_0 + W_{pT} = 2007,9 + 0,51 + 430,15 = 2438,5H \\ S_8 = \varepsilon_{78} \cdot S_7 = 1,05 \cdot 2438,5 = 2560,47H \\ S_1 = S_8 + W_{pH} = 2560,47 + 2780,93 = 5341,4H \end{array} \right. \quad (2.10)$$

Определим окружное усилие на барабане

$$P = S_1 - S_2. \quad (2.11)$$

$$P = 5341,4 - 1466,5 = 3874,9H$$

Определим предварительное натяжение ленты

$$S_0 = \frac{P(e^{f\beta} + 1)}{2(e^{f\beta} - 1)}. \quad (2.12)$$

$$S_0 = \frac{3874,9(e^{0,4 \cdot 3,14} + 1)}{2(e^{0,4 \cdot 3,14} - 1)} = 3479H.$$

Определим сумму всех сопротивлений на конвейере

$$\sum W_i = W_0 + W_{pT} + W_{pH} + W_{xT} + W_{xH} \quad (2.13)$$

$$\sum W_i = 0,51 + 430,15 + 2780,9 + 122,3 + (-155,4) = 3178,5H$$

Определим максимальное натяжение ленты при пуске

$$S_{\max}^n = S_0 + \sum W_i + \frac{a}{g} (q_l(L_p + L_x) + q_{sp}L_p)(1 + k_u), \quad (2.14)$$

где  $a = (0,1-0,2)$  м/с<sup>2</sup> – линейное ускорение поступательно перемещающихся элементов конвейера;

$k_u = (0,05-0,1)$  – коэффициент инерции вращательных элементов конвейера.

$$S_{\max}^n = 3479 + 3178,5 + \frac{0,2}{9,81} (8,87(57,37 + 25) \cdot 2 + 27,78(57,37 + 25))(1 + 0,1) = 6740H$$

Определим окружное усилие на барабане при пуске

$$P^n = S_{\max}^n - S_2. \quad (2.15)$$

$$P^n = 6740 - 1466,5 = 5273,5 \text{ Н}.$$

Рассчитаем прочность ленты по погонной нагрузке на 1 см ширины одной прокладки

$$K = \frac{S_{\max}^n}{Bi} \leq K, \quad (2.16)$$

где [K] – допускаемая нагрузка на 1 см ширины одной прокладки, Н/см.

$$K = \frac{K_{np}}{n}, \quad (2.17)$$

где  $K_{np}$  – предел прочности прокладки, Н/см;

$n = (8 - 10)$  – коэффициент запаса прочности для резинотканевой ленты.

Для ленты БКНЛ-100 – [K] = 10 Н/см, поэтому условие (2.16) выполняется, т.к.  $K < [K]$ .

### 3. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРИВОДА

Так как в момент пуска конвейера момент на барабане максимальный, поэтому с учетом динамической нагрузки определим момент на валу приводного барабана

$$M_{\sigma} = \frac{P^n D_{\sigma}}{2}. \quad (3.1)$$

$$M_{\sigma} = \frac{5273,5 \cdot 0,4}{2} = 1054,7 \text{ Нм}.$$

Определим угловую скорость приводного барабана

$$n_{\sigma} = \frac{60 \cdot 10^3 V}{\pi D_{\sigma}}. \quad (3.2)$$

$$n_{\sigma} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 0,6}{3,14 \cdot 400} = 28,6 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Тогда мощность на приводном барабане равна

$$N_{\sigma} = \frac{M_{\sigma} \pi n_{\sigma}}{30}. \quad (3.3)$$

$$N_{\sigma} = \frac{1054,7 \cdot 3,14 \cdot 28,6}{30} = 3162,5 \text{ Вт} = 3,16 \text{ кВт}$$

Для электро-механического привода конвейера принимаем редуктор цилиндрический горизонтальный двухступенчатый Ц2У-125 и задаемся синхронной частотой вращения вала электродвигателя:  $n_c = 1500$  об/мин.

Определим общее передаточное число привода (рис. 7)

$$u_{np} = \frac{n_c}{n_{\sigma}}. \quad (3.4)$$

$$u_{np} = \frac{1500}{28,6} = 52,36.$$

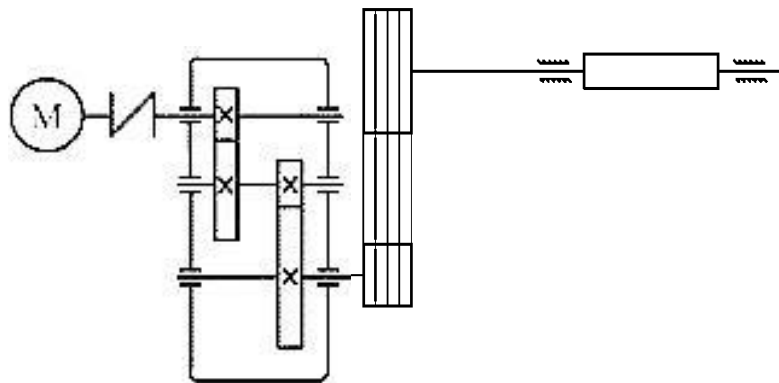


Рис. 7. Схема привода

Определим общий КПД привода:

$$\eta_{np} = \eta_{zn}^2 \eta_{пк}^3 \eta_{клт}. \quad (3.5)$$

где  $\eta_{пк}$  – КПД подшипников качения;

$\eta_{zn}$  – КПД закрытой зубчатой передачи с цилиндрическими колёсами;

$\eta_{клт}$  – КПД клиноременной передачи.

$$\eta_{np} = 0,95^2 \cdot 0,99^3 \cdot 0,95 = 0,83.$$

Определим расчётную мощность электродвигателя

$$N_{эл} = \frac{N_n}{\eta_{np}}. \quad (3.6)$$

$$N_{эл} = \frac{3,138}{0,83} = 3,78 \text{ кВт.}$$

Выбираем трёхфазный асинхронный короткозамкнутый электродвигатель 4А100L4 У3 ГОСТ 19523-81 с параметрами: мощность  $N_{эл}^H = 4 \text{ кВт}$ ; синхронная частота вращения  $n_c = 1500 \text{ об/мин}$ ; номинальное скольжение  $S = 4,6\%$ . Определим недогрузку работы электродвигателя

$$\text{Недогрузка} = \frac{(4 - 3,78)100}{4} = 5,5\%. \quad (3.7)$$

Двигатель работает с недогрузкой, равной 5,5%, которая меньше допускаемой - 15%. Из этого можно сделать вывод, что электродвигатель выбран правильно.

Асинхронная частота вращения вала электродвигателя равна

$$n_{ac} = n_c \left( 1 - \frac{S\%}{100} \right). \quad (3.8)$$

$$n_{ac} = 1500 \left( 1 - \frac{4,6\%}{100} \right) = 1431 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Уточним общее передаточное число привода

$$u'_{np} = \frac{n_{ac}}{n_{\sigma}}. \quad (3.9)$$

$$u'_{np} = \frac{1431}{28,648} = 49,95.$$

Выбираем редуктор цилиндрический горизонтальный двухступенчатый Ц2У-125 с передаточным отношением  $u_p^{ст} = 25$  и моментом на тихоходном валу  $M_{ТВ}^p = 630$  Нм. Тогда передаточное отношение открытой передачи равно

$$u'_{кли} = \frac{u'_{np}}{u'_{р}}. \quad (3.10)$$

$$u'_{кли} = \frac{49,95}{25} = 1,99 \rightarrow \text{принимаем} = 2.$$

Определим момент на тихоходном валу редуктора

$$M_{мс}^p = M_{эл} u_p^{ст} \eta_p, \quad (3.11)$$

$$M_{эл} = \frac{30N_{эл}}{\pi n_{ас}}.$$

$$M_{мс}^p = \frac{30 \cdot 3780}{3,14 \cdot 1431} \cdot 25 \cdot 0,875 = 552 \text{ Нм}.$$

Выбранный редуктор Ц2У-125 будет работать с недогрузкой 12,37%, что вполне допустимо, т.к. это меньше 15%. Уточним скорость вращения приводного барабана конвейера

$$n_{б} = \frac{n_{ас}}{u_p^{ст} u'_{кли}}. \quad (3.12)$$

$$n_{б} = \frac{1431}{25 \cdot 2} = 28,62 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Разница действительной и расчетной скорости вращения барабана составляет 0,1%, практически они равны.



#### 4. ВЫБОР МУФТЫ

В приводе предусмотрена одна муфта. Быстроходный вал редуктора соединяется с валом электродвигателя муфтой, которая устанавливается на валу при помощи шпонки.

По диаметру входного вала редуктора ( $d_{вх}=28\text{мм}$ ) и моменту на нём ( $M_1=25,17\text{ Нм}$ ) выбираем муфту упругую втулочно-пальцевую МУВП 31.50-28-1-ГОСТ 21424-93.

#### 5. РАСЧЁТ ОТКРЫТОЙ КЛИНОРЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ

Выберем тип ремня «В» по диаграмме n-N [3 с.58]: ширина нейтрального слоя  $b_p = 19\text{ мм}$ ; высота  $h = 13,5\text{ мм}$ ; площадь сечения  $S = 230\text{ мм}^2$ ; масса 1 м длины  $q = 0,3\text{ кг}$ ; корд тканевый. Выберем диаметр ведущего шкива по ГОСТ 8032-84  $D_1 = 200\text{ мм}$ , тогда диаметр ведомого шкива равен

$$D_2 = D_1 u_{кшп} . \quad (5.1)$$

$$D_2 = 200 \cdot 2 = 400\text{ мм}.$$

Определим межосевое расстояние между шкивами

$$A = 0,55(D_1 + D_2) + h. \quad (5.2)$$

$$A = 0,55(200 + 400) + 13,5 = 343,5\text{ мм}.$$

В зависимости от  $u_{кшп}$  и  $D_2$  принимаем межосевое расстояние  $A = 500\text{ мм}$ .

Определим длину ремня по формуле

$$L = 2A + 0,5\pi(D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4A}.$$

$$(5.3)$$

$$L = 2 \cdot 500 + 0,5 \cdot 3,14(200 + 400) + \frac{(400 - 200)^2}{4 \cdot 500} = 1962,5\text{ мм}.$$

Принимаем  $L = 2000\text{ мм}$ . При этом уточним межосевое расстояние

$$A_{\phi} := \frac{2 \cdot L - \pi \cdot (D_1 + D_2) + \sqrt{(2 \cdot L - \pi \cdot (D_1 + D_2))^2 - 8 \cdot (D_2 - D_1)^2}}{8} \quad (5.4)$$

$$A_{\phi} = \frac{2 \cdot 2000 - 3,14(200 + 400) + \sqrt{(2 \cdot 2000 - 3,14(200 + 400))^2 - 8(400 - 200)^2}}{8} = 519,13 \text{ мм.}$$

При проектировании передачи, по возможности, предусматривают изменение межосевого расстояния в пределах вытяжки ремня 3-5% от А для его компенсации.

Определим угол обхвата ремнем шкива

$$\alpha = 180^\circ - \left( \frac{D_2 - D_1}{519,13} \right) 60^\circ. \quad (5.5)$$

$$\alpha = 180^\circ - \left( \frac{400 - 200}{519,13} \right) 60^\circ = 157^\circ.$$

Условие работоспособности выполняется  $\alpha > 150^\circ$ .

Вычислим допускаемую мощность при заданных условиях на один ремень:

$$[N] = N_0 \cdot C_a \cdot C_p, \quad (5.6)$$

где  $N_0 = 2,25$  кВт – значение мощности передаваемой в стандартных условиях одним ремнем;

$C_a = 0,93$  – коэффициент угла обхвата;

$C_p = 1$  – коэффициент работы.

$$[N] = 2,25 \cdot 0,93 \cdot 1 = 2,1 \text{ кВт.}$$

Определяем требуемое число клиновых ремней

$$Z = \frac{N_1}{[N]}. \quad (5.7)$$

$$Z = \frac{3,3}{2,1} = 1,57.$$

Принимаем  $Z = 2$ .

## 6. ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЁТ НАТЯЖНОГО УСТРОЙСТВА

Определим силу, действующую на винт натяжного устройства (рис. 8)

$$R = \left( \frac{S_5 + S_6}{2} \right) K_{\text{неравн}}. \quad (6.1)$$

где  $K_{\text{неравн}} = (1,5 \div 1,7)$  – коэффициент неравномерности натяжения.

$$R = \left( \frac{1825,35 + 2007,9}{2} \right) 1,6 = 3066,6 \text{ Н}.$$

Найдём внутренний диаметр винта натяжного устройства

$$\sigma_p = \frac{4R}{\pi d_1^2} \leq [\sigma]_p \rightarrow d_1 = \sqrt{\frac{4R[n]}{\pi[\sigma]_p}}, \quad (6.2)$$

где  $[n] = (2,5 \div 3)$  – коэффициент запаса прочности;

$[\sigma]_p = 80$  МПа – допускаемый предел прочности при растяжении стали Ст 3.

$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 3066,6 \cdot 3}{3,14 \cdot 80}} = 12,1 \text{ мм}$ . Принимаем винт с учетом продольного изгиба М18.

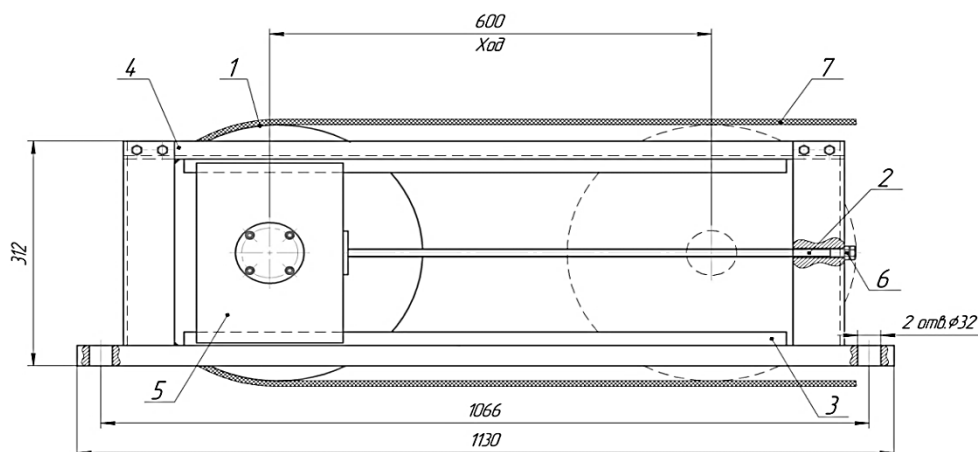


Рис. 8. Схема натяжного устройства: 1 – натяжной барабан; 2 – винт;  
3 – направляющие; 4 – опорная рама; 5 – подшипниковый узел;  
6 – контргайка; 7 – лента

## 7. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИВОДНОГО БАРАБАНА

Диаметр барабана ранее определен и равен  $D_6 = 400$  мм. Так как приводной барабан передает крутящий момент, поэтому вал испытывает деформацию кручения. Определим диаметр выходного диаметра вала

$$d = \sqrt[3]{\frac{16M_n}{\pi[\tau]_{кр}}}, \quad (7.1)$$

где  $[\tau]_{кр} = (20 \div 25)$  МПа – допускаемое напряжение на кручение.

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 1054,7 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 22}} = 62,25 \text{ мм.}$$

Из ряда стандартных диаметров валов выбираем  $d = 65$  мм.

По диаметру вала под подшипник  $d_{п} = 75$  мм подбираем радиальный сферический двухрядный шариковый подшипник лёгкой серии 1215 ГОСТ 5720-75, с параметрами  $D = 130$  мм,  $b = 25$  мм,  $C = 29890$  Н.

Определим результирующую осевую нагрузку подшипников:

$$Q = \frac{S_1 + S_2}{2}. \quad (7.2)$$

$$Q = \frac{5341,4 + 1466,5}{2} = 3403,95 \text{ Н.}$$

Определим эквивалентную нагрузку на подшипник

$$P_{экр} = Q \cdot k_6 \cdot k_t, \quad (7.3)$$

где  $K_6$  – коэффициент безопасности;

$K_t$  – температурный коэффициент.

$$P_{экр} = 3403,95 \cdot 1 \cdot 1 = 3403,95 \text{ Н}$$

Вычислим долговечность подшипников на валу приводного барабана

$$L_h = \frac{10^6}{60n} \left( \frac{C}{P_{экр}} \right)^\alpha, \quad (7.4)$$

где  $n$  – угловая скорость на валу приводного барабана, об/мин;

$C$  – динамическая грузоподъемность подшипника, Н;

$\alpha = 3$  – коэффициент вида тела качения (шарик);

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 28,4} \left( \frac{29890}{3403,95} \right)^3 = 397336,3 \text{ ч.}$$

Схема конструкции приводного барабана приведена на рис. 9.

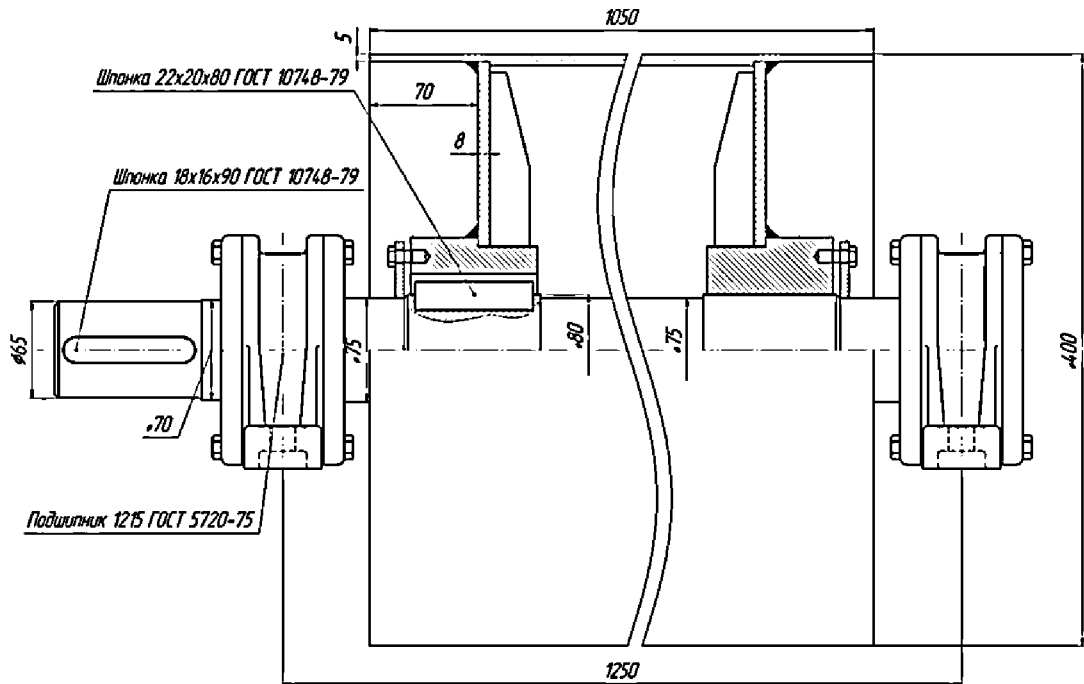


Рис. 9. Схема приводного барабана

## 8. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАТЯЖНОГО БАРАБАНА

Определим изгибающий момент на оси натяжного барабана

$$M_F = R \cdot l, \quad (8.1)$$

где  $l$  – половина расстояния между подшипниками натяжного барабана

$$l = \frac{L_6 + 200}{2}, \quad (8.2)$$

где  $L_6 = 1050$  мм – ширина барабана.

$$l = \frac{1050 + 200}{2} = 625 \text{ мм.}$$

$$M_F = 3066,6 \cdot 0,625 = 1916,6 \text{ Нм.}$$

Определим диаметр оси натяжного барабана (рис. 10)

$$d_{\text{оси}} = \sqrt[3]{\frac{32M_F 10^3}{\pi [\sigma]_F} k_F}, \quad (8.3)$$

где  $[\sigma]_F = 150$  МПа – допускаемое напряжение на изгиб (сталь 45);

$k_F = 2$  – коэффициент запаса прочности.

$$d_{\text{оси}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1916,6 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 150} 2} = 63,6 \text{ мм.}$$

Из ряда стандартных диаметров валов выбираем  $d_{\text{оси}} = 63$  мм.

По диаметру вала под подшипник  $d_{\text{п}} = 65$  мм подбираем шариковый радиальный однорядный подшипник особо лёгкой серии 113 ГОСТ8338 -80 с параметрами  $D=100$  мм,  $B=18$  мм,  $C=23520$  Н.

Определим результирующую осевую нагрузку подшипников:

$$Q = \frac{S_5 + S_6}{2};$$

$$Q = \frac{1825,35 + 2007,8}{2} = 1916,6 \text{ Н.} \quad (8.4)$$

Определим эквивалентную нагрузку:

$$P_{\text{эkv}} = Q k_{\sigma} k_t;$$

$$P_{\text{эkv}} = 1916,6 \cdot 1 \cdot 1 = 1916,6 \text{ Н.} \quad (8.5)$$

Вычислим долговечность подшипников на рабочем валу

$$L_h = \frac{10^6}{60n} \left( \frac{C}{P_{эКВ}} \right) \alpha;$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 28,4} \left( \frac{23520}{1916,6} \right)^3 = 1,08 \cdot 10^6 \text{ ч.} \quad (8.6)$$

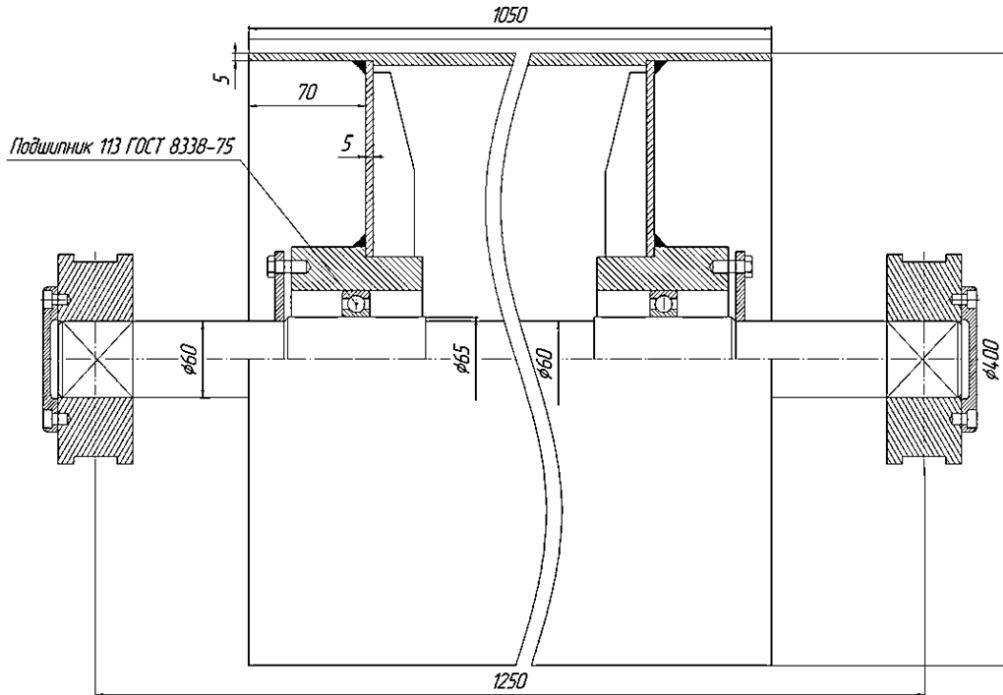


Рис. 10. Схема натяжного барабана

## 9. СМАЗКА УЗЛОВ ТРЕНИЯ КОНВЕЙЕРА

Узел	Смазочный материал
Подшипники качения барабанов	Пластичная антифрикционная смазка ЦИАТИМ -203 ГОСТ 8773-73
Подшипники качения роlikоопор	Пластичная антифрикционная смазка ЦИАТИМ -203 ГОСТ 8773-73
Редуктор привода	Индустриальное масло И-30А ГОСТ 20799-75
Подшипники редуктора	Пластичная антифрикционная смазка ЦИАТИМ -203 ГОСТ 8773-73

## 10. РАМА КОНВЕЙЕРА

Общая длина конвейера составляет 82,5 м. Принимаем секционную раму, выполненную из металлопроката.

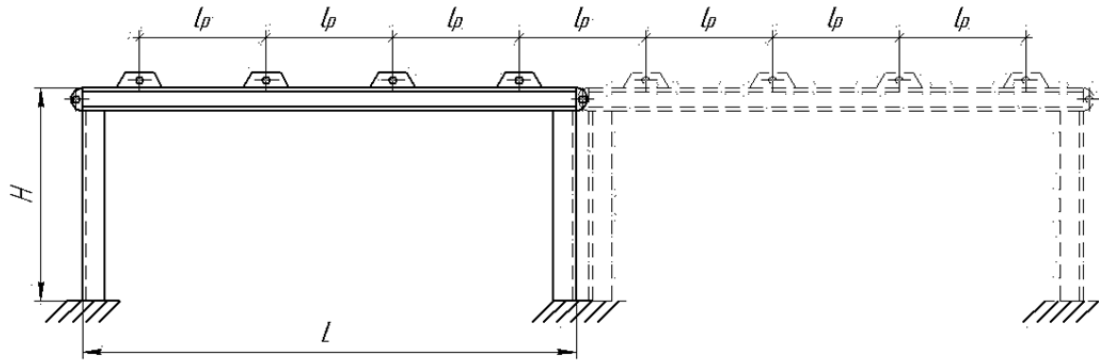


Рис. 11. Схема секции рамы конвейера прямолинейного участка

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спиваковский, А.О. Транспортирующие машины / А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков. – М.: Машиностроение, 1968. – 504 с.
2. Конвейеры: справочник / Р. А. Волков [ и др.]; под общ. ред. Ю. А. Пертена. – Л.: Машиностроение, Ленингр, отд-ние, 1984. – 367 с.
3. Киселев, Б. Р. Проектирование приводов машин химического производства: учебное пособие / Б.Р. Киселев; Иван. гос. хим.-технол. ун-т.- Иваново, 2007. – 180 с.
4. Справочник технических сведений для курсового проекта "Детали машин и основы конструирования", "Механика" / Б. Р. Киселев, В. В. Бойцова, Т. Г. Комарова ; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2010. – 182 с.



## Оглавление

Предисловие .....	3
Введение .....	5
1. Конструкция, типы ленточных конвейеров .....	8
2. Конвейерная лента .....	23
2.1. Резинотканевые ленты .....	26
2.2. Типы несущих поверхностей резинотканевых.....	46
2.3. Стыковка конвейерных лент .....	57
2.4. Модульная конвейерная лента .....	63
2.5. Металлические сетчатые и сплошные ленты .....	70
3. Барабаны .....	75
4. Конструкции опорных устройств для конвейерной ленты .....	85
5. Загрузочные, разгрузочные и очистительные устройства .....	97
6. Натяжное устройство .....	105
7. Привод .....	109
8. Рама конвейера .....	115
9. Определение основных параметров узлов ленточного конвейера.....	120
9.1. Выбор конвейерной ленты .....	122
9.2. Определение ширины ленты .....	124
9.3. Установка роликоопор .....	127
9.4. Определение основных параметров барабанов .....	128
10. Расчет тягового усилия на приводном барабане .....	129
10.1. Определение сопротивлений на участках	

контура конвейера .....	130
10.2. Определение натяжений в ветвях ленты конвейера .....	135
11. Расчет на прочность основных узлов конвейера .....	137
11.1. Прочность ленты .....	138
11.2. Проектирование валов и осей барабанов.....	139
11.3. Расчет натяжного устройства .....	143
11.4. Расчет привода .....	144
12. Задания и содержание расчетной работы по ПТУ .....	147
12.1. Требования выполнения задачи проектирования.....	147
12.2. Разделы расчетно-пояснительной записки.....	148
12.3. Исходные данные.....	149
12.4. Задания.....	150
Список источников .....	150
Приложение 1 .....	153
Приложение 2.....	157

Учебное издание

Киселев Борис Ростиславович

Колобов Михаил Юрьевич

**Ленточный конвейер.**  
**Расчет и проектирование основных узлов**  
Учебное пособие

Редактор В.Л. Родичева

Подписано в печать 25.12. 2018. Формат 60x84 1/16.

Бумага писчая. Усл. печ. л. 10,93. Уч-изд. л. 12,13. Тираж 100 экз.

Заказ .

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный  
химико-технологический университет»

Отпечатано на полиграфическом оборудовании  
редакционно-издательского центра ИГХТУ  
ФГБОУ ВО «ИГХТУ»

153000, г. Иваново, пр. Шереметевский, 7