

**БОЙКО А.И., БОРЫЧЕВ С.Н., БАЙБОБОЕВ Н.Г.**

**МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ  
ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ  
ГРУЗОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ И  
ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*учебное пособие*



**Рязань-2019**

**Бойко А.И., Борычев С.Н. ,Байбобоев Н.Г.**

**МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ  
ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ  
ГРУЗОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ И  
ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**(обзор, теория, расчет)**

**учебное пособие**

«Допущено Федеральным УМО по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки 23.00.00 – «Техника и технологии наземного транспорта», 23.03.01 - «Технология транспортных процессов». 23.03.03 - «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», уровень образования-«бакалавриат»

**Рязань, 2019**

**УДК 621.867.2(46)**

**ББК 65.291.591я73**

**Б77**

***Рецензенты:***

**С.А.Евтюков** – заведующий кафедрой «Наземные транспортно-технологические машины», ФГБОУ ВО СПбГАСУ, доктор технических наук, профессор;

**А.М.Кравченко** – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО РВАИ имени Ф.В.Маргелова.

**Бойко А.И., Борычев С.Н., Байбобоев Н.Г. и др.<sup>1</sup>**

Машины и оборудование для транспортирования грузов сельскохозяйственной и перерабатывающей промышленности ( обзор, теория ,расчет) //учебное пособие/ – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2019.

**ISBN 978-5-98660-341-4**

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям: 23.00.00 – «Техника и технологии наземного транспорта», 23.03.01 - «Технология транспортных процессов», 23.03.03 - «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», а также инженеров, занятых разработкой элеваторов и транспортеров для применения в сельскохозяйственном производстве.

Оно содержит современную методику расчета элеваторов и транспортеров, учитывающую передовой отечественный и зарубежный опыт проектирования и эксплуатации элеваторов и транспортеров в сельскохозяйственном производстве и на предприятиях отраслей, занятых переработкой сельскохозяйственной продукции.

Данное учебное пособие при использовании рекомендаций по проектированию позволяет в полном объеме выполнить расчетно-пояснительную и графическую части проектов по механизации процессов грузообработки сыпучих и кусковых грузов.

---

<sup>1</sup> Глава 4 и 5 написаны совместно с И.А.Успенским, Г.К.Рембаловичом, А.А.Мамахоновым и П.М.Махсудовым

**ББК 65.291.591я73**

**© Бойко А.И., Борычев С.Н., Байбобоев Н.Г. и др.**

**ISBN 978-5-98660-341-4**

## Содержание

	Стр
Введение	4
1 Ковшовые элеваторы	6
1.1 Основные типы, конструктивные разновидности и параметры элеваторов	18
2 Транспортеры скребковые, планчатые и пластинчатые.	35
2.1 Назначение и общее устройство	35
2.2 Тяговые, рабочие и вспомогательные органы скребковых транспортеров	37
2.3 Транспортеры с погруженными скребками	40
3 Трубчатые скребковые транспортеры	77
4 Винтовые транспортеры	82
4.1. Основные схемы конструкции и область применения	82
4.2. Передвижные и стационарные винтовые транспортеры	84
4.3. Основные элементы конструкции винтовых транспортеров	96
4.4. Пример расчета винтового транспортера	102
5 Оборудование транспортеров	110
5.1 Назначение и устройство современных транспортеров	110
5.2 Приводные и натяжные станции	118
5.3 Тяговые и натяжные звездочки и блоки	130
5.4 Короб, загрузочные и разгрузочные устройства	140
5.5 Конструкция современных транспортеров	148
5.6 Установки для непрерывной разгрузки судов и барж	168
5.7 Снижение шума транспортирующих машин	172
Заключение	174
Приложение	176
Библиографический список	216

## ВВЕДЕНИЕ

Ковшовые элеваторы (в промышленности переработки зерна и зернопродуктов их называют нориями) предназначены для вертикального и крутонаклонного транспортирования пылевидных, порошкообразных, зернистых и кусковых насыпных грузов. Наиболее широко они используются в ряде отраслей агропромышленного комплекса, на предприятиях химической, пищевой и угольной промышленности, в литейных производствах машиностроения и в промышленности строительных материалов. Минеральные удобрения, зерно и продукты его переработки, торф, формовочная смесь, горелая земля, гравий, щебень, песок, цемент, шамот, доломит, руда, уголь – таков неполный перечень транспортируемых ковшовыми элеваторами грузов.

Ковшовые элеваторы используются в качестве стационарных, передвижных и встроенных в мобильные погрузочные машины средств механизации подъема насыпных грузов. В некоторых случаях они одновременно выполняют технологические функции, например, обезвоживание транспортируемого груза.

Достоинства ковшовых элеваторов: большой диапазон производительности (5-1000 и более м<sup>3</sup>/ч) и высоты транспортирования (5-100 и более м), малые габаритные размеры в поперечном сечении, герметичность трассы и малая энергоемкость. Использование ковшовых элеваторов во многих случаях позволяет обеспечить компактность транспортно-технологических схем и экономию производственной площади.

Наиболее общей тенденцией совершенствования элеваторов является повышение их производительности за счет роста удельной, т.е. отнесенной к единице длины тягового элемента, вместимости грузоносителей. При этом увеличение удельного грузопотока обеспечивается, главным образом, за счет более

близкого и непрерывного размещения ковшей. Существенное влияние на развитие элеваторов оказало создание и освоение серийного производства более прочных и стойких к износу тяговых элементов, в том числе калиброванных круглозвенных цепей и резиновых лент.

Одним из важных результатов в совершенствовании элеваторов явилось создание принципиально новых грузонесущих элементов в виде ковшей без дна и карманного типа.

Транспортирование насыпных грузов ковшовыми элеваторами включает в себя три различных по своей сущности процесса: заполнение (загрузку) ковшей, транспортирование вверх и опорожнение (разгрузку) ковшей. Наибольшую сложность для исследований представляют заполнение и опорожнение ковшей, поскольку эти процессы являются неустановившимися и скоротечными, где действующие на частицы груза силы изменяются как по величине, так и по направлению.

Различным аспектам теории ковшовых элеваторов посвящены труды отечественных ученых: П.С.Козьмина, Н.П.Петрова, К.А.Зворыкина, К.А.Голубева, А.Секирина, Г.Краймермана, К.В.Алферова, П.Н.Платонова, П.П.Артемьева, Н.К.Фадеева, Р.Л.Зенкова, В.Павлова, А.Гнутова, В.А.Рычкова и др. Наибольший вклад в развитие теории ковшовых элеваторов внёс проф. П.С.Козьмин. Им впервые выполнены фундаментальные теоретические исследования анализа движения частиц груза во вращающемся ковше.

## 1. Ковшовые элеваторы

Основными классификационными признаками ковшовых элеваторов являются: направление транспортирования, тип тягового элемента и шахты элеватора, способы загрузки (заполнения) и разгрузки (опорожнения) ковшей, тип ковшей и их расположение на тяговом элементе. Перечень конструктивных и кинематических параметров элеваторов, соответствующих указанным признакам, представлен на рис.1.

Ковшовый элеватор в своей основной конструктивной разновидности состоит (рис.2) из ходовой части, включающей вертикально-замкнутый тяговый элемент 4, охватывающий приводной 5 и натяжной 10 барабаны (звездочки, блоки), с закрепленными на нем грузонесущими элементами – ковшами 3; нижней (загрузочной) части 1 с натяжным устройством 9; средней части (шахты) 2 с направляющими шинами 8 и верхней части 6 с приводом 7. Транспортируемый насыпной груз подается в загрузочный патрубок (лоток) нижней части элеватора, где груз захватывается ковшами, и после подъема и выгрузки из ковшей на верхнем барабане (звездочках, блоках) поступает в приемный патрубок (отводящий рукав) верхней части элеватора.

Наиболее широкое применение получили вертикальные элеваторы с ленточными и цепными тяговыми элементами. Наклонные элеваторы более сложны по конструктивному устройству, поскольку для перемещения рабочей (грузонесущей) ветви в этих элеваторах необходимо наличие опорных элементов. В ленточных наклонных элеваторах опорными элементами служат ролики, а в цепных – направляющие пути, по которым перемещаются непосредственно звенья цепи или ее катки. Обратная ветвь наклонных элеваторов может быть свободно свисающей или поддерживаемой опорными элементами. Канатные тяговые элементы из-за присущих им недостатков не нашли широкого применения.

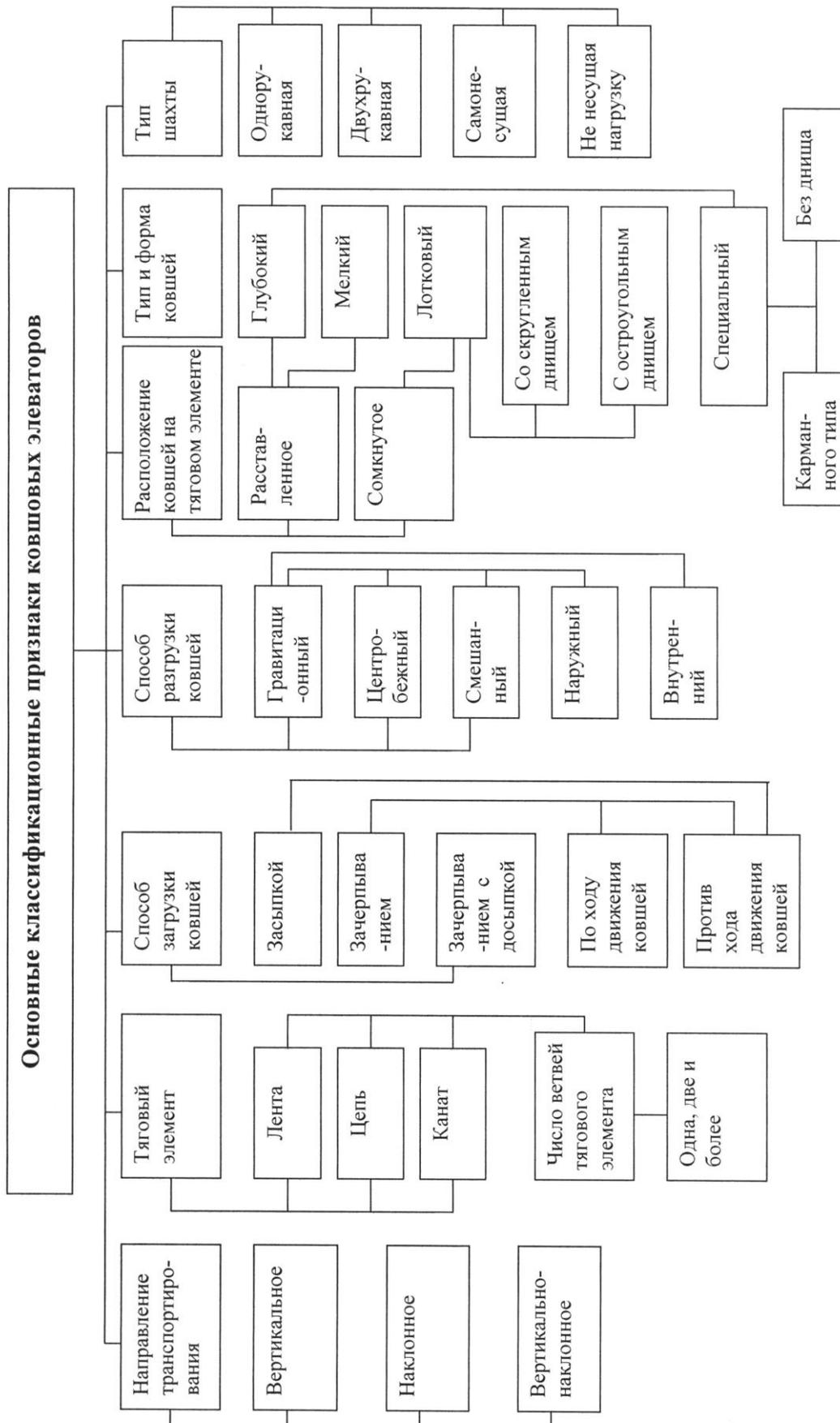


Рисунок 1 – Классификация ковшовых элеваторов.

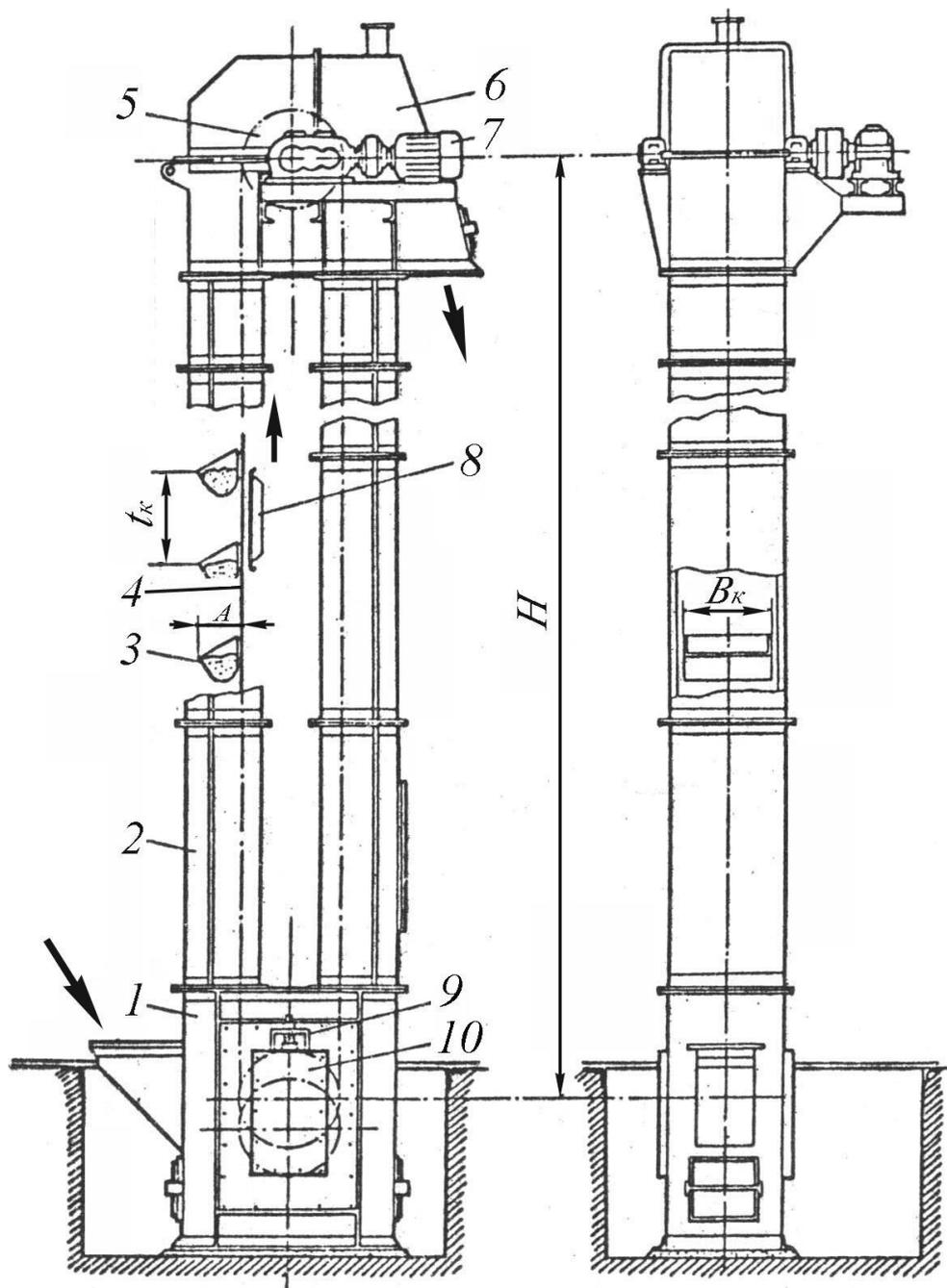


Рисунок 2 – Вертикальный ленточный ковшовый элеватор.

Загрузку ковшей зачерпыванием (рис.3а) осуществляют в быстроходных элеваторах с расставленными и сомкнутыми ковшами при транспортировании сравнительно хороших сыпучих мелкофракционных грузов, не оказывающих большого сопротивления черпанию. Для снижения сопротивления черпанию в зарубежных конструкциях элеваторов в некоторых случаях

используют аэрирование груза, находящегося в поддоне нижней части элеватора.

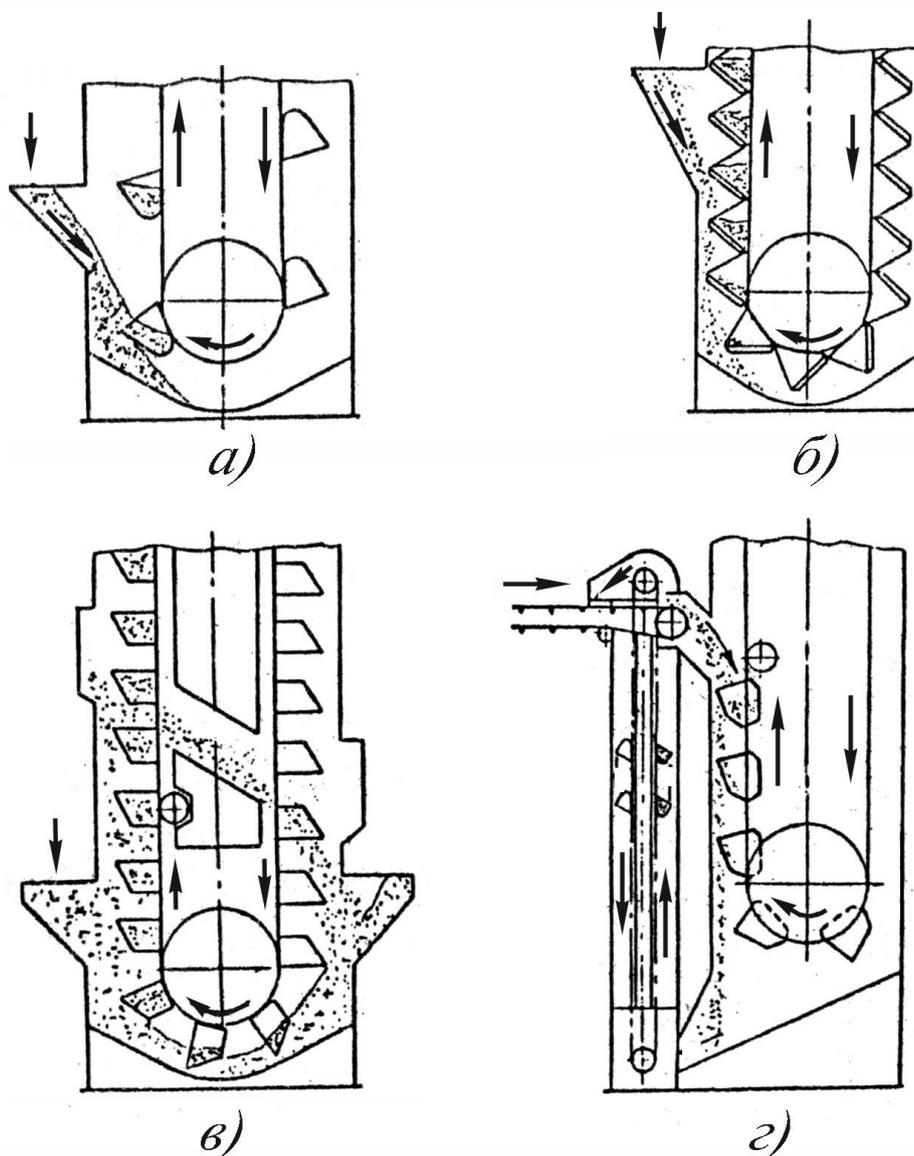
Загрузка ковшей зачерпыванием может осуществляться при подаче груза против хода движения ковшей (рис.3а) или по ходу их движения (рис.3б). Последний способ загрузки ковшей используют в быстроходных ленточных элеваторах (нориях для подъема зерна). С целью повышения заполнения ковшей и снижения вероятности завала нижней части элеватора при этом способе загрузки может быть использовано пересыпное устройство, выполненное в виде наклонной перепускной трубы с рассекателем, соединяющей трубы элеватора. При росте столба груза в восходящей трубе избыточное зерно скатывается по перепускной трубе в зону нисходящей ветви норрии, тем самым обеспечивается саморегулирование высоты столба груза в зоне восходящей и нисходящей ветвей элеватора.

Заполнение ковшей засыпкой, как правило, осуществляют в тихоходных элеваторах с непрерывно расположенными (сомкнутыми) ковшами (рис.3в) при транспортировании трудно зачерпываемых и кусковых насыпных грузов. При этом способе заполнения ковшей загрузочный патрубок располагается значительно выше, чем при зачерпывании, с тем, чтобы ссыпающийся по наклонному лотку насыпной груз на его конце достиг необходимой скорости. Более благоприятные условия для данного способа загрузки ковшей обеспечиваются в цепных элеваторах при наклонном расположении грузонесущей ветви в зоне засыпки ковшей.

При заполнении ковшей засыпкой некоторая часть ссыпающегося с лотка груза не успевает попасть в ковши и падает вниз, по этой причине неизбежно частичное черпание груза. В элеваторах с расставленными ковшами при достаточно высоком расположении загрузочного лотка может иметь место смешанный

способ загрузки ковшей: зачерпыванием с последующей досыпкой груза при его подаче против хода движения ковшей.

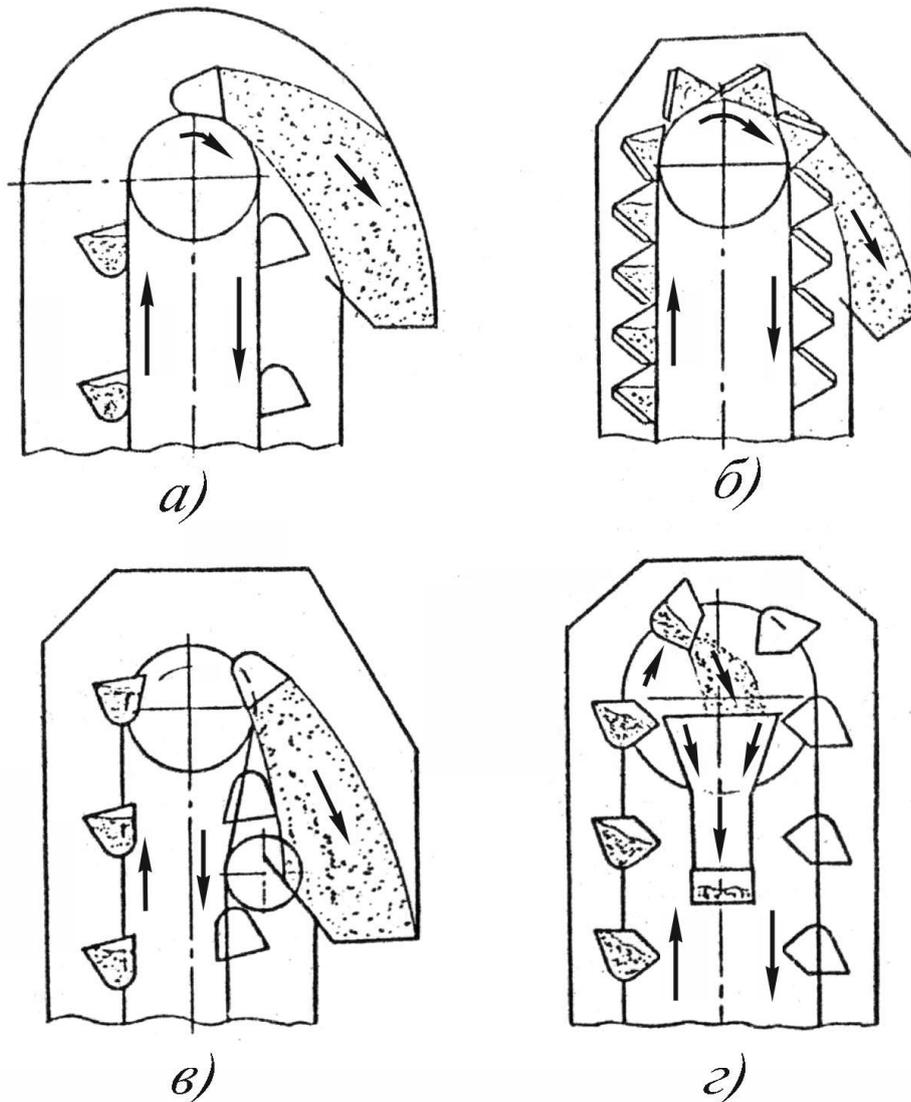
В зарубежных конструкциях высокопроизводительных шахтных элеваторов для загрузки ковшей засыпкой используют дополнительный элеватор меньшей производительности, которым груз, не попавший в ковши основного элеватора, вновь поднимается и подается в его загрузочный патрубок (рис.3г).



а), б) зачерпыванием; в), г) засыпкой.

Рисунок 3 – Схемы загрузки ковшей.

Разгрузка (опорожнение) ковшей элеваторов может быть наружной, в пространство за холостую (обратную) ветвь тягового элемента (рис.4а-в) или внутренней (центральной), в пространство между рабочей (загруженной) и обратной ветвями (рис.4г).



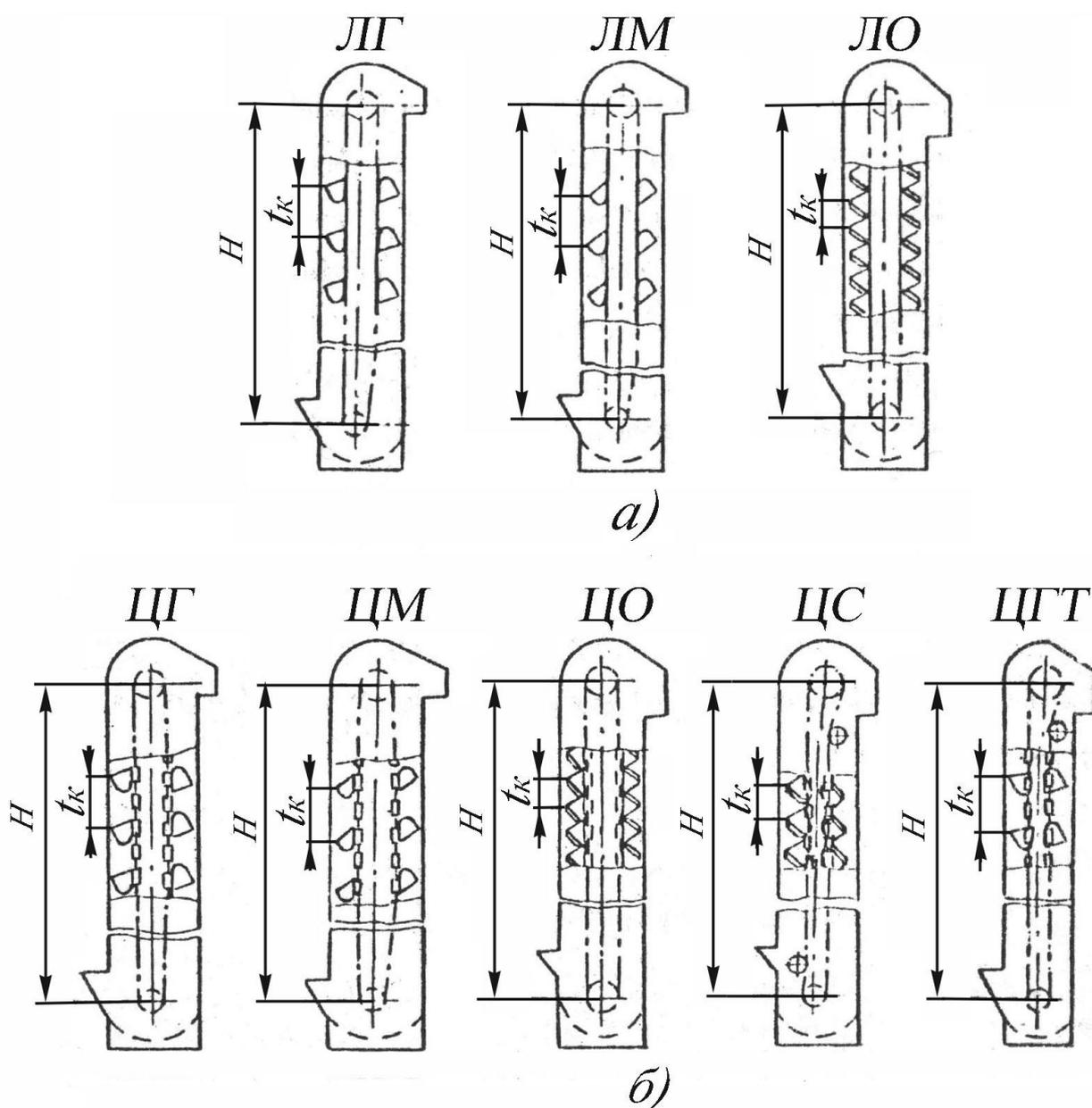
а) центробежной (смешанной); б) самотечной направленной;  
в) самотечной свободной; г) самотечной внутренней.

Рисунок 4 – Схемы разгрузки ковшей.

В зависимости от преимущественного воздействия сил инерции или сил тяжести (гравитации) на вращающийся совместно с ковшами насыпной груз разгрузку ковшей принято подразделять на центробежную (рис.4а) и гравитационную (самотечную, рис.4б–г).

Самотечная разгрузка, в свою очередь, может быть свободной (рис.4г) или направленной (рис.4б). Свободная самотечная наружная разгрузка осуществляется с помощью отклоняющих звездочек (блоков). В этом случае, как и при внутренней разгрузке, ковши размещаются между двумя ветвями тягового элемента и крепятся к нему боковыми стенками.

Основные параметры выпускаемых в России и странах СНГ стационарных вертикальных ковшовых элеваторов общего назначения установлены ГОСТ 2036-77, в соответствии с которым они подразделяются на быстроходные и тихоходные (Т), цепные (Ц) и ленточные (Л), с глубокими (Г), мелкими (М), остроугольными (О) ковшами и ковшами со скругленным днищем (С). Элеваторы типов ЛГ, ЛМ, ЦГ, ЦМ и ЦГТ имеют расставленное расположение ковшей, а элеваторы ЛО, ЦО и ЦС - сомкнутое (рис.5). Для указанных типов элеваторов ГОСТ устанавливает: ширину ковшей ( $B_K=100\div 1000$  мм) и шаг ковшей ( $t_K=200\div 800$  мм); ширину ленты ( $B_L=125\div 700$  мм) и диаметры приводных барабанов и блоков ( $D_D=250\div 800$  мм); минимальную расчетную объемную производительность ( $V_P=1,6\div 320$  м<sup>3</sup>/ч) и максимальную высоту транспортирования ( $H=12\div 40$  м), а также ряд скоростей тягового элемента и чисел зубьев звездочек цепных элеваторов. В соответствии с указанным стандартом для быстроходных элеваторов с ковшами шириной 100÷250 мм скорость тягового элемента  $v=1\div 2$  м/с, при ширине ковшей свыше 250 мм  $v=1,25\div 2,5$  м/с; для тихоходных элеваторов  $v=0,4\div 0,63$  м/с. Типоразмер элеваторов определяется шириной ковшей. Пример условного обозначения вертикального ленточного элеватора с глубокими ковшами шириной 400 мм: элеватор ЛГ-400, ГОСТ 2036-77.



а) ленточных; б) цепных.

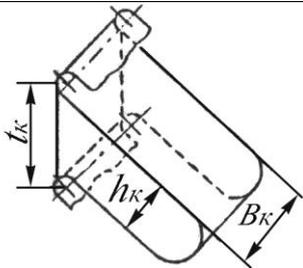
Рисунок 5 – Схемы ковшовых элеваторов.

Основные типоразмеры и параметры ленточных элеваторов (норий) для зерна и продуктов его переработки обусловлены ГОСТ 10190-77. Этот стандарт устанавливает: ряд производительностей (от 5 до 500 т/ч), максимальную высоту транспортирования (45 и 60 м), диаметр и длину приводных барабанов, шаг ковшей, ширину и скорость ленты, а также размеры поперечного сечения труб средней части элеватора. В зависимости от производительности для

зерна с насыпной плотностью  $0,75 \text{ т/м}^3$  и влажностью до 17% стандарт устанавливает два типа норий: тип I ( $Q=5\div 20 \text{ т/ч}$ ) и II ( $Q=50\div 500 \text{ т/ч}$ ). Для норий типа I скорость ленты –  $1,0\div 1,8 \text{ м/с}$ , а для норий типа II она составляет  $2,2\div 3,6 \text{ м/с}$ . Пример условного обозначения нории типа II производительностью 100 т/ч и высотой 45 м: нория II - 100/45, ГОСТ 10190-70.

Основные параметры ковшей – карманов ленточного элеватора фирмы "Шенк" в зависимости от размера частиц транспортируемого материала представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Типы и размеры ковшей – карманов фирмы "Шенк"

Эскиз кармана	Тип кармана	Размеры, мм			Наибольший размер частиц транспортируемого материала, мм, не более
		$B_K$	$t_K$	$h_K$	
	A	200; 315	250	140	50
	B	315; 400	315	180	70
	C	315; 500	400	230	100
	D	400; 1250	500	300	150
	E	630; 1600	630	355	200
	F	800; 1600	710	400	300

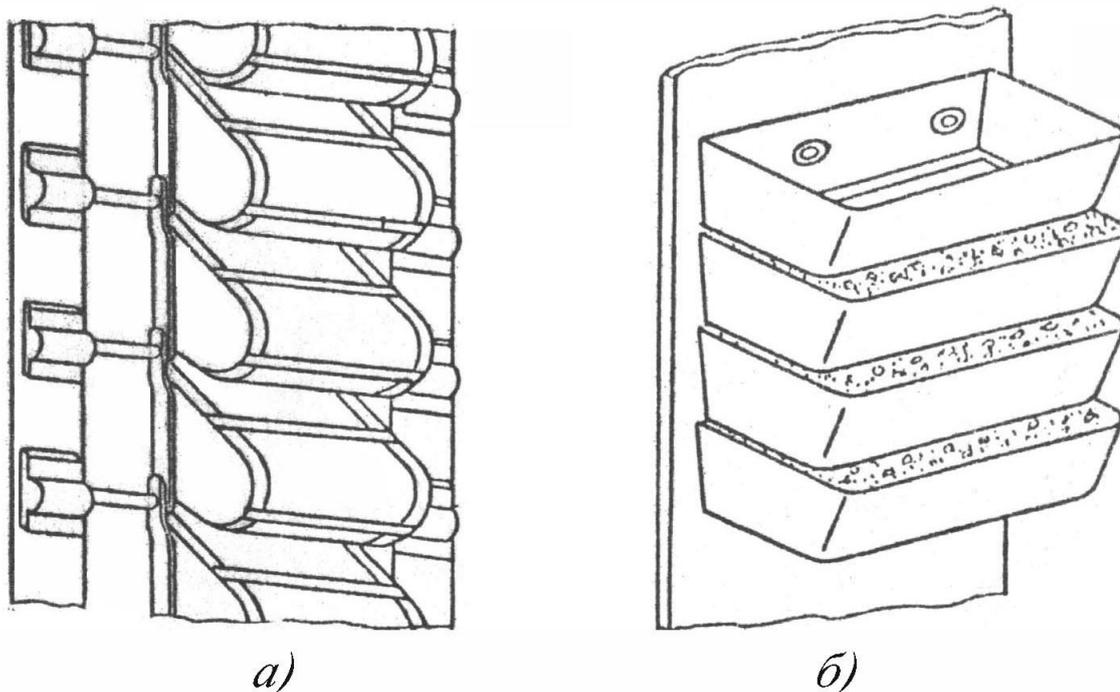
При транспортировании пылящих грузов, а также при необходимости предохранения груза от воздействия внешней среды ходовая часть, как и в обычных элеваторах, заключается в сплошной кожух, в остальных случаях элеватор ограждается лишь панелями из стальной сетки.

Преимущество элеваторов с ковшами-карманами – отсутствие зачерпывания груза, что в сочетании с эластичной конструкцией ковшей и гравитационной разгрузкой в максимальной мере способствует сохранности легко разрушаемого и хрупкого транспортируемого груза, а также обеспечивает минимальные удельные энергетические затраты на транспортирование. Трассы

ленточных элеваторов с ковшами–карманами могут быть весьма разнообразными. Наличие в них горизонтального загрузочного участка с натяжкой тяговых лент в горизонтальном направлении обеспечивает минимальную высоту загрузки ковшей относительно основания элеватора.

Недостатки – сложность конструкции ходовой части элеваторов и крепления ковшей к тяговым лентам; необходимость обеспечения строго равномерного и прямолинейного движения обеих ветвей лент и равномерной подачи груза в ковши.

Одним из существенных недостатков большинства ковшовых элеваторов является налипание частиц груза (особенно плохо сыпучего, влажного и связного) к днищу и стенкам ковшей. Остатки груза в ковшах снижают их полезную вместимость и, соответственно, уменьшают производительность элеваторов, создают просыпь груза на обратной ветви элеватора. Оригинальным решением устранения этого недостатка является применение ковшей без дна (КБД). Быстроходный ленточный элеватор с КБД впервые был предложен инженером В.Н. Павловым, на практике КБД используются в виде их комбинаций с ковшами, имеющими дно. Ковши устанавливаются сериями, каждая из которых включает определенное число (8÷12) КБД и заканчивается ковшом с днищем (рис.6б). Данное решение позволяет надежно удерживать от оседания транспортируемый столб насыпного груза и обеспечивает зачистку нижней части элеватора после прекращения подачи груза. КБД могут быть использованы и в действующих ленточных элеваторах путем их установки в промежутках между ковшами с дном.



а) с ковшами карманного типа; б) с ковшами без дна.

Рисунок 6 – Ходовая часть специальных ленточных элеваторов.

Ленточные элеваторы с КБД внедряются на хлебоприемных предприятиях путем модернизации действующих зерновых норий. Приняты к производству нории с КБД производительностью 175 т/ч. Получены положительные результаты испытаний ленточной нории с КБД в комбикормовом производстве. За рубежом ленточные элеваторы с КБД выпускаются рядом фирм. Фирма "Вальтер" (Германия) выпускает семь типоразмеров элеваторов с КБД с тремя скоростями движения ленты – 1,5; 2,5 и 3,15 м/с. Каждая серия ковшей включает 11 КБД и один ковш с дном. Ковши изготавливаются из стали или пластмасс, при насыпной плотности транспортируемого груза  $0,75 \text{ т/м}^3$  производительность элеваторов составляет от 18 до 700 т/ч. Фирма "Пауль Недфельд" (Германия) выпускает пять типоразмеров элеваторов производительностью от 50 до 200 т/ч с шириной КБД от 110 до 300 мм.

Наряду с повышением производительности за счет непрерывного расположения ковшей, применение КБД исключает

скопление налипшего груза в ковшах и, соответственно, затраты ручного труда, связанные с их очисткой. При этом отсутствие днищ в ковшах в большей мере способствует их самоочистке в процессе зачерпывания груза. Ввиду более плавного нарастания скорости подъема насыпного груза в элеваторах с КБД следует ожидать снижения разрушения груза при загрузке ковшей. Недостатком ленточных элеваторов с КБД является неизбежная просыпь некоторой части насыпного груза в восходящую трубу вследствие его ссыпания через передние стенки ковшей от воздействия центробежных сил в начальный период их разгрузки.

Использование КБД возможно и в тихоходном режиме транспортирования. Конструктивное решение элеватора данного типа реализовано в опытном образце цепного тихоходного элеватора ЦГС-650 с внутренней разгрузкой, разработанного ГПКИ "Союзпроммеханизация" для транспортирования минеральных удобрений. Ходовая часть элеватора ЦГС-650 включает в себя две ветви тяговых износостойких круглозвенных цепей, к которым боковыми стенками крепятся ковши, имеющие полого наклоненные относительно вертикали задние стенки. Ковши установлены сериями с разрывом между ними, равным высоте одного ковша. Каждая серия ковшей содержит четыре КБД и один ковш с днищем. Краткая техническая характеристика элеватора ЦГС-650 представлена в табл. 2.

ГПКИ «Союзпроммеханизация» разработаны технические решения цепных ковшовых элеваторов типа ЦНГВ для транспортирования одинаковых и разнородных насыпных грузов одновременно двумя потоками. Транспортирование осуществляется без смешивания груза двумя рядами ковшей с независимой загрузкой и разгрузкой каждого ряда.

Таблица 2 – Техническая характеристика элеватора ЦГС-650 с ковшами без дна

Параметр	Характеристика
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	150
Высота транспортирования, м	20
Скорость движения ковшей, м/с	0,3
Шаг (высота) КБД, мм	172
Диаметр приводных звездочек, мм	1000
Диаметр натяжных блоков, мм	600
Тяговая цепь	круглозвенная износостойкая
Размеры цепи (диаметр прутка x шаг), мм	24x86
Загрузка ковшей	зачерпыванием с досыпкой
Разгрузка ковшей	гравитационная, внутренняя

Производительность грузопотоков может быть одинаковой (до 250 м<sup>3</sup>/ч) или с соотношением в диапазоне от 0,8:1 до 1:4. В ряде случаев данные элеваторы могут обеспечить более рациональное размещение транспортных потоков и технологических линий, особенно в условиях ограниченной производственной площади.

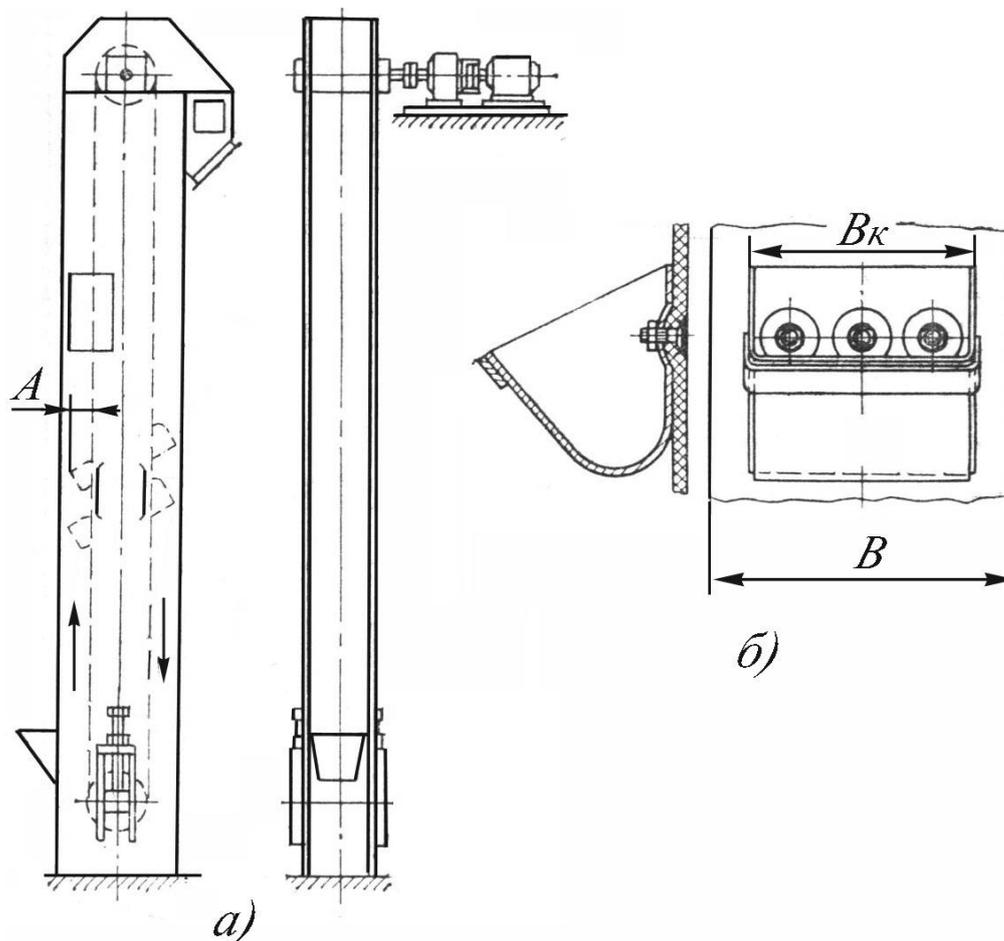
### **1.1. Основные типы, конструктивные разновидности и параметры элеваторов**

Классификация, конструктивные схемы и области применения. Ковшовые элеваторы предназначены для транспортирования пылевидных, зернистых и мелко- кусковых грузов (например, цемента, песка, химикатов, зерна, муки, угля, торфа, известняка и т. п.) на предприятиях химической, металлургической, машиностроительной, пищевой промышленности, в производстве строительных материалов, на углеобогатительных фабриках, в зернохранилищах и т. п.

По виду тягового элемента ковшовые элеваторы бывают ленточные (рис.7) и цепные (рис.8). В зависимости от количества цепей, к которым крепятся ковши, различают одноцепные и двух цепные элеваторы. По расположению трассы элеваторы

подразделяют на вертикальные и наклонные. Последние могут быть со свободно провисающей или опирающейся холостой ветвью.

По скорости движения различают тихоходные и быстроходные элеваторы. Загрузка ковшей осуществляется либо зачерпыванием груза из нижней части кожуха элеватора, либо засыпанием груза в ковши.



а) вид общий; б) схема крепления ковша.

Рисунок 7 – Ленточный ковшовый элеватор.

Разгрузка ковшей бывает центробежной, самотечной свободной и самотечной направленной. При центробежной разгрузке скорость движения ковшей элеваторов принимают обычно  $1 \div 5$  м/с. Свободная самотечная и направленная разгрузка применяется у тихоходных элеваторов при скорости движения ковшей  $0,4 \div 0,8$  м/с. По расположению ковшей различают элеваторы с расставленными и сомкнутыми ковшами (табл.3).

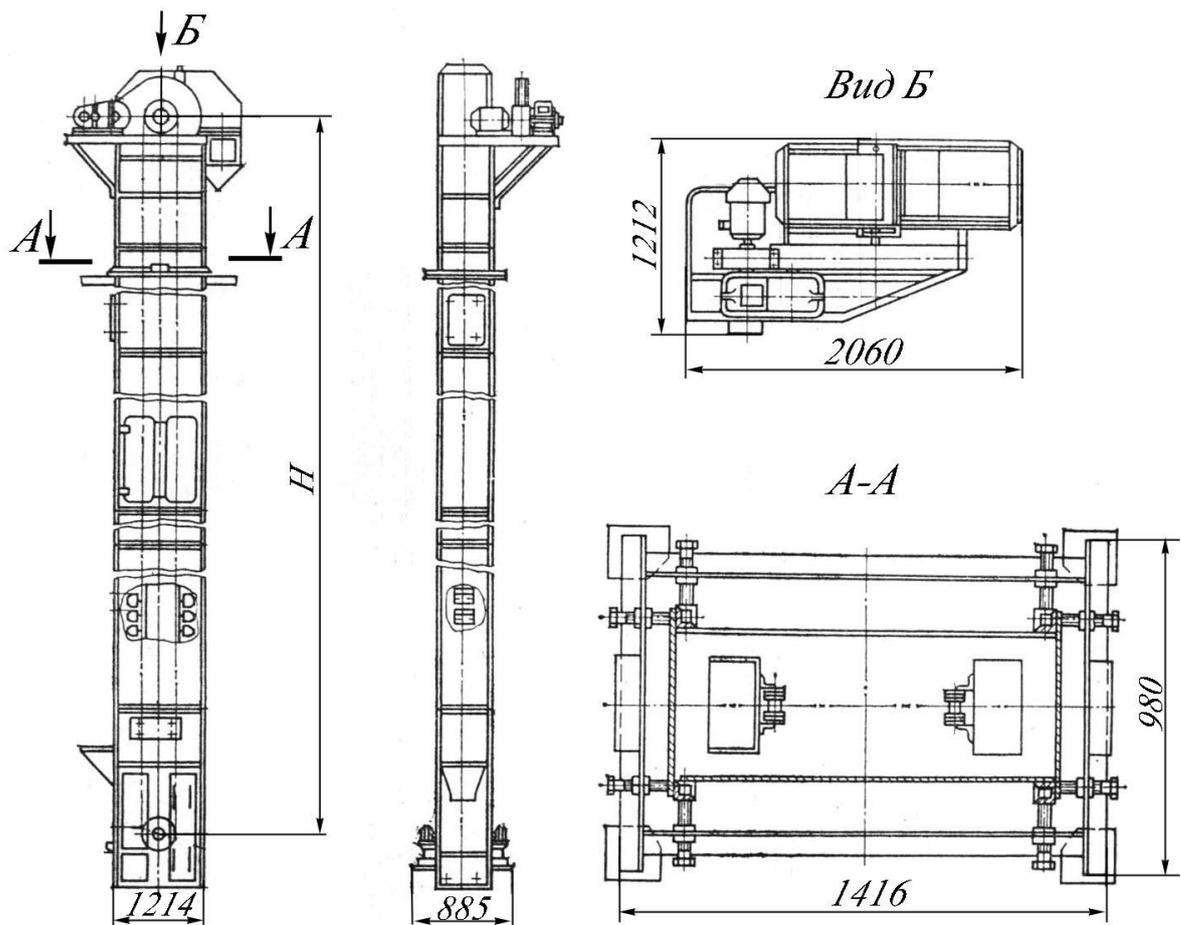


Рисунок 8 – Цепной ковшовый элеватор.

Составные элементы и основные параметры. Тяговым органом ленточных элеваторов является резинотканевая многопрокладочная лента, реже проволочно-сетчатая лента. В цепных элеваторах используют пластинчатые и круглозвенные сварные цепи.

Ковши элеваторов бывают с цилиндрическим, остроугольным или с полукруглым днищем с бортами на торцевой стенке и жалюзные.

Ковши с цилиндрическим днищем различают глубокие и мелкие (табл.4...5). Глубокие ковши применяют для подъема сухих хорошо сыпучих грузов (песок, зерно и т. п.), а мелкие ковши для влажных плохосыпучих грузов. Остроугольные и трапецеидальные ковши используют для тяжелых кусковых абразивных грузов.

Привод ковшового элеватора состоит из электродвигателя, редуктора, быстроходной (упругой) и тихоходной (зубчатой) муфт.

Таблица 3 – Классификация элеваторов

ЛГ; ЛМ; ЦГ; ЦМ		ЛО; ЦО		ЦС	ЦГТ
Элеватор	Тип ковша	Расположение ковша на тяговом органе	Способ разгрузки ковша		
Ленточный быстроходный с расставленными глубокими ковшами (ЛГ)	Г	Расставлены	Центробежный		
Ленточный быстроходный с расставленными мелкими ковшами (ЛМ)	М				
Ленточный тихоходный с сомкнутыми остроугольными ковшами (ЛО)	О	Сомкнуты	Гравитационный		
Цепной быстроходный с расставленными глубокими ковшами (ЦГ)	Г	Расставлены	Центробежный		
Цепной быстроходный с расставленными мелкими ковшами (ЦМ)	М				
Цепной тихоходный с сомкнутыми остроугольными ковшами (ЦО)	О	Сомкнуты	Гравитационный		
Цепной тихоходный с сомкнутыми скругленными ковшами (ЦС)	С				
Цепной тихоходный с расставленными специальными ковшами (ЦГТ)	–	Расставлены			
Примечание. Для элеваторов типа ЦГТ ковши не устанавливаются.					

Таблица 4 – Типоразмеры и основные параметры ленточных элеваторов

Тип элеватора	Ширина ковша, $B$ , мм	Шаг ковшей, $t_k$ , мм	Диаметр приводного барабана, мм	Скорость движения ковшей, м/с	Производительность, $m^3/ч$ , не менее	Расчетная высота элеватора $H$ , мм
1	2	3	4	5	6	7
ЛГ-100	100	200	250	1,00-2,00	3,2	12000
ЛГ-125	125	320	320		4,0	
ЛГ-160	160		400		400	5,0
ЛГ-200	200	400			500	10,0
ЛГ-250	250		500	630	16,0	35000
ЛГ-320	320					
ЛГ-400	400	630	630	1,25-2,50	25,0	35000
ЛГ-500	500					
ЛГ-650	650	630	630	100,0		
ЛМ-100	100	200	250	1,00-2,00	1,6	15000
ЛМ-125	125	320	320		2,0	
ЛМ-160	160		400		400	3,2
ЛМ-200	200	400			500	5,0
ЛМ-250	250		500	630	10,0	40000
ЛМ-320	320					
ЛМ-400	400	630	630	1,25-2,50	16,0	40000
ЛМ-500	500					
ЛМ-650	650	630	630	63,0		
ЛО-160	160	160	400	0,40-0,63	6,3	25000
ЛО-200	200	200	500		10,0	
ЛО-250	250				250	
ЛО-320	320	320	630		40,0	
ЛО-400	400				630	

Таблица 5 – Типоразмеры и основные параметры цепных элеваторов

Тип элеватора	Ширина ковша, $B$ , мм	Шаг ковшей, $t_k$ , мм	Скорость движения ковшей, м/с	Производительность, $m^3/ч$ , не менее	Расчетная высота элеватора $H$ , мм
1	2	3	4	5	6
ЦГ-100	100	200	1,00–2,00	3,2	15000
ЦГ-125	125	320		4,0	

1	2	3	4	5	6
ЦГ-160	160	320	1,00–2,00	5,0	25000
ЦГ-200	200	400		10,0	
ЦГ-250	250			16,0	
ЦГ-320	320	500	1,25–2,50	25,0	
ЦГ-400	400			40,0	
ЦГ-500	500	630		63,0	
ЦГ-650	650			100,0	
ЦМ-100	100	200	1,00-2,00	1,6	15000
ЦМ-125	125	320		2,0	25000
ЦМ-160	160			3,2	
ЦМ-200	200	400		5,0	
ЦМ-250	250			10,0	
ЦМ-320	320	500	1,25-2,50	16,0	30000
ЦМ-400	400			25,0	
ЦМ-500	500	630		40,0	
ЦМ-650	650			63,0	
ЦО-160	160	160	0,40-0,63	6,3	20000
ЦО-200	200	200		10,0	30000
ЦО-250	250			16,0	
ЦО-320	320	250		25,0	
ЦО-400	400	320		40,0	
ЦС-320	320	200		63,0	
ЦС-400	400	320		100,0	
ЦС-500	500	400		160,0	
ЦС-650	650	500		250,0	
ЦС-800	800	630		320,0	25000
ЦС-1000	1000				
ЦГТ-200	200	400		–	35000
ЦГТ-250	250				
ЦГТ-320	320	500			
ЦГТ-400	400				
ЦГТ-500	500	630			
ЦГТ-650	650				
ЦГТ-800	800	800			
ЦГТ-1000	100				

Приводные барабаны и звездочки расположены в верхней секции кожуха. Диаметры приводных барабанов выбираются в пределах 250÷1250 мм. Число зубьев звездочек выбирают из следующего ряда: 6; 8; 10; 12; 13; 14; 16; 20. Натяжные устройства в ковшовых элеваторах – винтовые и пружинно-винтовые.

В ленточных ковшовых элеваторах применяют также рычажно-грузовые натяжные устройства, обеспечивающие автоматическое регулирование натяжения ленты.

Направляющие шины крепят к кожуху наклонных и вертикальных элеваторах.

Они служат для ограничения поперечного раскачивания лент или цепей с ковшами.

Загрузочные патрубки ковшовых элеваторов закреплены в нижней части кожуха. В зависимости от физико-механических свойств насыпного груза днище патрубка располагается под углом 45 или 60°.

Разгрузочные патрубки элеватора прикреплены к верхней части кожуха и снабжены боковыми люками для осмотра и очистки.

В табл.6...9 приведены основные технические данные некоторых ленточных и цепных элеваторов, серийно выпускаемых отечественной промышленностью, необходимые для выбора проектных параметров и их расчета.

В зависимости от характеристики транспортируемого груза и типа ковша коэффициента заполнения принимают (табл.10)  $\psi = 0,4 \div 0,9$ .

Скорость  $v$  для тихоходных элеваторов принимают равной 0,32÷0,80 м/с; для быстроходных - 1,0÷5,0 м/с.

В быстроходных элеваторах, в которых разгрузка ковшей происходит под действием центробежной силы, скорость  $v$  и диаметр барабана (звездочки, блока)  $D_б$  связаны между собой, а

именно: увеличение скорости приводит к необходимости увеличения диаметра барабана (звездочки).

Таблица 6 – Типоразмеры и основные параметры ковшей цепных элеваторов

Обозначение	Эскизы	Внутренние размеры ковшей, мм				Объем ковшей по оси XX, л
		B	L	H	R	
Г		100	75	80	25	0,20
		125	90	95	30	0,40
		160	105	110	35	0,60
		200	125	135	40	1,30
		250	140	150	45	2,00
		320	175	190	55	4,00
		400	195	210	60	6,30
М		100	50	65	25	0,10
		125	65	85	30	0,20
		160	75	100	35	0,35
		200	95	130	40	0,75
		250	120	160	55	1,40
		320	145	190	70	2,70
		400	170	220	85	4,20
О		160	105	155	-	0,65
		200	125	195	-	1,30
		250	140		-	2,00
		320	165	245	-	4,00
		400	225	310	-	7,80
С		320	165	235	60	6,40
		400	215	305	80	14,00
		500	270	385	100	28,00
		650	340	485	125	60,00

Таблица 7 – Основные технические данные элеватора  
типов ЦС и ЦО

Тип элеватора	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Скорость движения ходовой части м/с	Цепь тяговая пластинчатая (ГОСТ 588-81)	Высота элеватора Н, м	Шаг ковша, мм	Объем ковша, л
ЦС-320	45	0,47	М224-1-125-2	30,6 28,5 26,0 23,0 20,0	250	6,4
ЦС-400	75	0,5	М-315-2-160-2	38,5 35,5 32,5 28,5 20	320	14
ЦО-250	23,2	0,52	М-224-2-200-2	36 33 31 28 24	200	3,3

Таблица 8 – Основные технические данные элеватора типа ЦГТ

Тип элеватора	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Скорость движения ходовой части м/с	Цепь круглозвенная износостойкая, мм	Высота элеватора Н, м	Шаг ковша, мм	Объем ковша, л
ЦГТ-500С	50	0,5	18×64	50,0 44,3 39,8 32,8	640	18
ЦГТ-650С	80		23×86	51,1 45,8 39,9 32,4	688	36
ЦГТ-800С	125		26×96	51,3 44,7 40,3 32,9	736	50
ЦГТ-100С	200		30×108	50 45 40 35	648	80

Таблица 9 – Техническая характеристика ленточных и цепных ковшовых элеваторов Карагандинского завода

Модель	Тип	$Q_{мгТ/ч}$	Ширина ковша $B_k$ , мм	Шаг ковша $T_k$ , мм	$V$ , м/с	Элеватор		
						Ленточный		Цепной
						Ширина ленты, мм	Длина барабана, мм	
Глубокие ковши								
ЛГ-160	ЦГ-16	8-13	160	300	0,8-1,6	200	250	1
ЛГ-200	ЦГ-200	14-23	200	300		250	300	
ЛГ-250	ЦГ-250	17-28	250	400		300	350	
ЛГ-320	ЦГ-320	34-41	320	500	1,0-2,0	400	450	2
ЛГ-400	ЦГ-400	52-70	400	500		400	450	
Мелкие ковши								
ЛМ-160	ЦМ-160	3-5	160	300	0,8-1,6	200	250	1
ЛМ-250	ЦМ-250	9-15	250	400		300	350	
ЛМ-320	ЦМ-320	20-32	320	500	1,0-2,0	400	450	2
ЛМ-400	ЦМ-400	36-50	400	500		500	550	

Таблица 10 – Зависимость коэффициента  $\psi$  от вида транспортируемого груза

Груз	Типичные грузы	Тип ковша	Скорость, м/с		$\psi$
			ленты	цепи	
Пылевидный	Угольная пыль	Г	–	0,6–0,8	0,85
Легкосыпучий	Цемент	Г	1,25–1,8	–	0,80
Пылевидный и зернистый плохосыпучий	Земля, песок (влажные)	М	1–2	0,8–2,0	0,60
Зернистый и мелко-кусовой	Пищевое зерно	Ж	3,9–4	–	0,70
Малоабразивный	Древесные опилки, глина сухая, торф	Г	1,25–2	1,0–1,6	0,80
Сильно абразивный	Гравий, руда, шлак	О,С	0,4–0,8	0,4–0,63	0,80
Средне- и крупно-кусовой малоабразивный	Каменный уголь, торф	О, С,	–	0,4–0,63	0,60–0,68
		Г	–	0,8–1,60	0,60–0,70
Сильно абразивный	Щебень, руда, шлак	О, С	–	0,4–0,63	0,60–0,80
Обесценивающийся при крошении	Древесный уголь, кокс	О, С	0,4–0,63	0,4–0,63	0,60

Примечание. Г– глубокий ковш; М– мелкий; О– с бортовыми направляющими остроугольный; С– с бортовыми направляющими сомкнутый; Ж– жалюзный.

Характер разгрузки ковшей определяется соотношением между полюсным расстоянием  $l$  и радиусом барабана (звездочки)  $r_{\delta}$ . Полюсное расстояние определяется по формуле:

$$l = \frac{gr^2}{v_0^2} = \frac{895}{n^2}, \quad (1)$$

где:  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;  $v_0$  – скорость движения центра тяжести груза в ковше,  $\text{м/с}$ ;  $r$  – радиус вращения, т.е. расстояние от центра тяжести массы груза в ковше до центра барабана (звездочки),  $\text{м}$ ;  $n$  – частота вращения барабана (звездочки),  $\text{об/мин}$ .

Соотношение между полюсным расстоянием  $l$  и радиусом барабана  $r_{\delta}$  (звездочки):

$$B = \frac{l}{r_{\delta}} = \frac{gr^2}{v_0^2 r_{\delta}} = \frac{gr_{\delta}}{v^2}. \quad (2)$$

Диаметр барабана  $D$  принимают в зависимости от параметра  $B$  (для высокоскоростного элеватора с центробежной разгрузкой:  $B \leq 1$ ):

$$D = \frac{2Bv^2}{g} \leq 0,204v^2, \quad (3)$$

для быстроходного с центробежной и самотечной (смешанной) разгрузкой ( $B = 1,0 \div 1,4$ ):

$$D = \frac{2(1,0 \dots 1,4)v^2}{g} = (0,205 \dots 0,286)v^2; \quad (4)$$

для среднескоростного – с центробежной и самотечной (смешанной) разгрузкой ковшей с внутренней стенкой ( $B = 1,5 \div 3,0$ ):

$$D = (0,306 \dots 0,612)v^2; \quad (5)$$

для тихоходного – с самотечной разгрузкой ( $B > 3$ ):

$$D \geq 0,6v^2. \quad (6)$$

Объем ковша  $V_o$  и его геометрические размеры выбираются по ГОСТ 2036-77 (табл.6) или по каталогам заводов-изготовителей. Шаг ковшей  $t_k$  выбирается в зависимости от типа ковшей и расположения их на тяговом элементе: для глубоких и мелких ковшей, располагаемых с интервалом (расставленных),  $t_k=h(2,5\div 3,0)$ ; для ковшей с бортовыми направляющими, располагаемых непрерывно,  $t_k \approx h$ , где:  $h$ – высота ковша, м.

Тип элеватора и форму ковшей выбирают в зависимости от характеристики транспортируемого груза (см. табл.4). При транспортировании кусковых грузов выбранные ковши проверяют по наибольшему размеру типичных кусков  $a_{max}$  согласно условию  $A \geq x a_{max}$ , где:  $A$ – высота ковша;  $x$ – коэффициент, зависящий от типа груза; для рядовых грузов  $x=2\div 2,5$ , для сортированных  $x=4\div 5$ .

Схема тягового расчета вертикального элеватора показана на рис.9.

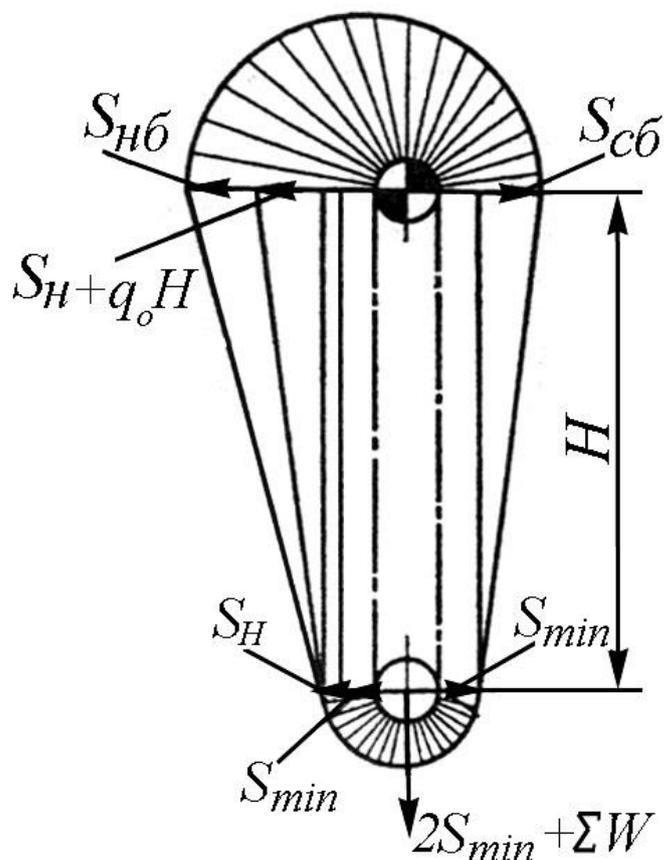


Рисунок 9 – Расчетная схема ковшового элеватора.

Наибольшее тяговое усилие в набегающей на приводной барабан или звездочку ветви без учета динамики тягового элемента:

$$S_{нб} = S_H + (q_0 + q_G) \cdot H, \quad (7)$$

где:  $S_H$  – усилие в сбегающей с нижнего барабана (звездочки, блока) ветви:

$$S_H = S_{min} + \sum W. \quad (8)$$

где:  $S_{min}$  – минимальное натяжение цепи (ленты), в предварительных расчетах принимают:  $S_{min} = 300 \div 1000$  Н или для ленточных и цепных с гладкими блоками вертикальных элеваторов:

$$S_{min} \geq \frac{(q_0 + q_G) \cdot H - q_0 \cdot H \cdot e^{\mu\alpha} + \sum W}{e^{\mu\alpha} - 1}; \quad (9)$$

Для наклонных ленточных и цепных с гладкими блоками элеваторов:

$$S_{min} \geq \frac{(q_0 + q_G)(H + L - \omega) - q_0(H - L\varpi)e^{\mu\alpha} + \sum W}{e^{\mu\alpha} - 1}, \quad (10)$$

где:  $q_0$  – линейный вес ветви элеватора без груза, Н/м;  $q_G$  – линейный вес ветви элеватора без груза, Н/м;  $\mu$  – коэффициент трения тягового элемента о барабан (блок);  $\alpha$  – угол обхвата барабана (блока) тяговым элементом, рад;  $L$  – горизонтальная проекция элеватора, м;  $H$  – расчетная высота элеватора, м; сопротивление движению ходовой части,  $\sum W$ , Н.

Для цепных элеваторов со звездочками  $S_{min} \leq 10Dq_G$ , но не менее 500 Н.

Сопротивление движению ходовой части:

$$\sum W = W_H + W_{зач}, \quad (11)$$

где:  $W_{зач}$  – сопротивление зачерпыванию, Н;  $W_H$  – сопротивление на нижнем барабане (звездочке) от трения в подшипниках оси, в

шарнирах цепи или от изгиба ленты, Н:

$$W_H = S_{\min} \cdot \varpi', \quad (12)$$

где:  $\varpi'$  – коэффициент сопротивления движению на приводном блоке;

При огибании цепью звездочки или блока:

$$\varpi' = 2 \left( f_1 \frac{d_B}{D} + f_2 \frac{d_B}{D} \sin \frac{\alpha}{2} \right); \quad (13)$$

При огибании лентой барабана:

$$\varpi' \approx 2 \left( f_1 \frac{d_{\Pi}}{D} + \frac{1,23 \delta_L}{D^{1,3}} \right), \quad (14)$$

где:  $f_1$  – коэффициент трения в шарнирах цепи;  $f_2$  – коэффициент трения скольжения или качения;  $d_B$  – диаметр валика цепи, мм;  $d_{\Pi}$  – диаметр подшипника, мм;  $D$  – диаметр барабана (блока) или делительной окружности звездочки, мм;  $\delta_L$  – толщина ленты, мм;  $\alpha$  – угол обхвата цепью звездочки (блока).

Сопротивление зачерпыванию определяют как усилие, затрачиваемое на черпание груза ковшем:

$$W_{зач} = k_3 q_{\Gamma} h_{\Gamma}, \quad (15)$$

где:  $k_3$  – коэффициент зачерпывания, при скорости ковшей  $v=1 \div 1,25$  м/с принимают: для порошкообразных и мелкокусковых грузов  $k_3=1,25 \div 2,5$ , для среднекусковых грузов  $k_3=2,0 \div 4,0$ ;  $h_{\Gamma}$  – высота ветви элеватора, находящаяся в толще зачерпываемого груза, м.

В ленточном элеваторе расчетное усилие  $S_{\max}=S_{нб}$ .

В цепном элеваторе учитывается динамическое усилие в цепи:

$$S_{\max} = S_{нб} + S_{дин} = S_n + (q_0 + q_{\Gamma}) \cdot H + S_{дин}; \quad (16)$$

Для двухцепного элеватора усилие в одной цепи:

$$S_{\max} = k_n \frac{(S_{нб} + S_{дин})}{2}, \quad (17)$$

где:  $k_n$  – коэффициент неравномерности распределения усилий в цепях двухцепного элеватора ( $k_n=1,15$ );  $S_{дин}$  – динамическое усилие

в цепи элеватора с пластинчатой цепью, Н:

$$S_{\text{дин}} = \frac{3Sv^2}{z^2 t_y g}, \quad (18)$$

где:  $z$ – число зубьев звездочки, шт.;  $t_y$ – шаг цепи, м;  $S$ – нагрузка от неравномерно движущейся ходовой части и груза, Н:

$$S = (q_0 + q_r) \cdot H; \quad (19)$$

Натяжение тягового элемента в точке сбегания с приводного барабана, звездочки или блока:

$$S_{\text{сб}} = S_{\text{мин}} + q_0 \cdot H. \quad (20)$$

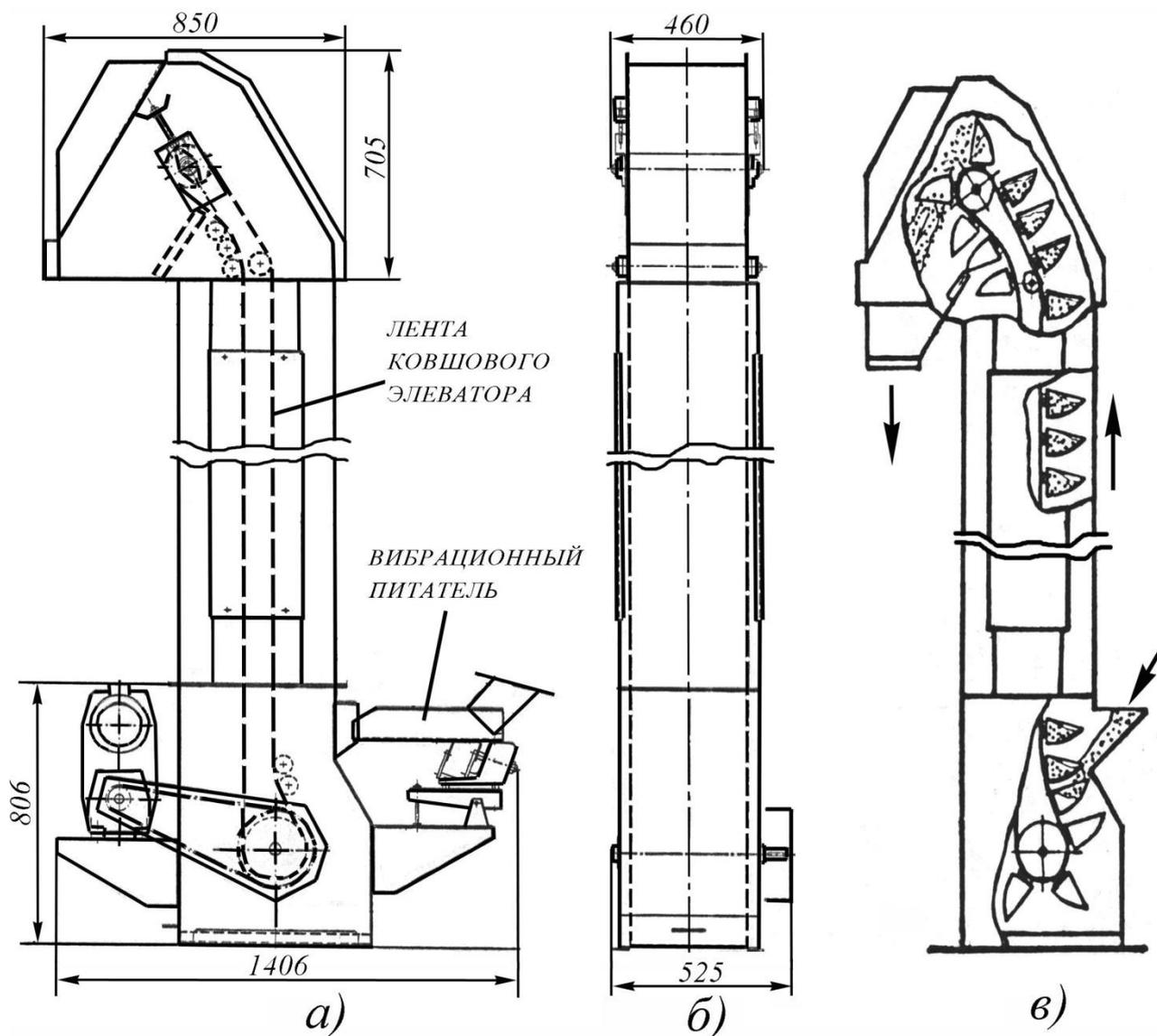
Тяговое усилие на приводном валу:

$$P = (S_{\text{макс}} - S_{\text{сб}})(1 + \varpi'). \quad (21)$$

По тяговому усилию определяется мощность электродвигателя. Проверка тягового элемента на прочность производится по величине максимального натяжения.

Французскими учеными создана современная конструкция перспективного высокопроизводительного ковшового элеватора (рис.10). Данный ковшовый элеватор MAG Тур S 18, предназначенный для вертикального поднятия зернопродуктов (зерно, бобы, фасоль и т.д.) разрабатывался с учетом жестких требований и приспособлен для работы с легко повреждаемой семенной продукцией. Рекомендован к применению как на крупных элеваторах и зернохранилищах, и перевалочных пунктах, так и на пищевых комбинатах.

Все внешние элементы конструкции элеватора выполнены из профилированной стали. Новая специально разработанная конструкция ковшей защищена патентом. Ковши отлиты из пищевого полиэтилена высокой плотности, что обеспечивает высокое качество их изготовления. Хорошо продуманная форма



а) вид сбоку; б) вид спереди; в) вариант исполнения.

Рисунок 10 – Ковшовый элеватор MAG Тур S 18 для вертикального поднятия зернопродуктов.

ковша обеспечивает его полное опорожнение, даже на низких скоростях движения элеватора (до 0,1 м/сек). Элеватор оснащен целым набором съемных чистящих щеток. Между ковшами и транспортной лентой могут устанавливаться подкладки толщиной 15 мм.

В головной части предусмотрено смотровое окно, защищенное стеклом.

Рама элеватора облицована быстросъемными защитными кожухами, а где было необходимо, устроены съемные люки, позволяющие быстро и с минимальными трудозатратами проводить проверку и очистку рабочих органов.

Элеватор оснащен электродвигателем класса IP 55, мощностью 1,8 кВт, и трансмиссией, защищенных специальным кожухом.

Также, для наилучшей оптимизации производительности элеватор может быть оборудован регулятором скорости (от 0,10 до 0,75 м/сек) и вибрационным проходом изменяемой мощности.

Основные характеристики элеватора MAG Тур S 18 представлены в табл. 11.

Таблица 11 – Основные характеристики ковшового элеватора  
MAG Тур S 18

№ п/п	Скорость ковшей, м/с	Частота вращения приводного барабана, мин <sup>-1</sup>	Производительность, м <sup>3</sup> /ч
1	0,20	20,3	4,60
2	0,30	30,5	6,90
3	0,40	40,7	9,20

### **Контрольные вопросы:**

1. Перечислите классификационные признаки ковшовых элеваторов?
2. Назовите основные типы загрузки ковшей?
3. Какие типы разгрузки ковшей Вам известны?
4. За счет каких мероприятий можно снизить эффект налипания частиц груза к стенкам и дну ковша?
5. Указать область применения ковшовых элеваторов?
6. Какие основные виды тягового органа ковшовых элеваторов Вы знаете?
7. Назовите принципиальные отличия элеваторов, построенных на схеме типа КБД?

## **2. Транспортеры скребковые, планчатые и пластинчатые**

### **2.1. Назначение и общее устройство**

Скребковые, планчатые и пластинчатые транспортеры распространены в сельском хозяйстве в виде самостоятельных машин и механизмов, встроенных в специальные машины. Скребковый транспортер (рис.11а) работает по принципу волочения транспортируемого материала по желобу или материалу. Тяговым органом здесь является цепь со скребками, которые входят в зацепление с тяговыми звездочками приводов, определяя геометрию и основные параметры последних.

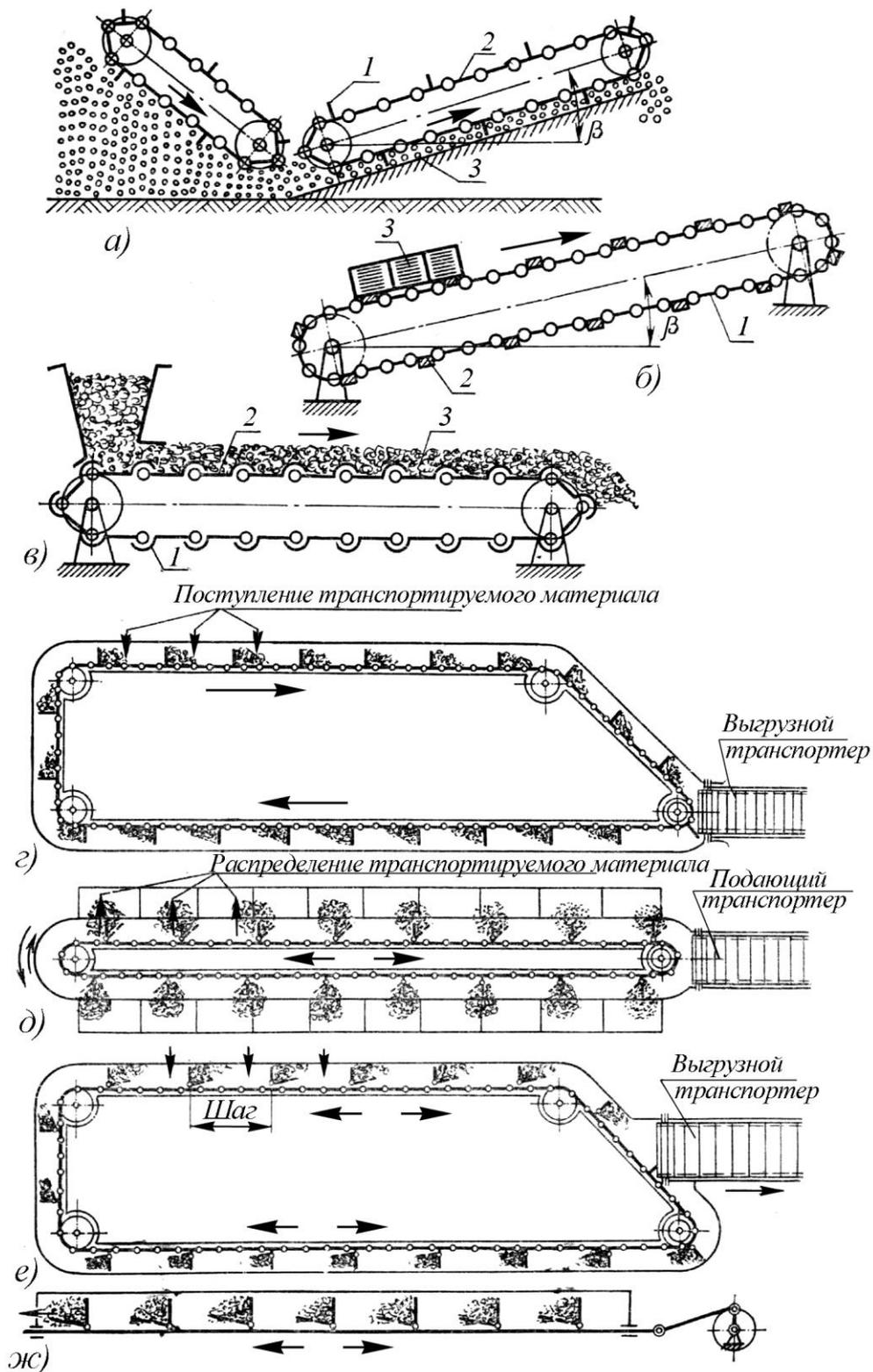
В планчатых транспортерах (рис.11б) тяговые органы снабжены планками, расставленными на некотором расстоянии, а в пластинчатых (рис.11в) – сплошным настилом из пластин.

В планчатых и пластинчатых транспортерах тяговый орган одновременно является и грузонесущим.

Скребковые транспортеры применяют для хорошо сыпучих грузов: зерна, муки, удобрений, угля. В последнее время скребковые транспортеры все шире используют для уборки навоза.

Достоинства скребковых транспортеров: простота конструкции; возможность разгрузки и загрузки в любом месте на длине транспортера; транспортирование груза в любом направлении, а при необходимости – одновременно в обоих. Недостатки – измельчение и истирание груза в процессе транспортирования и быстрый износ направляющего желоба.

Пластинчатые, цепочно- и канатно-пластинчатые транспортеры используют для транспортирования тюков, мешков, корзин, ящиков, початков, корнеплодов, а также рыхлых длинностебельных



а) скребковый с питателем; б) планчатый; в) пластинчатый; г) сборочный (цепочно-скребковый с односторонним движением); д) распределительный (цепочно-скребковый с цикловым движением); е) цепочно-скребковый с цикловым движением на один шаг; ж) штанговый с шарнирными скребками

1—тяговый орган; 2—рабочий орган; 3—транспортируемый груз.

Рисунок 11 – Скребковые транспортеры.

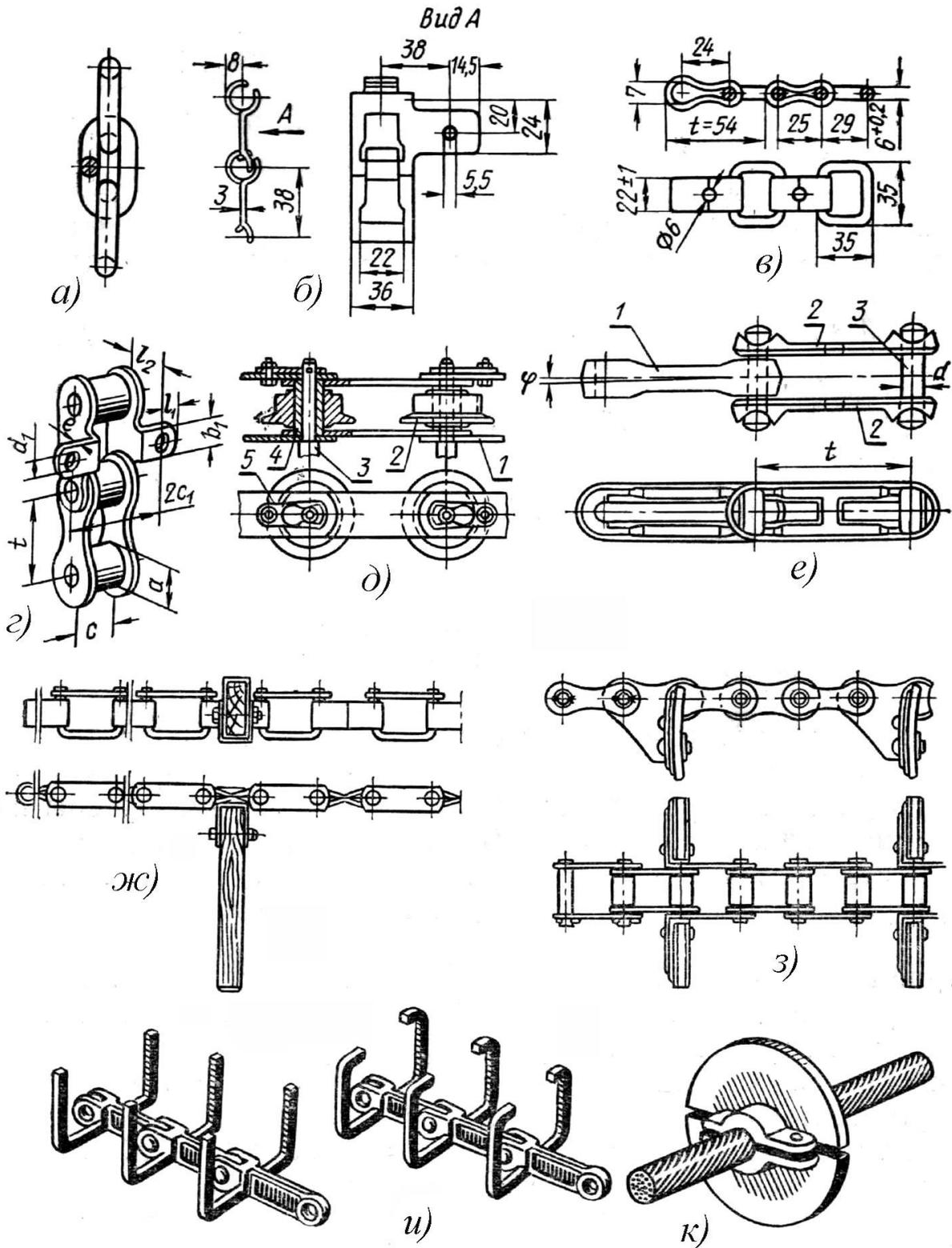
грузов. В сельском хозяйстве эти транспортеры длиной 10...15 м работают как погрузчики, стогометатели и штабелеукладчики.

## **2.2. Тяговые, рабочие и вспомогательные органы скребковых транспортеров**

Тяговые органы (цепи, канаты и ленты) должны обладать: гибкостью, обеспечивающей хорошее огибание барабана, звездочки или направляющих; малой массой при высокой прочности и достаточной износостойкости; удобством крепления рабочих и вспомогательных органов.

Большая масса и высокая стоимость цепи являются ее недостатками. Канат гибок во всех направлениях, дешевле цепи при равной прочности, но трудность сцепления его с приводным шкивом и крепления скребков и планок относятся к его недостаткам. В сельскохозяйственных транспортерах применяют главным образом цепные тяговые органы: сварные цепи (ГОСТ 2310–70) с коротким и длинным звеном (рис.12а); крючковые цепи (ГОСТ 4187–56) (рис.12б), изготавливаемые штамповкой из ленточной стали 30Г; комбинированные цепи (рис.12в), собираемые из литых (ковкий чугун) прямоугольных звеньев или гнутых из стали и звеньев, сделанных из полосовой стали в виде восьмерок; пластинчатые цепи, применяемые в более нагруженных транспортерах.

По конструкции они разделяются на безвтулочные, втулочные (рис.12г) и катковые (рис.12д). Основные размеры регламентированы ГОСТ 588–64 и ГОСТ 2500–50 при шаге  $t=19,05\div 38,0$  мм, разрушающая нагрузка  $17,5\div 50,0$  кН; разборные цепи (рис.12е) – наиболее совершенные, широко распространенные в подвесных, грузоведущих, скребковых и других транспортерах.

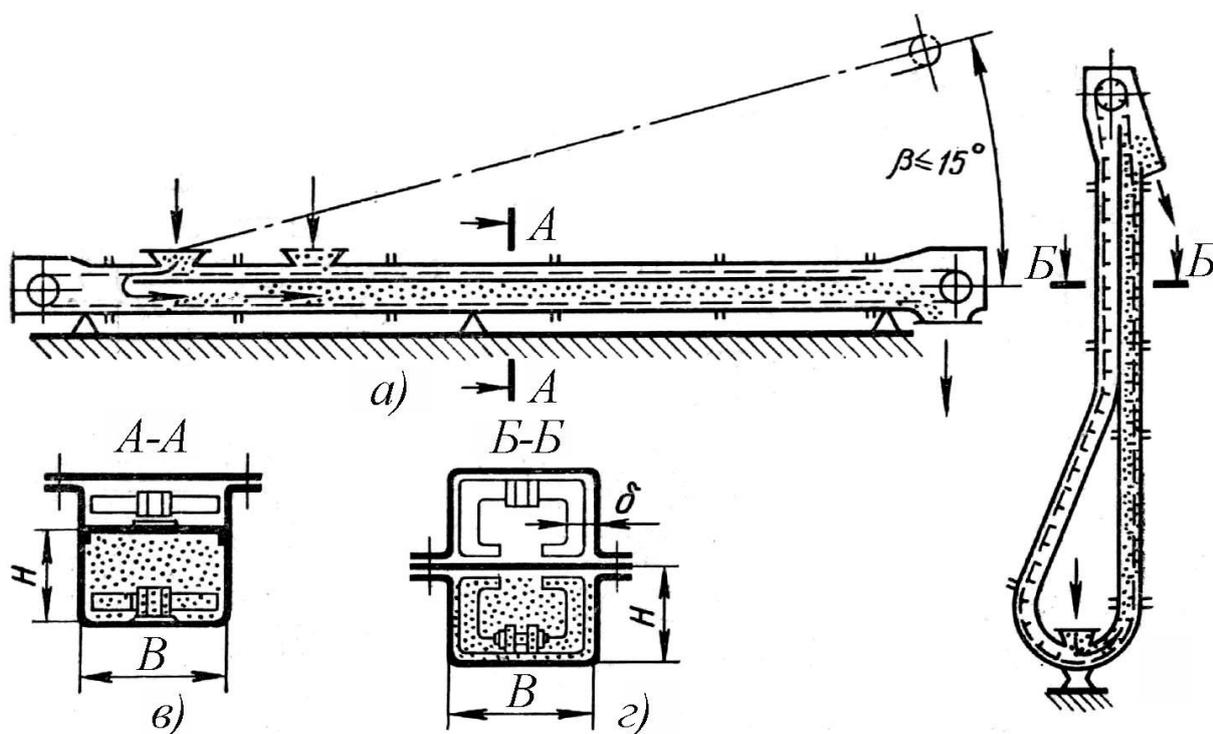


а) сварная; б) крючковая; в) комбинированная; г) пластинчатая; д) с катками; е) разборная; ж) консольный; з) из прорезиненной ткани; и) контурный; к) дисковый.

Рисунок 12 – Конструкции тяговых цепей и скребков.

Рабочими органами в зависимости от назначения и рода транспортируемого груза служат скребки, планки, пластины и прутья.

Скребки применяют для порционного (рис.12ж,з,к) и сплошного (рис.12и) волочения. Скребки сплошного волочения носят название погруженных и соответственно транспортеры называют с погруженным скребком (рис.13). Эти транспортеры обладают следующими достоинствами: дробление и истирание материала снижается в 3 раза, а использование площади желоба повышается в 2 раза.



а) горизонтальный и пологонаклонный; б) вертикальный; в) с плоской цепью; г) с контурным скребком.

Рисунок 13 – Схема транспортера с погруженными скребками.

Принцип сплошного волочения основан на том, что сопротивление прохода (прорезания) скребка через груз больше, чем сопротивление перемещению груза по желобу.

Скребки для порционного транспортирования бывают по форме прямоугольные (рис.12ж,з), прямоугольные со скошенными углами, трапециевидные и дисковые (рис.12к). Изготавливают их из чугуна, стали, дерева, резины и пластмасс.

Желоб транспортера в поперечном сечении делают по форме скребка. Изготавливают его из листовой стали или дерева. Зазор между кромкой скребка и стенкой желоба от 2 до 8 мм.

Основные размеры скребков выбирают в зависимости от рода груза и его свойств, производительности транспортера и направления транспортирования. Размеры скребков для сельскохозяйственных грузов по ГОСТ 7116–64: ширина  $B=120\div 140$  мм для зерна, вороха и колоса,  $B=280\div 300$  мм для початков кукурузы и  $B=300\div 400$  мм для силоса; высоту скребка при этом принимают по соотношению  $h=B/k$ , где  $k=2\div 4$  (большее значение берут для сыпучих материалов); чем больше сопротивление перемещению, тем меньшую высоту скребка следует делать. Однако при низкой скребке возможно пересыпание груза через его верхнюю кромку, что приводит к снижению производительности.

### **2.3. Транспортеры с погруженными скребками**

Транспортеры с погруженными скребками близки по конструкции к скребковым, но отличаются от них принципом работы. Транспортируемый груз в них не проталкивается отдельными порциями, скапливающимися перед каждым скребком, а увлекается сплошным потоком, заполняющим все рабочее сечение желоба, имеющего обычно прямоугольную форму. Движение материала сплошным потоком объясняется тем, что сопротивление прохождению цепи со скребками через

транспортируемый материал, заполняющий желоб, и сопротивление срезанию внутренних слоев материала, окружающего рабочий орган, оказывается большим, чем сопротивление трения материала о гладкие стенки и дно желоба.

При соответствующей конфигурации скребков, обеспечивающих достаточное сопротивление прохождению тягового органа сквозь транспортируемый материал, конвейеры с погруженными скребками применяются для перемещения различных насыпных грузов не только по горизонтали и с пологим наклоном, но и под любым углом к горизонту, вплоть до вертикального направления. При этом допускаются переходы от горизонтального к вертикальному или наклонному направлению трассы транспортера (или наоборот).

Благодаря целому ряду существенных достоинств транспортеры с погруженными скребками приобрели широкое распространение в различных отраслях промышленности, а также при механизации транспортных и погрузочно-разгрузочных работ на водном и железнодорожном транспорте. К преимуществам транспортеров с погруженными скребками относятся:

- возможность транспортировки грузов по трассе, имеющей сложную конфигурацию в вертикальной и горизонтальной плоскостях; без перегрузки перемещаемого материала в местах изменения направления трассы;

- герметизация желоба и связанное с ней отсутствие пылеобразования, пожаро– и взрывоопасности, устранение потерь транспортируемого материала и загрязнение его посторонними веществами;

- простота загрузки и разгрузки во многих точках трассы; саморегулирование загрузки (участки конвейера под загрузочными точками, по существу, являются своеобразными скребковыми

питателями), что устраняет необходимость установки в местах загрузки питателей;

- возможность транспортировки высокотемпературных материалов с обеспечением в необходимых случаях охлаждения или сохранения температуры материала в процессе его транспортировки;

- отсутствие давления на большую часть транспортируемого материала (находящуюся вне площади скребков), что особенно существенно для зернистых, гранулированных и мелкокусковых материалов, имеющих малую прочность зерен, гранул или кусков, так как почти исключается измельчение материалов в процессе транспортировки;

- высокая производительность при сравнительной простоте и компактности конструкции.

Эти транспортеры выгодно отличаются от обычных скребковых, винтовых (шнеков), ленточных и ковшовых элеваторов значительно меньшими габаритными размерами, удельной металло- и энергоемкостью. Компактность транспортеров с погруженными скребками и возможность сочетать в одном агрегате подъем и горизонтальное перемещение груза позволяет значительно экономить объем промышленных зданий.

За рубежом производство скребковых транспортеров характеризуется большим разнообразием конструктивных исполнений и сложностью трасс (горизонтально-вертикальных, петлевых, вертикально- и горизонтально-циркуляционных и целый ряд других). Каждое исполнение (конфигурация) транспортера имеет, как правило, широкий ряд типоразмеров (моделей) с шириной короба от 3-4 до 19" и более.

Выпускаемые фирмой "Bühler" транспортеры для транспортировки зерна на элеваторах и мельничных комбинатах

отличаются очень высокой (для транспортеров с погруженными скребками) скоростью движения тяговой цепи – 0,9 м/с. что соответственно обеспечивает общие высокие удельные показатели этих устройств (расход металла и расход электроэнергии на транспортировку 1 т груза в час на расстояние 1 м). Возможность применения больших скоростей без снижения высокой надежности и долговечности транспортеров достигнуто за счет применения высококачественных вильчатых тяговых цепей с шагом 4" (101,6 мм) и износостойких направляющих под них.

Вильчатые тяговые цепи наиболее широко распространены на транспортерах отечественного и зарубежного производства вследствие простоты конструкции, минимального числа деталей на шаг цепи и минимального количества материала, проносимого на рабочем органе над разгрузочным устройством. Различают вильчатые цепи кованные, литые и собираемые из пластин. В отечественной промышленности вильчатые цепи изготавливают согласно ГОСТ 12996–79 "Цепи тяговые вильчатые". Тяговая вильчатая цепь состоит из звеньев 1 (рис.14а) и валиков 2 с шплинтами 3 и шайбами 4.

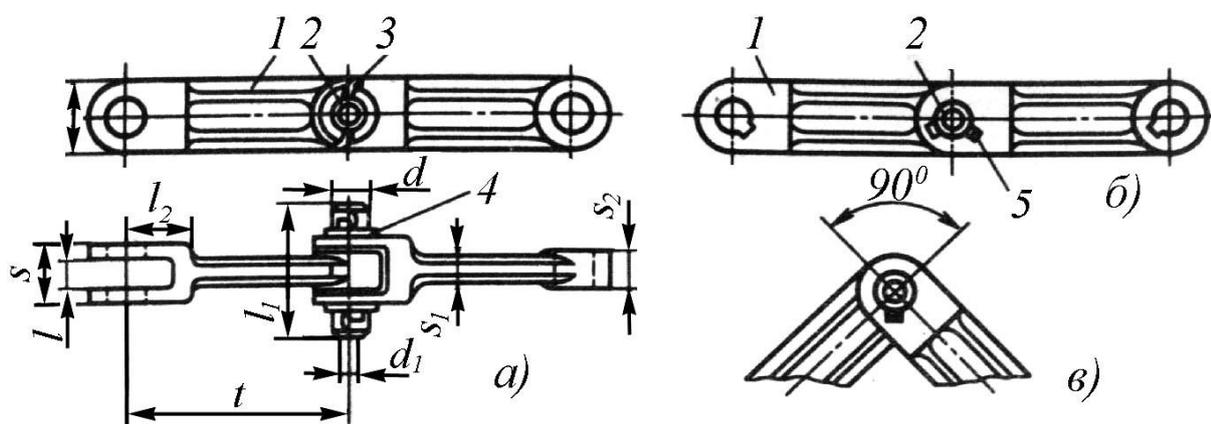


Рисунок 14 – Тяговая вильчатая цепь типов P1 (а) и P2 (б, в).

Вместо шплинтов палец 2 (см. рис.14б) можно фиксировать в звеньях 1 штифтом 5. При этом валик вставляют в отверстие после

поворота звеньев на  $90^\circ$  (рис.14в). Основные параметры и размеры цепей должны соответствовать указанным в табл. 12.

Таблица 12 – Основные параметры и размеры тяговых цепей

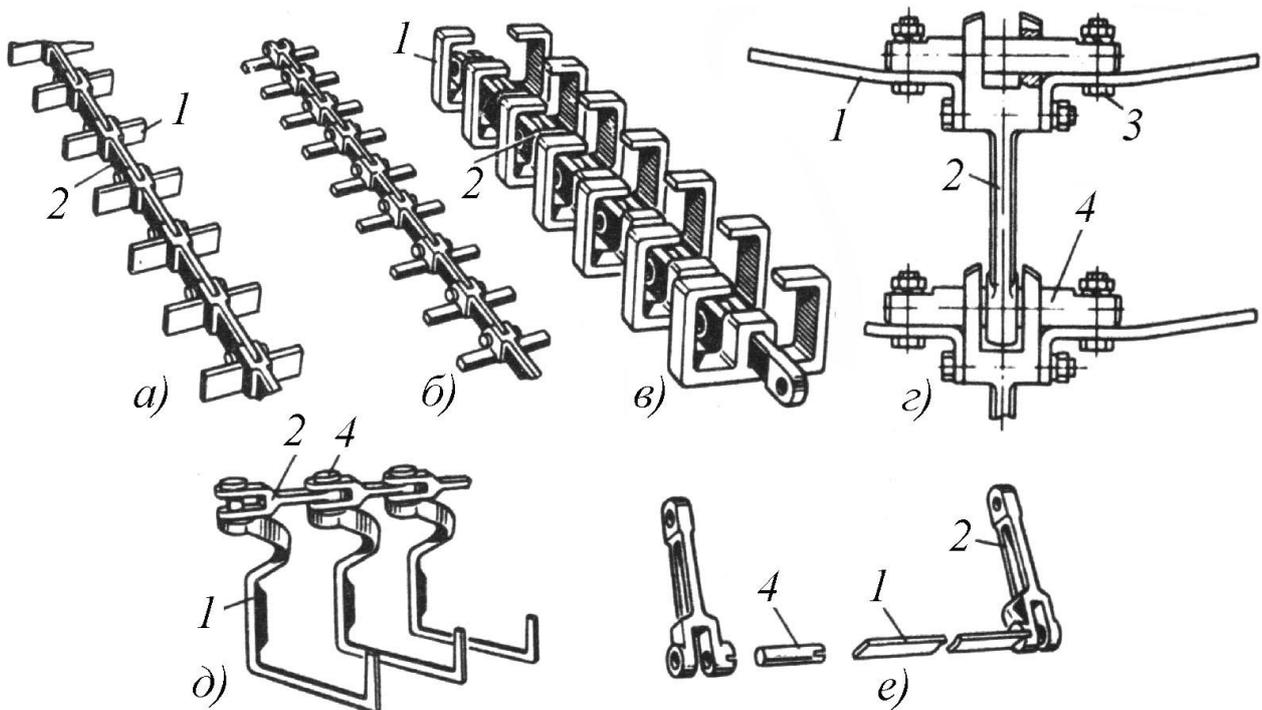
Параметры	Величина			
	100	125	160	200
Шаг $t$ цепи, мм.	100	125	160	200
Ширина $B$ звена, мм	38	42	50	64
Толщина $s$ вилки звена, мм	27	35	43	52
Толщина $s_1$ , стержня звена, мм	8	10	12	15
Толщина $s_2$ , хвостовика, мм	11	15	20	23
Проем $l$ вилки, мм	12	16	22	25
Длина $l_1$ (макс.) валика для цепи типа $O/P$ , мм	48/30	56/38	70/46	82/56
Длина $l_2$ вилки, мм	30	36	45	56
Диаметр $d$ валика, мм	16	20	25	32
Диаметр $d_1$ от верстия под шплинт (макс), мм	4	4	6	6
Разрушающая нагрузка $P_p$ , кН	160-220	240-330	400-550	640-880
Масса 1 м цепи (макс.), $q_c$ , кг	4,9	7,6	9,5	15,6
Рабочая нагрузка $P_q$ для цепи категории $H/B$	5,7/10	10,5/18	19/33	28/50

Пробег цепи до предельно допустимого износа должен быть не менее 20 тыс. км при движении цепи со скоростью до 0,4 м/с в неабразивной среде насыпного груза и до 10 тыс. км при скорости движения до 0,16 м/с в абразивной среде.

Гладкие валики с осевой фиксацией и разводным или S-образным шплинтом отличаются простотой конструкции и широко распространены как в отечественных, так и в зарубежных конструкциях. Однако иногда для повышения надежности сочленения применяют валик с головкой с одной стороны и шплинтом – с другой. В частности, такая конструкция одобрена стандартами в Германии, а также, нашла применение на транспортерах ВНИИПТМАШа, предназначенных для транспортирования горячих насыпных грузов.

В двухцепных транспортерах валики устанавливают головками наружу. От выпадания они удерживаются боковыми направляющими для тяговых цепей. Фиксация валика с помощью штифта более сложна в исполнении, однако обеспечивает быструю сборку цепи и иногда применяется как на отечественных, так и на зарубежных конвейерах, например фирмой Редлер (Англия).

Скребки 1 (рис.15а) чаще всего сваривают со звеньями 2 тяговой цепи и устанавливают перпендикулярно к продольной оси звена (в вертикальной и горизонтальной плоскостях), если цепь реверсивная, или под некоторым углом наклона (в вертикальной плоскости), если цепь нереверсивная.



а), б) сварное; в), г) с помощью крепежа; д), е) комбинированное.

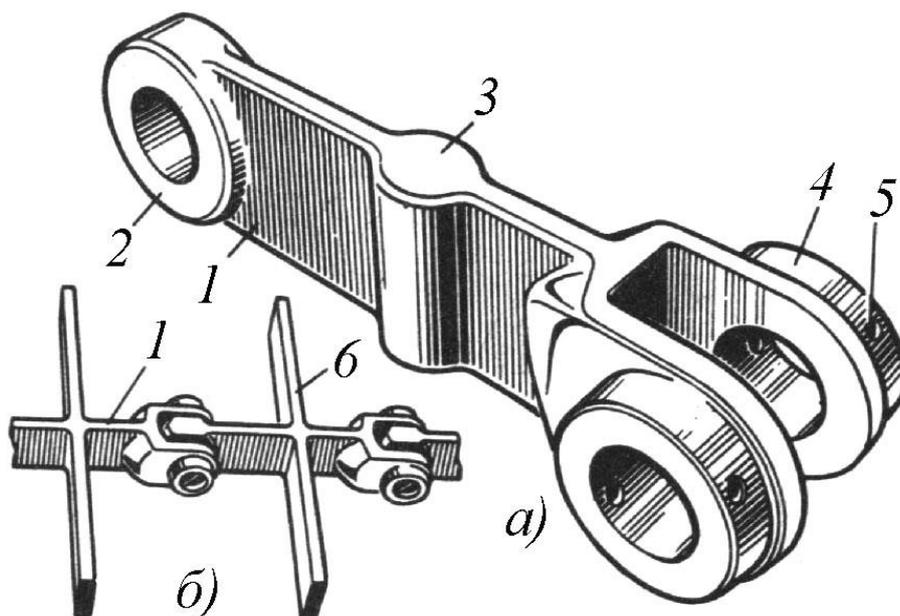
Рисунок 15 – Крепление скребков к вильчатой цепи.

Для транспортирования материалов, обладающих повышенной вязкостью, липкостью или первоначальным сцеплением, можно применять скребки (рис.15б) уменьшенной высоты прямоугольного, круглого или иного сечений. Звенья 2 тяговых цепей (рис.15в) для транспортеров, изготавливаемых во

взрывобезопасном исполнении, могут быть снабжены пластмассовыми скребками 1 в контурном или обычном исполнении и прикреплены с помощью болтов, штифтов или самих валиков. При этом исключается возможность искрообразования, уменьшается шум и износ короба и появляется возможность использования для изготовления (или армирования) скребков более легких и износостойких материалов. Иногда применяют разъемное крепление скребков 1 (рис.15г) с помощью болтов 3 непосредственно к валикам 4, к звеньям 2 тяговой цепи, или к звеньям и валикам. К звеньям 2 (рис.15д) вильчатых цепей на валиках 4 или с помощью сварки, болтов, шплинтов и штифтов можно крепить и фасонные скребки 1, обычно применяемые на циркуляционных транспортерах. При двухцепном тяговом органе скребки 1 (рис.15е) необходимо крепить к звеньям 2 тяговых цепей или к валикам 4 шарнирно с помощью болтов или шплинтов. Однако иногда встречается и жесткое крепление обычных или контурных скребков болтами или с помощью сварки.

Особый интерес представляют вильчатые тяговые цепи фирмы "Bühler" (Швейцария), изготавливаемые в реверсивном и нереверсивном исполнениях во всех модификациях для транспортеров с горизонтальной, наклонной, вертикальной и комбинированной трассами. Цепи могут транспортировать различные сыпучие материалы при температуре до 500°C и скоростях движения до 2 м/с. Звенья цепи изготавливают с шагом 125, 160 и 220 мм многократной горячей штамповкой для достижения плавного перехода линий без пересечения волокон металла. Вначале из заготовки формируют вилку, затем производят доводку звена и механическую обработку. Звенья 1 (рис.16а) выполняют равнопрочными с утолщением 2 для шарнирного соединения с пальцем, дополнительными выступами 4

(бобышками) на вилке (для реверсивных цепей) и утолщением 3 для приваривания скребков. В бобышках на вилке, предназначенных для зацепления с зубьями приводной звездочки, сверлят отверстия 5 для штифтов, фиксирующих валики. Звенья 1 (рис.16б) одноцепных рабочих органов оборудуют консольными скребками 6, приваренными к утолщениям звеньев. Штампованные звенья (вилки) цепей фирмы "Bühler" выполнены из хромомарганцевой стали марки типа 5130 по стандарту SAE, что соответствует стали 25ХГТ по ГОСТ 4543-71. Звенья нитроцементированы по всей поверхности на глубину 0,60–0,65 мм, подвергнуты закалке с низкотемпературным отпуском до твердости поверхности HRC 55–57, а сердцевины HRC 40–43.



а) заготовка звена; б) звено с консольным скребком.

Рисунок 16 – Звенья реверсивных цепей фирмы "Bühler".

Для горизонтальных и пологонаклонных транспортеров скребки выполняют обычно из стальных пластин (тип ВТ).

При транспортировании вязких или слеживающихся материалов по горизонтальным и пологонаклонным трассам применяют консольные скребки из стального стержня квадратного

сечения, которые также приваривают к утолщениям звеньев (рис.17а). Для крутонаклонных конвейеров эти же звенья цепи оборудуют *U*-образными (рис.17б) скребками и для вертикальных конвейеров - скребками *O*-образного профиля (рис.17в).

Транспортеры, транспортирующие специальные продукты по вертикальным трассам, могут оснащаться скребками *OO*-образного профиля (рис.17г).

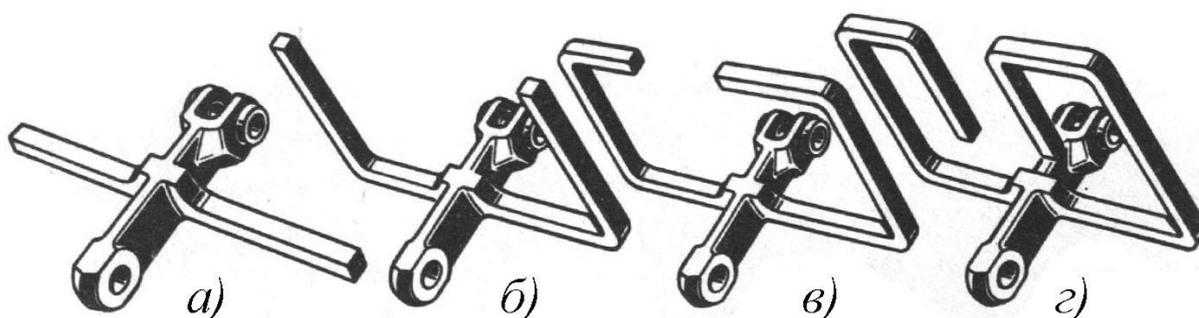


Рисунок 17 – Скребки, приваренные к звеньям цепей фирмы "Bühler", типов *T* (а), *U* (б), *O* (в) и *OO* (г).

При двухцепном тяговом органе транспортеров, предназначенных для крутонаклонного и вертикального транспортирования, помимо пластин, связывающих между собой цепи, звенья могут оснащаться боковыми или сплошными рамочными скребками на обе цепи (аналогично звеньям объединения Таркраф, см. рис. 22).

Звенья *I* (рис.21) нереверсивных цепей фирмы "Bühler" выполняют аналогично звеньям реверсивных цепей, но без утолщения для крепления скребков и без бобышек для зацепления с приводной звездочкой, а направление движения указывают на них выштампованной стрелкой.

В особых случаях звенья цепи оснащают втулками 2, в пазы которых может входить штифт, запрессованный в палец цепи (см. рис.14в). Пальцы цепи выполнены из прутка хромоникелевой стали

марки 3316 по стандарту SAE, что соответствует марке 20X2H4A по ГОСТ 4543-71 с пониженным содержанием хрома. Пальцы цементированы по всей поверхности на глубину 0,80-0,85 мм и подвергнуты закалке с низкотемпературным отпуском до твердости поверхности HRC 59-61, сердцевины HRC 40-40,5. Пальцы цепи 1 (см. рис.18б) фиксируют в вилке сквозными штифтами диаметром 5 и 9 мм (соответственно шагу 102, 142 и 260 мм) или стопорными кольцами 3, которые изготавливают из мягкой стали, свободно надевают на пальцы, а затем обжимают в проточке специальными клещами. Конструкция и способ установки шайб показаны на рис.19. При установке таких стопорных колец с двух сторон валики в обоих звеньях сидят свободно и могут поворачиваться в процессе работы.

Для очистки натяжной и приводной станций от просыпающегося материала в скребковых цепях фирмы "Bühler" применяют специальные очистные звенья 1 (рис.20) со скребками 2, к одному из которых приварен ковшик 3, зачерпывающий просыпавшийся материал, валиками 5 и стопорными кольцами 4.

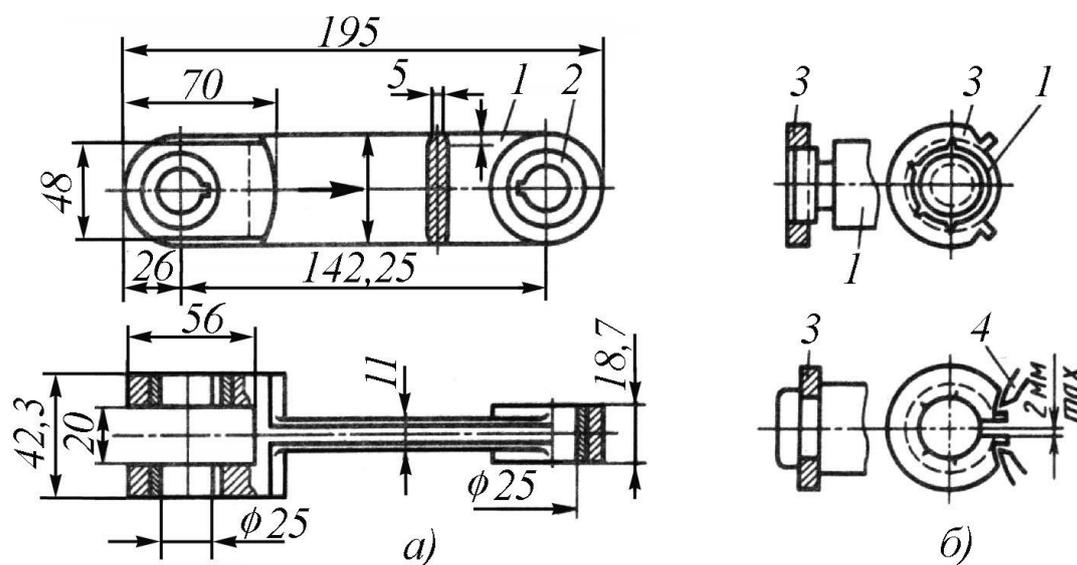


Рисунок 18 – Звено (а) и палец (б) нереверсивной цепи фирмы "Bühler".

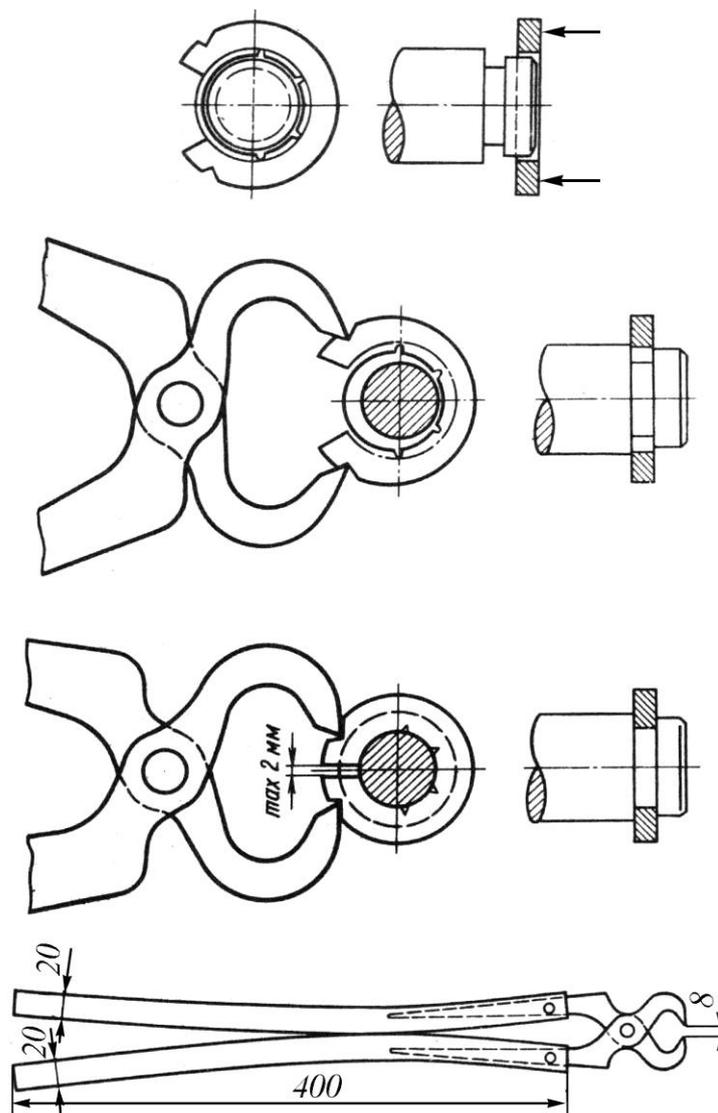


Рисунок 19 – Конструкция и способ установки фиксирующих шайб.

Фирма "Bühler" выпускает скребковые цепи в нормальном  $T-1$  и улучшенном  $T-2$  исполнениях обычно в шести модификациях по силе тяги с шириной скребков 127–762 мм, с торцовым зазором между скребком и стенкой желоба 10–20 мм. Линейно распределенная масса некоторых цепей фирмы "Bühler" приведена в табл. 13.

Вильчатые тяговые цепи фирмы Нордон-Фрухиншольц-Диеболд (Франция) изготавливают в облегченном, нормальном и усиленном исполнении ( $P_p = 20, 30$  и  $69$  кН;  $t = 150$  мм). Звенья цепи выполняют из углеродистой легированной или

хромоникельмолибденовой стали, а валики – из малоуглеродистых сталей с цементацией и закалкой.

Таблица 13 – Линейно распределенная масса некоторых цепей фирмы "Bühler"

Тип цепи	Сечение скребка, мм	Масса 1 м цепи, кг, при ширине рабочего органа, мм				
		127	177,8	228,6	279,4	330,2
Шаг цепи 102 мм						
T-1	12×12	6,4	6,9	7,4	7,9	8,4
T-2	12×12	3,8	3,9	4,2	4,5	4,8
T-1	16×16	–	–	–	–	11,1
T-2	16×16	–	–	–	–	8,1
Шаг цепи 142 мм						
T-1	16×16	–	15,1	15,8	–	–
T-2	16×16	–	14,2	14,5	–	–
T-1	20×20	–	–	–	14,3	15,4
T-2	20×20	–	–	–	18,5	19,6

Для фиксации на валиках сделаны лыски, а в звеньях – соответственно выступы. Скребки изготавливают из стали сечением 10×10, 12×12 или 14×14 мм, вставляют в выштампованные для этого пазы звеньев и приваривают. При сборке соседние звенья располагают под углом 90° и сдвигают, затем вставляют в отверстия валик и, раздвигая звенья, вводят его лысками в паз звена, а затем поворачивают звенья в исходное положение (по осевой линии цепи). Благодаря ограниченной глубине вилки

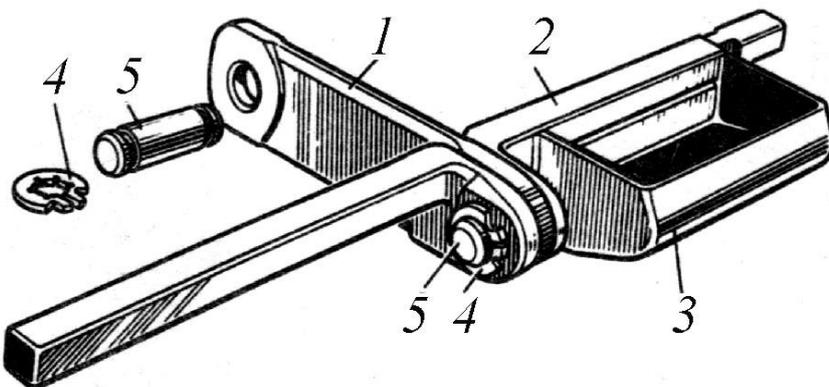
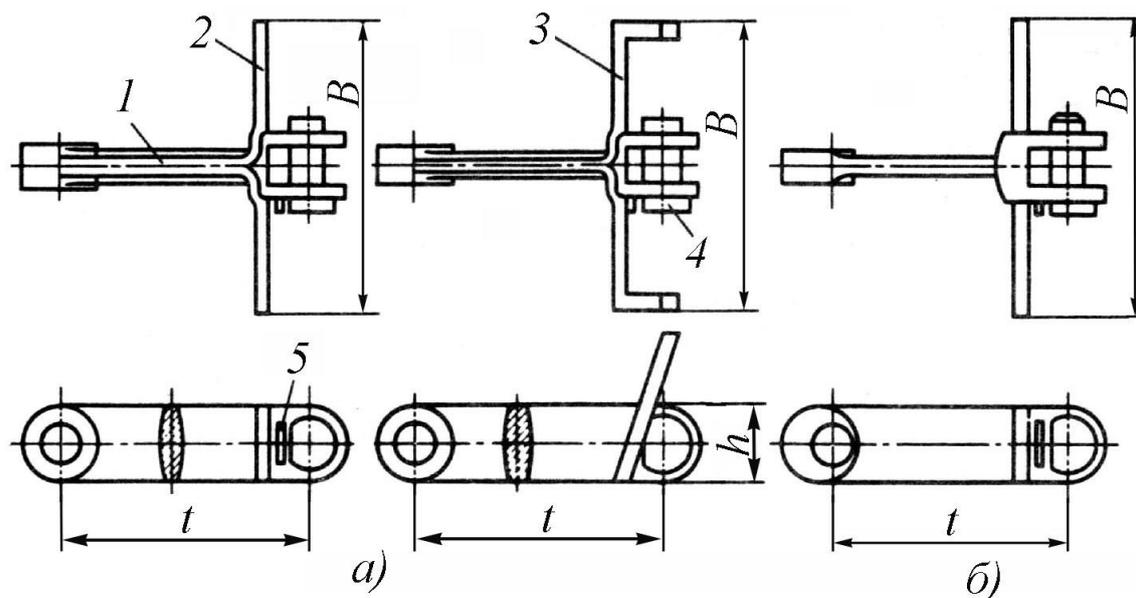


Рисунок 20 – Звено с очистным устройством цепи фирмы "Bühler".

рассоединение таких звеньев может, быть произведено только после относительного их поворота на  $90^\circ$ .

Вильчатые цепи японская фирма Гитахилид выпускает с контурными скребками типов *I* и *U* соответственно для горизонтальных или наклонных и вертикальных конвейеров. Звенья *I* цепи (рис.21а) оборудуют плоскими 2 или контурными 3 скребками и валиком 4 со срезанной частью головки. Валик фиксируют от проворачивания упором 5 или самим скребком. Тяговые цепи ( $P_q=16,7\div 83$  кН) выпускают с усиленной вилкой и шарниром (рис.21б). Цепи с шагом 150 мм выпускают соответственно на нагрузки  $P_p=50; 100; 200$  кН и  $P_q=7; 13 (16,7); 25 (33,4)$  кН. Соответственно ширине  $B=125\div 410$  мм и высоте обычных скребков  $h_c=23\div 46$  мм при шаге 150 мм масса 1 м цепи изменяется от 4,4 до 21,2 кг, а для контурных скребков высотой от 90 до 190 мм и шириной от 125 до 340 мм – от 6,27 до 13,8 кг. Цепи с шагом 200 мм изготавливают соответственно на разрушающие и рабочие нагрузки 300–500 и 50–88 кН. При этом принимают запас прочности, равный 6.



а) стандартное звено; б) усиленное звено.

Рисунок 21 – Звенья цепи фирмы Гитахилид.

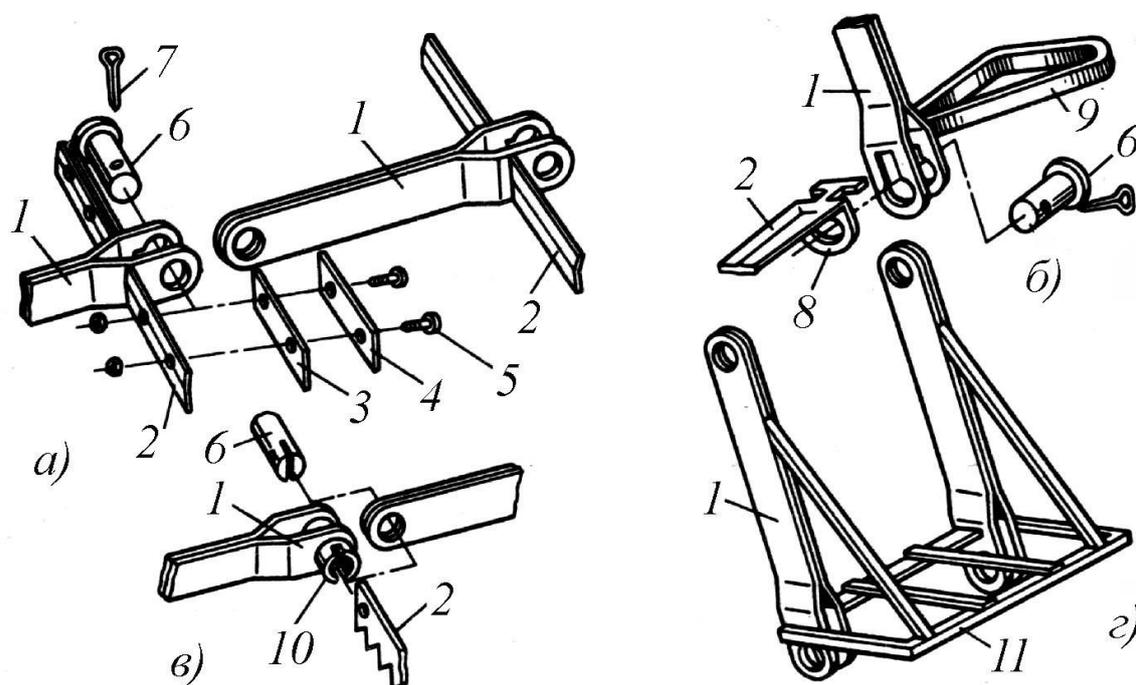
Фирма Ленгстрем (Финляндия) выпускает вильчатые цепи аналогичной конструкции, но с замками, фиксирующими валики, аналогичными замкам, применяемым фирмой "Bühler" (см. рис.18б), шагом 142 мм и разрывным усилием 350 кН. Для горизонтальных и пологонаклонных конвейеров со скребками масса 1 м цепи изменяется от 15,8 до 27,6 кг в соответствии с шириной рабочего органа 190–480 мм и шириной короба 200–500 мм.

Значительный интерес представляют также вильчатые цепи, изготавливаемые из отдельных пластин и успешно освоенные в производственном объединении Таркраф на специализированном заводе в г. Фрейтале (Германия). Каждое звено тяговой цепи одноцепного транспортера состоит из двух пластин 1 (рис.22а) с приваренными к ним скребками 2. Скребки могут армироваться резиновой или капроновой полосой 3, прикрепляемой с помощью планки 4 и болтов 5 к гайкам, и выполнять при этом роль очистных скребков. Соединение соседних звеньев осуществляется валиком 6 с зубом, фиксирующим его от проворачивания в звене, и сверлением под шплинт 7.

Двухцепной рабочий орган оборудуют аналогичными звеньями, к которым вместо скребков приваривают короткие кронштейны. Скребки, соединяющие обе тяговые цепи, могут крепиться к кронштейнам с помощью болтов.

Некоторая подвижность скребков относительно звеньев 1 цепи (рис.22б) достигается T-образным концом скребка 2, которым он вставляется в соответствующий паз звена до закрепления валиком 6, а иногда и дополнительным кронштейном 8. Для пологонаклонного транспортера двухцепной рабочий орган дополнительно оборудуют боковыми контурными скребками 9. Звенья цепи с параметрами  $h_c=50$  и 70 мм;  $b=400, 530, 630, 800$  и

1000 мм и  $q_u = 40 \div 60$  кг выполняют с шагом 200 мм (тип Д-50) и 250 мм (тип Д-70).



а) с очищающим скребком; б) с подвижным скребком; в) со специальной втулкой; г) для крутонаклонных транспортеров.

Рисунок 22 – Звенья вильчатых цепей объединения Таркраф.

В отдельных типах тяговых цепей к звену 1 (рис.22в) приваривают специальную втулку 10 с пазом для скребка 2. Аналогичный паз выполняют в валике б, который вместе со скребком крепят в звене тяговой цепи с помощью шплинта или штифта. Для очистки короба от налипающего материала предусмотрены специальные скребки с зубьями (шаберы) или с заточенной нижней кромкой. Очищающие скребки иногда армируют твердым сплавом.

Для крутонаклонных и вертикальных транспортеров двухцепной рабочий орган (типы F-50 и F-70) с параметрами  $b=315, 400, 500, 800$  и  $1000$  мм и  $q_u = 31 \div 70$  кг собирают из типовых вильчатых звеньев 1 (рис.22г), оборудованных приваренными к ним контурными рамками 11.

Тяговые цепи поставляют потребителю отрезками длиной 1,9–2 м и подразделяют шифром *A* и *B* соответственно для одно- и двухцепных конвейеров, *D* и *F* – для пологонаклонных ( $\beta < 30^\circ$ ) и крутонаклонных ( $\beta > 30^\circ$ ) транспортеров. Цифры 36, 50, 70 и 90, следующие за индексом, указывают высоту звена цепи. Очистные скребки устанавливают по одному на отрезок цепи. Цепи типа *A*–36 и *B*–36 изготавливают шириной соответственно 125, 160, 200, 250 и 350 мм и 160, 200, 250, 315, 400, 500 мм с линейно распределенной массой примерно 5–6 и 9,6–12,1 кг. Цепи типа *B*–50 изготавливают шириной 200–1000 мм с линейно распределенной массой примерно 18–32 кг.

Литые звенья вильчатых цепей отличаются относительно большими шагом и массой при небольшой прочности, а в конструктивном исполнении аналогичны штампованным. Основными преимуществами этого типа звеньев являются возможность отливки фасонных профилей с различными приливами и относительная дешевизна изготовления. Литые звенья отливают из ковкого чугуна или стали и используют на крутонаклонных и вертикальных транспортерах. Каждое звено цепи можно оборудовать *T*-образным приливом, которым при развороте его вводят в соответствующую чашку головки предыдущего звена с *T*-образной выемкой. Скребки звеньев можно устанавливать аналогично кованным звеньям под некоторым углом наклона к осевой линии или перпендикулярно и отливать различной конфигурации вместе со звеньями.

В отечественной и зарубежной практике широко распространены пластинчатые тяговые цепи скребковых транспортеров, которые изготавливают с закрытым или открытым шарниром. Тяговые цепи обычно изготавливают специально для скребковых конвейеров, однако иногда используют стандартные пластинчатые цепи, дополнительно оборудуемые скребками.

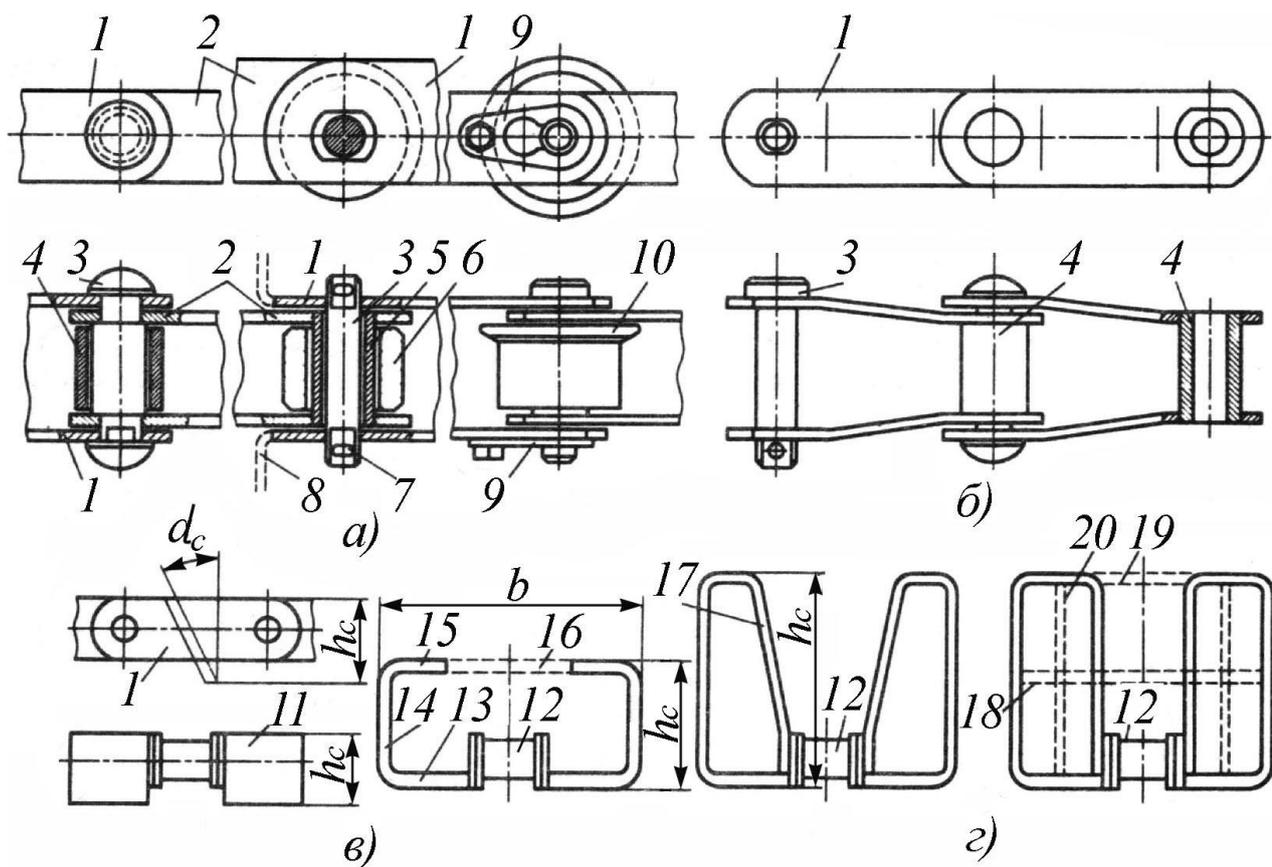
Основными преимуществами пластинчатых цепей являются простота изготовления основных деталей звеньев, не требующая применения специальных мощных штампов, и работа каждой детали с определенной нагрузкой, на которую она рассчитывается. В результате этого можно достаточно быстро и просто наладить производство и изготавливать каждую деталь (валик, втулку, ролик, пластину) из наиболее подходящих материалов и по наиболее подходящей для нее технологии. Однако пластинчатые цепи отличаются большим числом деталей и плохой очисткой от транспортируемого материала. При этом часть транспортируемого материала зависает на шарнирах цепи, пластинах и даже между пластинами и проносится над разгрузочными люками. В результате часть транспортируемого материала затягивается не в те люки, в которых планировалась разгрузка, а также осыпается на приводных и натяжных станциях, заштыбовывая их.

В отечественной промышленности пластинчатые тяговые цепи изготавливают следующих типов: втулочные, роликовые, катковые с гладкими катками или с ребордами на катках с подшипниками скольжения. Нормальный ряд шага цепи: 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800 и 1000 мм. Пластинчатые безвтулочные – безроликовые и роликовые цепи собирают из наружных *1* (рис.23а) и внутренних *2* пластин, валиков *3* и роликов *4* (для роликовых цепей). Эти цепи наиболее просты и дешевы, однако давления в шарнирах настолько велики, что резко ограничивают область применения их только в транспортерах с малыми скоростями движения рабочего органа и небольшими нагрузками.

Втулочные – безроликовые (*B*) и роликовые (*BP*) цепи изготавливают соответственно с шагом 100–400 и 100–500 мм. Они состоят из наружных звеньев, собираемых из наружных пластин и валика, и внутренних звеньев, собираемых из внутренних пластин и втулок *5* (рис.23а). Втулочно-роликовые цепи, так же как и

безвтулочные, оборудуют роликом 6, валики их крепят расклепыванием, сваркой, шплинтами 7 или различными стопорными кольцами и пластинами 9.

Втулочно-катковые тяговые цепи (ВК) изготавливают с шагом 200–630 мм. В них вместо роликов применяют гладкие катки 6 (рис.23а) или катки с направляющими ребрами 10. Пластинчатые цепи, особенно катковые, выполняют с симметричными пластинами (относительно продольной оси) и с несимметричными. Иногда наружные пластины 1 или фиксирующие пластины 9 изготовляют удлиненными (и даже совмещают), и отогнутые их концы 8 используют в качестве скребков или кронштейнов для крепления скребков.



а) с прямыми пластинами; б) с изогнутыми пластинами; в) с *O*-образными скребками; г) с *U*-образными скребками.

Рисунок 23 – Основные типы пластинчатых цепей и разновидности применяемых скребков.

Цепи с изогнутыми пластинами, отличающиеся от обычных пластинчатых цепей сокращением номенклатуры пластин, выпускают безроликовыми, роликовыми и катковыми. Однако они менее жестки. Их собирают из однотипных гнутых пластин *1* (рис.23б), в которые входит валик *3* и втулка *4*.

Траковые тяговые цепи, отличающиеся неразборным соединением втулки и пластины, выполняют с удлиненной втулкой со стальными сварными звеньями или звеньями, литыми из стали или ковкого чугуна. Траковые цепи можно выполнять с роликами и катками, а при литье – вместе со скребками.

На горизонтальных и пологонаклонных транспортерах обычно применяют сплошные скребки *11* (рис.23в), прикрепленные к пластинам *1* или к валикам тяговой цепи. Скребки устанавливают перпендикулярно к продольной оси пластины. Они могут быть такой же высоты, как и пластины, меньше или больше нее. Скребок, выступающий вниз и армируемый антифрикционным износостойким материалом, исключает касание пластин тяговой цепи о направляющие днища короба, предохраняя их от истирания. Сплошные и контурные скребки, выступающие вверх, применяют на наклонных и вертикальных транспортерах. Конструкция этих скребков обычно усложняется с увеличением угла их наклона. Тяговые цепи *12* (рис.23г) пологонаклонных конвейеров обычно оборудуют скребками с простым контуром (*U*-образным), состоящим из горизонтальных *13* и вертикальных *14* участков стержней.

Контурные скребков крутонаклонных и вертикальных транспортеров дополняют верхними стержнями *15* (рис.23в), которые могут замыкаться в единый *O*-образный контур стержнем *16* или в два самостоятельных контура (*OO*-образный) стержнями *17*. Последние дополнительно могут быть соединены или

разделены горизонтальными стержнями 18, 19 и вертикальными 20 в зависимости от физико-механических свойств транспортируемого материала и размеров скребков.

Тяговые цепи пластинчатого типа широко используют на скребковых конвейерах зарубежного производства. Например, фирма Аихгольцер Реттен (Германия) специализируется на выпуске однорядных и двухрядных пластинчатых цепей для горизонтальных и пологонаклонных транспортеров. Тяговые цепи в основном выполняют втулочными безроликовыми. Они состоят из внутренних звеньев, валиков и наружных удлиненных пластин. Удлиненные пластины отгибают и используют одновременно как скребки – при одноцепном и как кронштейны для скребков – при двухцепном рабочем органе. Цепи с шагом 80, 100, 125, 160 и 200 мм, рассчитанные на разрушающую нагрузку 44-190 кН, оснащают пластинами высотой 18–45 мм и толщиной 3–8 мм, валиками под шплинты и втулками диаметром 10–20 и 15–30 мм, обеспечивающими просвет между внутренними пластинами 18–45 мм. Аналогичные втулочные тяговые цепи, но с валиком, выполненным с круглой головкой и одним фиксирующим шплинтом или штифтом, выпускают для конвейеров фирмы Джи-э-Джи (Италия).

Японские фирмы Гитахилид и Тзубакимото Чейн Компани также выпускают большой ассортимент пластинчатых цепей для скребковых транспортеров с тщательной термообработкой всех деталей звеньев, которая существенно влияет на работоспособность не только самой цепи, но и звездочек и роликов. Например, на конвейерах фирмы Флоу, предназначенных для горизонтального и пологонаклонного транспортирования, применяют пластинчатые, втулочные и втулочно-роликовые цепи фирмы Тзубакимото Чейн Компани с шагом (примерно) 102, 152, 200 и 300 мм и шириной

рабочего органа 140, 190, 255, 355, 395, 485 и 585 мм, рассчитанные на разрушающую нагрузку 105–750 кН. При этом каждое наружное и внутреннее звено оборудуют вертикальными или наклонными скребками, приваренными к ним. Диаметр ролика на этих цепях составляет 25,4–57,2 мм при высоте пластин 31,8–76,2 мм и толщине 6,3–12,7 мм, а расстояние между внутренними пластинами принимают равным 27–67,5 мм. Масса 1 м цепей, с обычными скребками составляет 6,4–34 кг.

В последние годы фирма Тзубакимото Чейн Компани выпускает втулочные пластинчатые цепи прессово-сварной конструкции. При этом сохраняются прессовые посадки и значительно увеличивается работоспособность цепи.

В тяговых пластинчатых цепях, выпускаемых фирмой Рекс (США), с изогнутыми пластинами, шагом 100 и 150 мм и разрушающей нагрузкой 130–600 кН втулки сваривают встык с пластинами без запрессовки их в тело пластины. При этом повышается надежность стыка и уменьшается толщина пластины.

Пластинчатые цепи пологонаклонных конвейеров могут быть оборудованы также *U*-образными контурными скребками высотой 55–215 мм или фасонными *OO*-образными скребками высотой 80–330 мм. Масса 1 м таких цепей соответственно равна 7,4–37 и 8,9–40 кг.

Крутонаклонные и вертикальные транспортеры, а также транспортеры с комбинированными трассами оборудуют стандартными тяговыми цепями с шириной рабочего органа 150, 230, 305, 395, 485 и 585 мм. Тяговые цепи выпускают с контурными скребками семи типов, изготавливаемыми из стального прутка квадратного или круглого сечения и наклоненными к оси звена под углом  $70^\circ$  и  $82^\circ$  ( $\alpha_c = 20 \div 8^\circ$ ). Однако наиболее часто применяют тяговые цепи с *U*-образными и *OO*-образными контурными

скребками, масса 1 м которых составляет 10,1–47 и 10,6–52 кг в зависимости от высоты  $h_c=31,8\div 76,2$  мм. Скребки с дополнительными перемычками 16, 18, 19, 20 (см. рис.23) применяют лишь при транспортировании особых грузов.

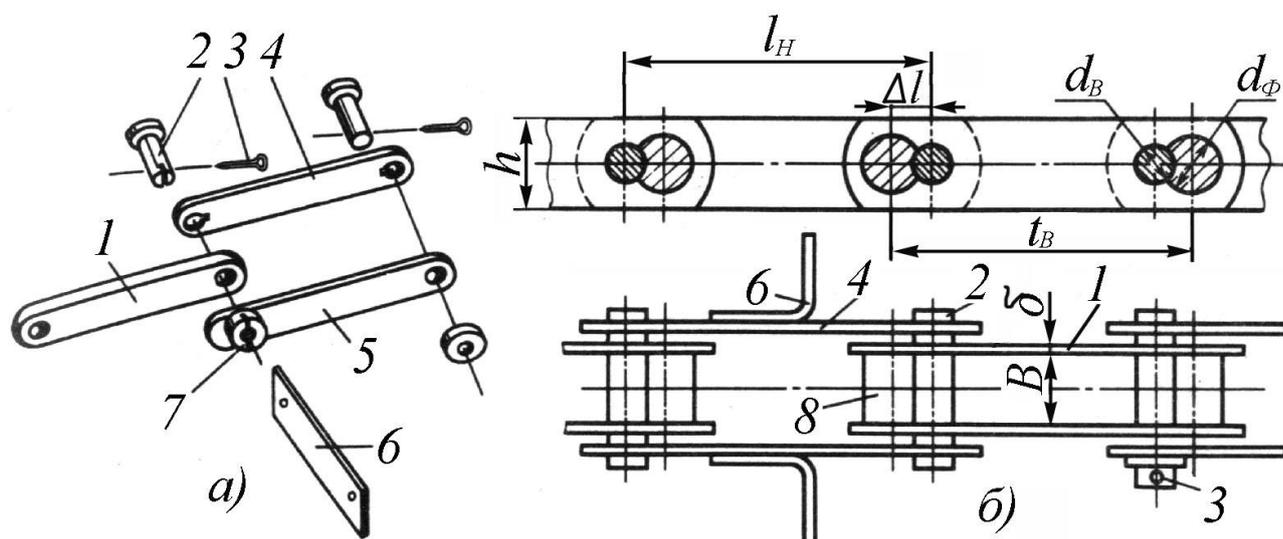
Фирма Гитахилид выпускает пластинчатые тяговые цепи втулочно – роликового типа, оборудованные U-образными контурными скребками (со стержнями 13, 14, 15), установленными под углом  $70^\circ$  ( $\alpha_c= 20^\circ$ ). Тяговые цепи изготавливают с шагом (примерно) 102, 152, 200 и 250 мм, массой 1 м цепи 11,3–45,7 кг на разрушающую нагрузку 75–490 кН и допустимую нагрузку 6,8–74 кН. Соответственно запас прочности тяговых цепей принимается близким к 7–11. При этом сечение пластин изменяется от  $31,8\times 4,8$  до  $76,2\times 12,7$  мм, диаметр роликов – от 25,4 до 57,2 мм, а размеры рабочего органа  $b\times h_c$  – от  $125\times 90$  до  $570\times 340$  мм.

Фирма Ленгстрем (Финляндия) для транспортеров выпускает цепи с шагом 75, 100, 125, 150 и 200 мм, с высотой звена цепи 25–70 мм, просветом между пластинами внутренних звеньев 22–70 мм и толщиной звена 3–12 мм. Для этих цепей гарантируется разрушающая нагрузка 40–450 кН и допустимая нагрузка 6,3–63 кН. Масса 1 м таких цепей составляет 1,9–21 кг.

Валики в наружных пластинах цепей фирмы Ленгстрем крепят прессовой посадкой на лысках или шплинтуют с одной стороны. Диаметр катков примерно на 40% больше высоты пластин. Несимметричные пластины выступают над катком на 4–6 мм. Очистные скребки футеруют резиной, выступающей за контур скребка на 3–7 мм по высоте и на 5–7 мм по ширине.

Безвтулочные, безроликовые пластинчатые цепи с закрытым шарниром, входящие в зацепление со звездочкой через шаг, выпускаемые объединением Таркраф на Фрейтальском заводе, состоят из усиленной внутренней пластины 1 (рис.24а) и двух

наружных пластин 5 и 4. Пластины шарнирно соединяются валиками 2 с головкой и зубом для фиксации в пазу наружной пластины от проворачивания. Наружная пластина 4 оборудована бобышкой 7 со сверлением и поперечным пазом для крепления скребков 6 единым шплинтом 3 или штифтом, проходящим одновременно через валик, бобышку и скребок. Цепи этого типа изготавливают из высококачественной стали 70 с шагом 400, 500, 630, 800 и 1000 мм и применяют в тяжелых условиях эксплуатации (транспортирование крупнокусковых грузов). Масса 1 м этих цепей составляет 42–60 кг.



а) с закрытым шарниром; б) с открытым шарниром.

Рисунок 24 – Пластинчатые цепи с зацеплением через шаг.

Тяговые пластинчатые цепи с открытым шарниром широко применяют с 1971 г. на скребковых транспортерах типа ТСЦ Одесского завода продовольственного машиностроения вместо пластинчатых цепей с закрытым шарниром. Цепь с открытым шарниром собирают из внутренних пластин 1 (рис.24б) с запрессованными в них фасонными валиками 8 (внутреннее звено) и наружных пластин 4 с запрессованными в них круглыми валиками 2 (наружное звено). К наружным звеньям приваривают

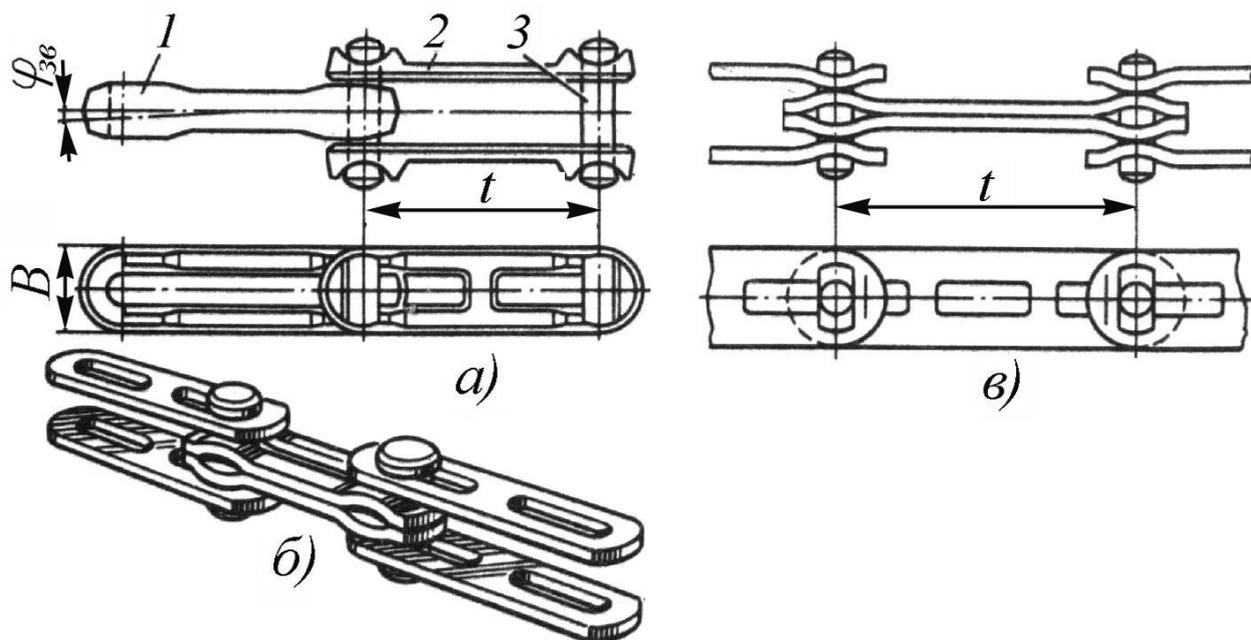
скребки б. Соединительные звенья выполняют с одной или с двумя съемными пластинами, фиксируемыми шплинтами з, штифтами или с конусными соединениями валиков и пластин.

В настоящее время серийно выпускают цепи с открытым шарниром двух марок: ИФ–125 и ИФ–160 со средним шагом цепи  $t$  соответственно 125 и 160 мм. Шаги внутренних звеньев  $t_B=112\div 140$  мм и наружных звеньев  $t_H=138\div 180$  мм. Диаметры фасонных валиков  $d_\phi=14,3\div 19,2$  мм, соединительных  $d_c=12,8\div 17,0$  мм, а смещение центров валиков шарнира  $\Delta l$  составляет 8,16 и 10,9 мм. Ширина пластин  $h=30\div 40$  мм, толщина  $\delta= 5\div 6$  мм. Расстояние между пластинами внутренних звеньев  $B=32\div 44$  мм, а разрушающая нагрузка составляет 97,6 и 161,6 кН. Масса 1 м рабочих органов цепи ИФ–125 (ширина скребка 180 мм) составляет 4,5 кг, а цепи ИФ–160 (ширина скребка 300 и 480 мм) – соответственно 8 и 9,5 кг.

Цепи с открытым шарниром – "разношаговые" безвтулочные и безроликовые, что, естественно, является их недостатком. Однако при работе в различных сыпучих средах шарнирное соединение, работающее без смазки, не забивается транспортируемым материалом или продуктами коррозии (что характерно для закрытых шарниров), а самоочищается. В этом отношении, а также по удельной прочности (отношение разрушающей нагрузки к массе цепи), простоте конструкции, технологичности и меньшей трудоемкости изготовления тяговые скребковые цепи с открытым шарниром имеют значительные преимущества относительно общепринятых цепей с закрытым шарниром.

Разборные цепи обычно выполняют холодноштампованными или коваными (горячештампрованными); они отличаются возможностью быстрой разборки в любом месте тяговой цепи. Разборная кованая цепь состоит из парных секций, каждую из

которых собирают из внутреннего звена 1 (рис.25а), двух наружных звеньев 2 и валика 3. Наружные звенья имеют внутри перемычку для жесткости, а по концам фасонные гнезда для головок валиков, препятствующие перемещению их при повороте звеньев цепи. Конструкция звеньев допускает относительный поворот в каждом шарнире на угол  $\varphi_{зв} = 2 \div 3^\circ$ , а при скошенных боковых поверхностях внутреннего звена или применении бочкообразных валиков – до  $10^\circ$ . При разборке наружные звенья цепи поворачивают на  $90^\circ$  относительно внутреннего звена и сдвигают внутрь, валик выводят из фасонных гнезд, поворачивают его на  $90^\circ$  и вынимают.



а) кованая цепь; б), в) холодноштампованная цепь.

Рисунок 25 – Разборные цепи.

В отечественной промышленности кованые разборные цепи изготавливают согласно ГОСТ 589-74 с шагом 65, 80, 100, 160 и 250 мм, массой 1 м цепи 1,4–8 кг на разрушающую нагрузку 45–400 кН.

Холодноштампованная цепь фирмы Кинг (Англия) состоит из двух наружных и двух внутренних звеньев, штампованных из стальной полосы, и точеного валика (рис.25б). Наличие выгибов у

пластин внутреннего звена позволяет отклоняться ему относительно наружного на 5–8°. Такая цепь с шагом 100 мм и линейно распределенной массой 3,5 кг рассчитана на разрушающую нагрузку 200 кН. Холодноштампованная цепь фирмы Фата (Италия) отличается одинаковыми пластинами для наружных и внутренних звеньев (рис.25в).

Основными преимуществами холодноштампованных цепей являются малый вес, возможность изготовления штамповкой из полосы на универсальном оборудовании и изгиба цепи в двух плоскостях, что необходимо для транспортеров с пространственной трассой или с поворотом в горизонтальной плоскости. Однако для этих цепей характерны большое давление в шарнирах, сложность обеспечения совместной работы сдвоенных звеньев и малая поперечная жесткость, в связи, с чем применение их на транспортерах с погруженным рабочим органом ограничено.

Проектированию, технологии изготовления и анализу работы тяговых цепей в отечественной и зарубежной практике уделяется особое внимание. Детали тяговых цепей изготавливают из высококачественных цементуемых и улучшенных сталей. Например, фирма Редлер (Англия) звенья вильчатых цепей с шагом 102 и 137 мм выполняет соответственно из сталей 10 и 12ХН2 с глубиной цементации или нитроцементации поверхностного слоя 0,44 и 0,80 мм и твердостью HRC 46–47 и HRC 60–62. Валики цепей с шагом 137 мм выполняют также из стали 12ХН2 с глубиной цементации или нитроцементации 0,55 мм и твердостью HRC 58–60. Фирма "Bühler" для звеньев цепи с шагом 127 мм и валиков применяет сталь 15 с глубиной цементации или нитроцементации соответственно 0,95 и 0,88 мм и твердостью HRC 56–58 и 64. Итальянские фирмы в цепях для звеньев используют сталь 50Г2 с твердостью HRC 39–43 после закалки и отпуска и сталь 20 для валиков с глубиной цементации 0,4–0,5 мм и

твердостью HRC 54–60. Стандартами Чехии для валиков рекомендована сталь 20ХГ, а для звеньев – сталь 10.

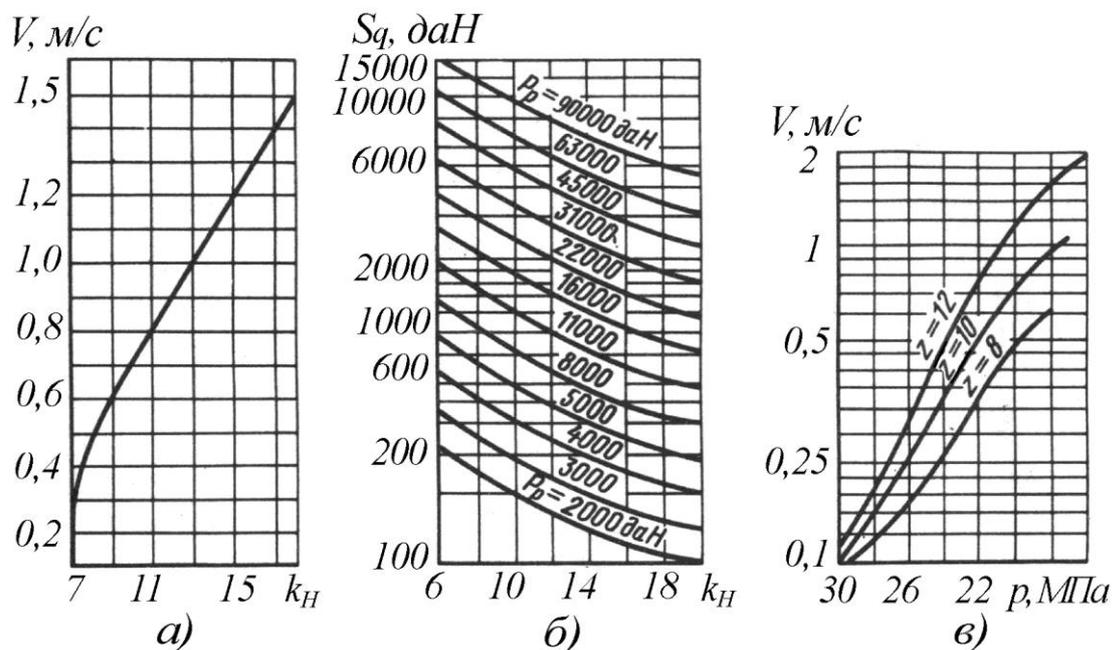
В отечественной промышленности для звеньев рекомендуют стали 45Г2 и 30ХГСА с объемной закалкой и отпуском до твердости HRC 30–40 или 18ХГ и 20ХГ (ГОСТ 4543–71) с газовым цианированием и цементацией на глубину 0,8–1,2 мм и твердостью HRC 54–62. Для валиков рекомендуют стали 45 и 40Х с поверхностной закалкой ТВЧ на глубину 1,8–2 мм и твердостью HRC 45–53 или стали 20Х, 20Г и 20ХГ с газовым цианированием или цементацией на глубину от 0,6–1,0 до 1,0–1,5 мм (для диаметров 16 и 40 мм) и твердостью HRC 55–65.

Результаты эксплуатации транспортеров с погруженным рабочим органом показывают, что с уменьшением динамической нагрузки и массы тяговой цепи можно увеличивать скорость движения ее до 1 м/с и более. Фирма Ленгстрем считает возможным увеличение скорости роликовых цепей до 1,5 м/с, а безроликовых – до 0,8. В то же время типажом фирмы "Bühler" предусмотрено увеличение производительности транспортеров в основном за счет скорости движения тяговых цепей до 1,8 м/с (табл. 14).

Таким образом, на практике намечается четкая тенденция увеличения производительности транспортеров за счет значительного увеличения скорости движения рабочего органа (до 1 и даже до 1,8 м/с). При этом фирма Ленгстрем рекомендует выбирать тяговую цепь по разрушающей или допустимой  $S_q$  нагрузке, коэффициенту надежности  $k_n$  и допустимому давлению  $p$  на поверхности скольжения шарниров с учетом экстренных нагрузок. За основу принимают скорость движения цепи  $v = 0,3$  м/с (рис.26а), коэффициент надежности для конвейеров принимается равным 7, а для элеваторов – 10.

Таблица 14 – Характеристика транспортеров фирмы "Bühler"

Ширина конвейера, мм	Производительность, т/ч, при скорости движения цепи, м/с							
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8
Горизонтальный транспортер								
127	8	16	24	32	–	–	–	–
178	15	30	45	60	–	–	–	–
228	26	52	78	104	–	–	–	–
279	36	72	105	140	170	200	250	300
300	53	105	155	210	–	–	–	–
381	70	140	210	280	310	370	460	560
Наклонный и вертикальный транспортер								
127	4,5	9	13	18	–	–	–	–
178	8	16	24	32	–	–	–	–
228	16	32	48	64	–	–	–	–
279	22	44	66	88	110	130	160	200
330	32	64	96	128	–	–	–	–
381	41	82	123	165	205	246	310	370



а) скорость движения цепи; б) тяговое усилие; г) допустимое давление.

Рисунок 26 – Зависимость допустимых нагрузок от скорости цепи.

При увеличении скорости движения рабочего органа до 1,5 м/с рекомендуют коэффициент надежности увеличивать до 20, соответственно уменьшая допустимое тяговое усилие (рис.26б). С

увеличением скорости движения рекомендуют уменьшать допустимое давление (рис.2бв) на поверхности скольжения, выбирая его в соответствии с числом зубьев звездочек  $z$ .

При этом считают, что число зубьев приводных звездочек должно быть не менее восьми, а при скорости движения цепи большей 0,6 м/с – не менее десяти. Ролики в звеньях тяговых цепей рекомендуют применять при приводных звездочках, имеющих не менее десяти зубьев.

Долговечность тяговой цепи можно определять в зависимости от давления в шарнирах и износа их по числу проскальзываний в трущихся парах или от пробега цепи и износа звеньев или пластин. Результаты исследований ВНИИПТМАШа показали, что давление, допустимое для цепей с высокой твердостью шарнира, не должно превышать 70–80 МПа, а для цепей, подвергнутых улучшению, 38–45 МПа. При этом долговечность в основном зависит от абразивности транспортируемого груза и интенсивности работы, определяемой скоростью движения цепи и длительностью работы транспортера.

Фирма "Bühler" гарантирует для своих цепей пробег 5–20 тыс. км при работе в сильно абразивной среде со скоростью 0,1–0,16 м/с и малоабразивной среде со скоростью 0,4 м/с. ВНИИПТМАШ гарантирует пробег 10 тыс. км для цепей, работающих в абразивной среде со скоростью 0,2 м/с. Исходя из этого, ориентировочный пробег в конкретных условиях можно определять делением гарантируемого пробега на скорость движения цепи. Например, по рекомендациям ВНИИПТМАШа, если транспортируемым грузом является зерно и работа периодическая (в среднем 8 ч в сутки), то возможная продолжительность работы:

$$T=L_{np}/(3,6v) = 20000/(3,6v) = 13900 \text{ ч}, \quad (22)$$

где:  $L_{np}$  – величина пробега цепи, км.

С учетом остановок на профилактические осмотры и ремонты это соответствует долговечности тяговой цепи 5 лет. Аналогично находим  $T= 17400$  ч для абразивного материала при непрерывной работе транспортера (24 ч в сутки), что соответствует долговечности цепи 2,5 года.

Пластинчатые цепи (рис.27а) можно рассчитывать по одной из общепринятых методик с проверкой сечения пластин по допустимым напряжениям на разрыв  $[\sigma]''_p$  и  $[\sigma]'''_p$  в опасных сечения *I–I*, *II–II*, *III–III* от максимальной расчетной нагрузки  $S$  на цепи:

$$\sigma_{II-II} \approx \frac{S}{2\delta(h-h_0)} \leq [\sigma]''_p ; \quad (23)$$

$$\sigma_{III-III} \approx \frac{S}{2\delta(h-r_1)} \leq [\sigma]'''_p ; \quad (24)$$

$$\sigma_{I-I} \approx \frac{S}{R^2-r_1^2} \leq [\sigma]'_p , \quad (25)$$

где:  $\delta$  –толщина пластин, мм;  $h$  и  $h_0$  –ширина соответственно пластины и отверстия под лыски втулки, мм;  $R$ ,  $r$  и  $r_1$  – радиусы соответственно закругления пластины, отверстий под втулку и валик, мм.

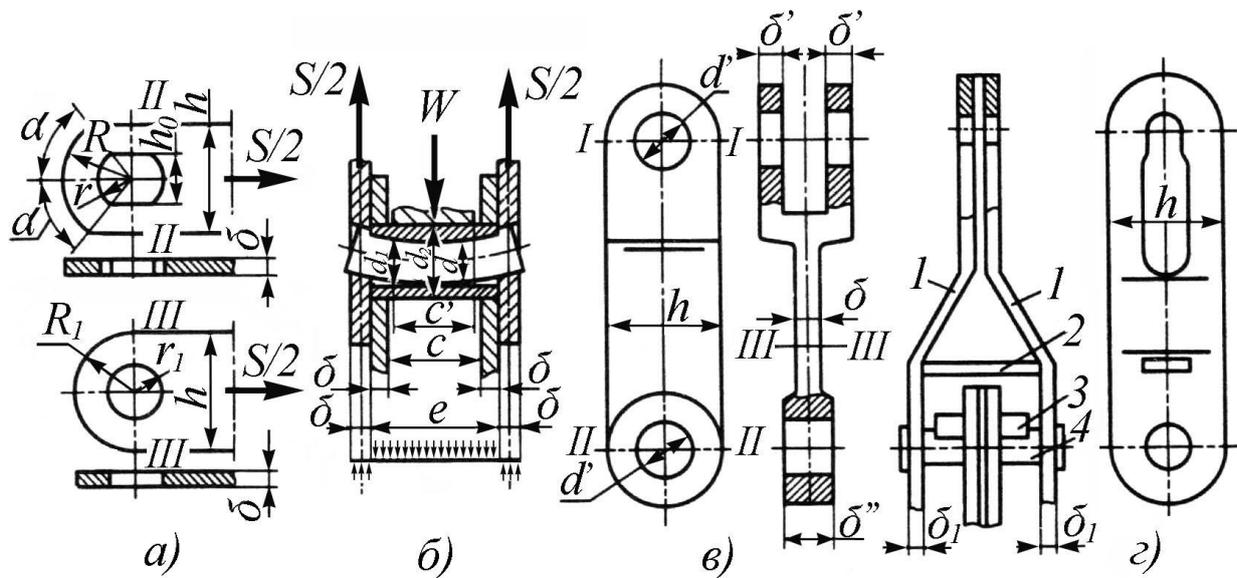
Равномерно распределенное давление:

$$p = \frac{S}{2\delta r \sin \alpha} , \quad (26)$$

где:  $\alpha$ – угол, образованный осью симметрии пластины и радиусом скругления  $R$ .

Необходимый диаметр валика  $d=2r_1$  определяют (рис. 27, б) по допустимому напряжению на изгиб  $[\sigma]_{II}$  и известному расстоянию между пластинами наружного звена  $l$ :

$$d = \sqrt[3]{\frac{4S(l+2\delta)}{\pi[\sigma]_{II}}} . \quad (27)$$



а) по опасным сечениям; б) по изгибному напряжению; в) по разрыву проушины; г) схема комбинированной цепи.

Рисунок 27 – Схема к расчету пластинчатой цепи.

Диаметр валика проверяют по допустимому напряжению  $[\tau]$  на срез:

$$\tau = \frac{2S}{\pi d^2} \leq [\tau]. \quad (28)$$

Аналогично может быть проверена прочность втулки на изгиб  $G_{II}$  под действием расчетной тяговой силы  $W$ , воспринимаемой от зуба звездочки и равной разности натяжений цепи в набегающей и сбегающей ветвях:

$$\sigma'_{II} = \frac{1,27[2(c + \delta) - c']d_1}{d_1^4 - d_2^4} \leq [\sigma]_{II}, \quad (29)$$

где:  $c$  и  $c'$  – ширина просвета во внутреннем звене и ширина зуба звездочки;  $d_1$ ,  $d_2$  – соответственно внутренний и наружный диаметры втулки.

Давление в шарнире цепи проверяют по формуле:

$$P_{ш} = \frac{S}{d(c + 2\delta)} \leq [P_{ш}]. \quad (30)$$

Отношение разрушающей нагрузки  $P_p$  тяговой цепи к максимальной расчетной  $S$  называют запасом прочности цепи ( $n=P_p/S$ ) и на практике принимают в пределах 6–10 соответственно для горизонтальных транспортеров малоответственного назначения и наклонных и вертикальных транспортеров ответственного назначения.

Звенья вильчатой цепи (рис.27в) можно рассчитывать по той же методике, что и пластинчатые, с проверкой на разрыв проушин вилки (сечение  $I-I$ ) и хвостовика (сечение  $II-II$ ), а также дополнительной проверкой ( $\alpha=180^\circ$ ) по Ляме. Валик обычно проверяют только на срез, а само звено – на разрыв в опасном сечении  $III-III$  по максимальной нагрузке:

$$\sigma_{III-III} = \frac{S}{\delta h} \leq [\sigma]_p. \quad (31)$$

В заключение аналогично пластинчатой цепи проверяют давления в шарнирах.

Для изготовления обычных звеньев вильчатой тяговой цепи ВНИИПТМАШ рекомендует сталь 20Х, которую для транспортирования неабразивных холодных грузов можно цементировать и при HRC 55–65 получать временное сопротивление разрыву  $\sigma_B=800$  МПа. Для транспортирования абразивных горячих грузов с температурой 200, 250, 400 и 500°C рекомендуют звенья из стали 30ХГСА, которые подвергают закаливанию с отпуском до твердости HRC 34–40 и в зависимости от температуры получают  $\sigma_B= 1100; 1030; 920$  и 700 МПа. Для химически агрессивной среды рекомендуется сталь 2Х13 с закалкой и отпуском до HB 217–269, которая обеспечивает  $\sigma_B= 660$  МПа. Качество цепи дополнительно оценивают по коэффициенту относительной прочности  $k_y$ , равному отношению разрушающей нагрузки к массе 1 м рассматриваемой цепи.

В тяговых цепях широко распространены прессовые, сварные и прессово-сварные соединения пластин и валиков. Однако при этом необходимо строгое соблюдение оптимальной величины натяга, точности форм и размеров сопрягаемых деталей, класса чистоты и физико-механических свойств контактируемых поверхностей. Обеспечение этих требований особенно важно при производстве цепей с открытым шарниром, у которых фасонный валик запрессовывают в отверстие восьмеркообразной формы по незамкнутому контуру.

Результаты исследований цепей ИФ–160 показали, что максимальная прочность соединений достигается при натяге 0,15–0,2 мм. Однако обеспечение натягов в таком диапазоне при массовом производстве представляет определенную трудность. Расширение диапазона допускаемых натягов без уменьшения прочности и точности (по шагу) цепи возможно при применении прессово–сварного соединения пластин и валиков. При электродуговой контактной сварке под слоем флюса и при микроплазменной сварке в среде аргона оказалось возможным момент, проворачивающий валик в пластине, увеличить в 3–5 раз и усилия выпрессовки – в 3–4 раза при увеличении диапазона допускаемых натягов и работоспособности тяговой цепи более чем в 2 раза.

Особое внимание уделяется контролю за качеством цепей, который начинается с анализа сырья в физико–химической лаборатории. Качество и точность изготовления деталей контролируют выборочным способом. Готовую цепь проверяют нагружением контрольных отрезков по 3 м сухой цепи на 0,02 от разрушающей нагрузки, при котором удлинение цепи не должно превышать 0,25%. Общая разрушающая нагрузка не должна быть меньше 95% от паспортной.

Значительный интерес представляет комбинированная вильчатая цепь с открытым шарниром. Каждое звено такой цепи можно изготавливать из двух боковых пластин 1 (рис.27г) и распорки 2, выполненных оптимальной формы и жестко соединенных между собой. Открытый шарнир может быть собран из фасонного 3 и цилиндрического 4 валиков с требуемой чистотой обработки рабочих поверхностей. Такая принципиальная схема комбинированной цепи упрощает технологию изготовления деталей ее, позволяет для каждой детали подобрать материал и технологию обработки, наиболее подходящие по воспринимаемым нагрузкам, выполнить все детали равнопрочными, более равномерно распределить нагрузку между пластинами звена и достичь максимальных коэффициентов удельной прочности и работоспособности. Кроме того, эта конструкция вильчатой цепи позволяет выполнять ее с отклонением по продольной оси в двух плоскостях, что имеет особо важное значение для транспортеров с пространственными трассами.

При проектировании рабочего органа транспортера необходимо учитывать, что направляющие полосы для тяговой цепи приводят к значительному увеличению ее сопротивления движению и интенсивному изнашиванию торцовых плоскостей звеньев. Исходя из этого, в ряде случаев целесообразно применять выступающие скребки, исключая непосредственные контакты тяговой цепи с направляющими. При этом скребки можно выполнять сменными из эластичных антифрикционных материалов или армировать накладками, которые по мере изнашивания заменяют.

Направляющие полосы рекомендуется выполнять из износостойкого марганцовистого сплава с содержанием марганца около 13%. Тяговые звездочки и огибные блоки из углеродистой стали, рабочие поверхности которых закалены до высокой твердости.

Привод транспортеров осуществляется с помощью цепной передачи от компактных мотор-редукторов, установленных на салазках, обычно на приводных головках транспортеров. На оси огибного блока натяжной головки конвейера обычно устанавливается электронное реле скорости, отключающее конвейер при обрыве или заклинивании цепи.

При необходимости промежуточных разгрузок транспортеры оснащаются шиберными затворами двух типов – с продольным и с поперечным расположением затвора относительно короба транспортера, обеспечивающим соответственно продольное или поперечное движение заслонки. Как правило, затворы оснащены электромеханическими приводами в виде мотор-редуктора, соединяемого с приводным валом затвора с помощью оригинальной предохранительной фрикционной муфты предельного крутящего момента. С другой стороны приводного вала шибера имеется отверстие квадратного сечения под съемную рукоятку для возможности ручного привода шибера. Имеются варианты исполнения шиберного затвора только с ручным приводом, выполненным в виде маховика.

Предохранительная фрикционная муфта предельного крутящего момента (рис.28) состоит из двух полумуфт 1 и 8, насаженных на концы валов мотор-редуктора и шиберного затвора.

Между обоймой 4 полумуфты 1, полумуфтой 8 и диском 5 зажаты и регулируются с помощью тарельчатой пружины 6 и гайки 7 шесть двухконусных фрикционных сегментов 3 из полимерного материала, собранных в кольцо с помощью браслетной пружины 2. При подходе шиберной заслонки к крайним положениям и упоре ее (чтобы исключить просыпь) муфта обеспечивает пробуксовку полумуфт друг относительно друга, что исключает поломки привода или реечного механизма, выполненного в данном случае в виде звездочки на приводном валу шиберного затвора и

велосипедной или мотоциклетной втулочно-роликовой цепи, закрепленной на шибере вместо зубчатой рейки.

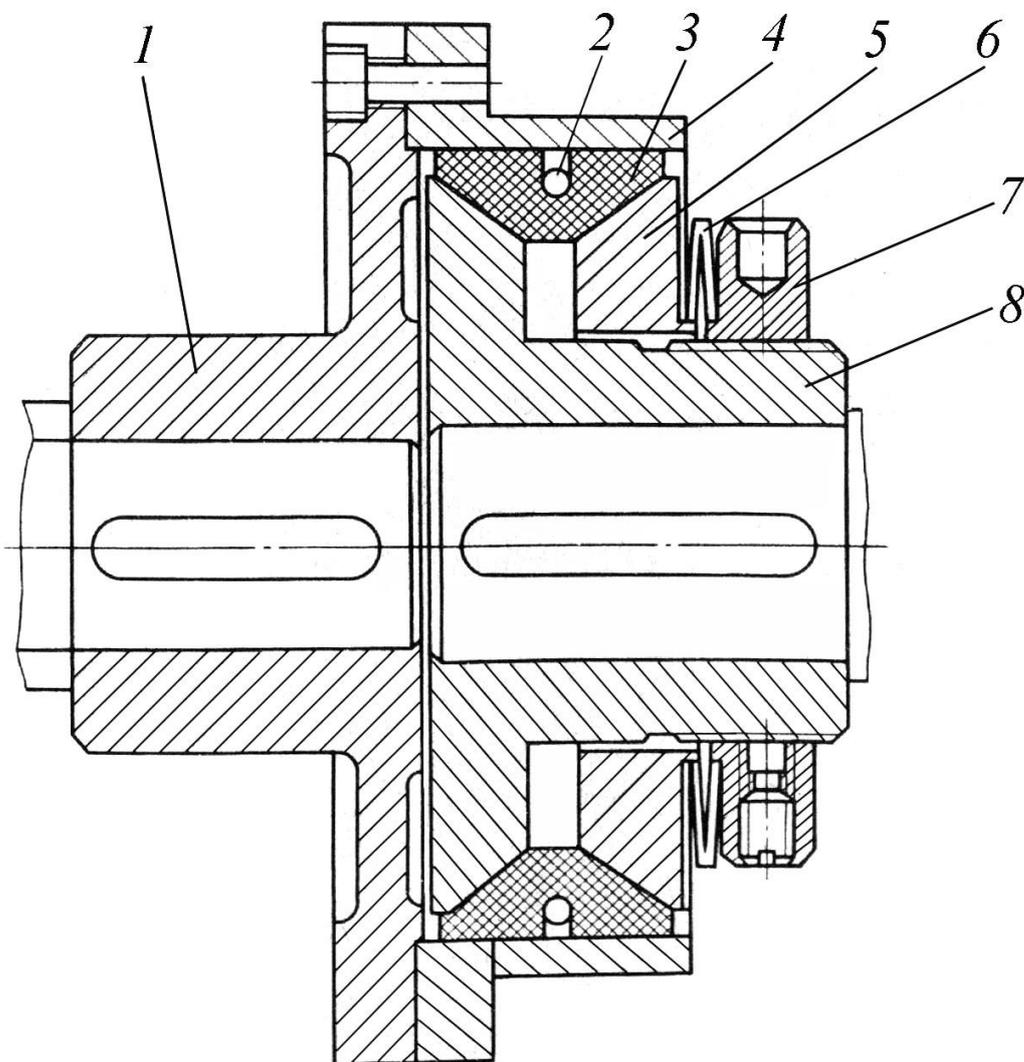


Рисунок 28 – Предохранительная фрикционная муфта.

Для высокопроизводительных мельничных комбинатов ВНИИПТмашем разработаны, а Гороховецким заводом подъемно-транспортного оборудования налажено производство транспортеров с погруженными скребками производительностью 150 и 300 т/ч, по своему техническому уровню соответствующих высокоскоростным конвейерам фирмы "Bühler". Техническая характеристика транспортеров с погружными скребками Гороховецкого завода представлена в табл. 15.

**Таблица 15 – Техническая характеристика транспортеров с погружными скребками**

Обозначение транспортера	КПС(3)-320	КПС(3)-400
Ширина короба в свету, мм	320	400
Скорость движения тяговой цепи, м/с	0,8	0,9
Производительность по зерну с насыпной плотностью 0,75 т/м <sup>3</sup> и влажностью не более 16%, т/ч	150	300
Наибольшая длина транспортировки, м	31	
Тяговый орган: цепь шаг цепи, мм	Вильчатая, реверсивная 100	
Привод транспортера:  мощность мотор-редуктора, кВт цепная передача	МЦ2С-100 МЦ2С-125 7,5 или 11,0 ПР-38Д-127000 ГОСТ 13568-75	МЦ2С-125  11,0 или 18,5 ПР-38Д-127000 ГОСТ 13568-75
Шибберные затворы: тип  привод затворов  мотор-редуктор привода  мощность, кВт	Поперечный  Электромеханический, ручной <u>0,55</u> МРА-III- 25 БУЗ 0,55	Поперечный, продольный Электромеханический <u>0,55</u> МРА-III- 25 БУЗ 0,55
Напряжение питания, В	380, 220	

### **Контрольные вопросы**

1. Укажите область применения транспортеров. 2. Объясните принцип действия, на котором работает скребковый транспортер. 3. Перечислите основные достоинства и недостатки скребковых транспортеров. 4. Назовите основные виды тягового органа скребковых транспортеров. 5. Укажите основные требования, которыми руководствуются при выборе того или иного типа тягового органа. 6. В чем заключается отличие транспортеров с погружными скребками? 7. С какой целью применяют скребки с чистителями? 8. Охарактеризовать устройства, которые применяются для разгрузки скребковых транспортеров. 9. Назовите основные этапы методики выбора типа тяговой цепи. 10. Чем руководствуются при выборе формы желоба для транспортеров с погружными скребками?

### 3. Трубчатые скребковые транспортеры

Для механизации раздачи кормов на птицефермах, кролиководческих, свиноводческих, овцеводческих и других скотоводческих предприятиях, а также при откорме карпов и форели получают распространение трубчатые скребковые транспортеры.

Распространению этого вида транспортного оборудования способствовали такие его особенности, как возможность выполнения практически любой пространственной трассы, а, следовательно, любого количества и расположения автокормушек; свобода передвижения для животных (не перегораживает проходов); обеспечение большого количества обслуживаемых животных кормом одинакового количества; максимальная экономия трудозатрат при монтаже и эксплуатации; значительное улучшение санитарно-гигиенических условий (исключается попадание нечистот с цепью транспорта) и др.

Основой цепношайбового транспортера (рис.29) является гибкий стальной канат или цепь 2 с насаженными на них пластмассовыми или металлическими шайбами-скребками, движущимися в тонкостенной трубе.

Изменение трассы в данных транспортерах осуществляется не за счет применения криволинейных участков труб, а с помощью небольших поворотных блоков 1, корпуса которых напоминают улитки и имеют по два тангенциально выходящих фланца (обычно под 90° друг к другу), к которым с помощью быстросъемных муфт крепятся прямолинейные участки трассы-трубы 3. В местах подачи корма к конвейеру крепятся с помощью телескопических спусков 4 бункерные автокормушки 5, подвешенные на тросиках 6.

Для комплексной механизации и автоматизации процессов в птицеводстве заводом "Пятигорксельмаш" им. С. М. Кирова выпускаются трубчатые скребковые транспортеры (цепно-шайбовые кормораздатчики).

Техническая характеристика трубчатого скребкового транспортера представлена в табл. 16.

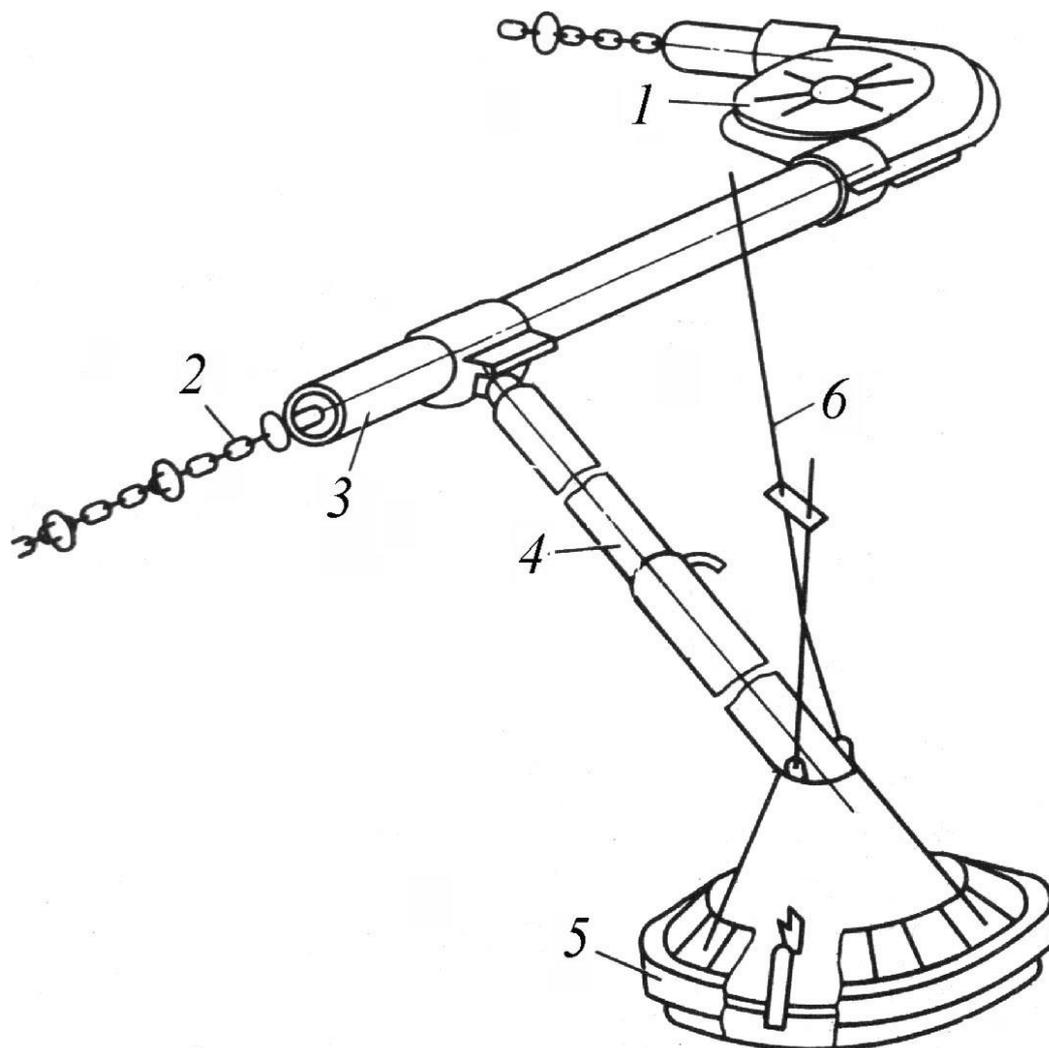


Рисунок 29 – Фрагмент цепношайбового кормораздатчика с бункерной кормушкой.

Всесоюзным научно-исследовательским конструкторско-технологическим институтом по машинам для комплексной механизации и автоматизации животноводческих ферм

Таблица 16 – Техническая характеристика цепношайбового кормораздатчика

Наименование	Показатель
Производительность, т/ч	до 0,5
Скорость движения тягового органа, м/с	0,2
Длина замкнутого контура, м	до 200
Мощность, потребляемая на один контур, кВт	1,5
Тяговый орган	Цепь СК-6×19 ГОСТ2319-70

(ВНИИживмаш, г. Киев) разработано, а Квасиловским опытным заводом (г. Квасилов, Ровенской обл.) выпускается несколько типоразмеров тросо-шайбовых кормораздатчиков, предназначенных для механизированной раздачи сухих кормов различным возрастным группам и видам животных в помещениях с различными планировочными решениями. Кормораздатчик КШ-0,5 имеет следующие параметры (табл.17).

Таблица 17 – Техническая характеристика цепношайбового кормораздатчика КШ-05

Наименование	Показатель
Скорость движения тягового органа, м/с	0,4; 0,56
Производительность при насыпной плотности корма 0,5 т/м <sup>3</sup> и скорости, т/ч:	
0,4 м/с	0,35
0,56 м/с	0,5
Длина замкнутого контура, м	до 160
Кормопровод	труба 36×1,6 ГОСТ 10704-63
Диаметр шайб, мм	25
Шаг шайб, мм	50

Выпускается также тросо-шайбовый кормораздатчик на производительность 1,2 т/ч (при скорости движения тягового

органа 0,53 м/с); в этом типоразмере в качестве кормопровода применена труба 60×1×6.

В ГДР предприятие "VE Ausrüstungskombinat Geflügel und Kleintieranlagen Perleberg" в г. Перлеберге выпускает трубчатые кормораздатчики производительностью 0,35 т/ч замкнутый контур, которого достигает длины до 200 м, при этом мощность привода составляет всего 0,4 кВт.

Автоматизация работы транспортера достигается подключением электрических контактных часов, которым можно задавать любую желаемую программу обслуживания.

Итальянская фирма AZA (Attrezzature Zootechniche Automatiche) выпускает ряд типоразмеров таких трубчатых транспортеров с предельной длиной трассы до 500 м с производительностью от 0,4 до 2,0 т/ч. Фирма рекомендует эти транспортеры как для использования в сельском хозяйстве, так и в промышленности.

В Нидерландах трубчатые скребковые транспортеры (трубчатые кормораздатчики) "Hart-Link" с оригинальным тяговым органом в виде тонких металлических стержней-звеньев с шаровидными концами, соединительными муфтами для которых являются шайбы-скребки выпускаемые фирмой "Hart international"

Ряд зарубежных фирм выпускают более крупные трубчатые скребковые транспортеры, предназначенные в основном для транспортировки насыпных грузов по сложным пространственным трассам в различных отраслях промышленного производства.

Так, американская фирма "Jeffrey Dresser" выпускает трубчатые транспортеры Tube-Flo conveyors с диаметром трубы до 8". Транспортеры эти имеют сложную конструкцию тягового органа с несимметрично расположенными относительно его оси самоустанавливающимися шайбами-скребками (рис.30). Соответственно усложнены и другие основные узлы.

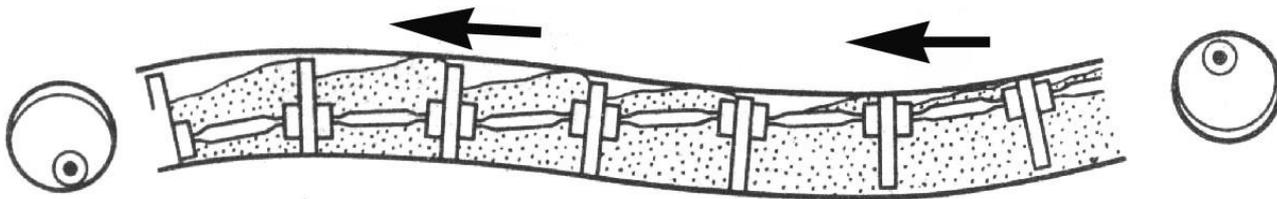


Рисунок 30 – Участок трассы скребкового трубчатого транспортера с самоустанавливающимися шайбами-скребками.

### **Контрольные вопросы**

1. Где применяются трубчатые скребковые транспортеры?
2. Перечислить основные достоинства и недостатки трубчатых транспортеров.
3. Назовите основные конструктивные элементы трубчатых транспортеров.
4. Для каких типов грузов следует применять трубчатые транспортеры?
5. Рассказать о перспективных конструкциях трубчатых скребковых транспортеров.

## 4. Винтовые транспортеры

### 4.1. Основные схемы конструкции и область применения

При разгрузке и загрузке сыпучих мелкокусковых грузов (например, зерно, песок, мука и др.) в сельскохозяйственном производстве широкое распространение получили винтовые транспортеры. Винтовые транспортеры относятся к транспортным машинам без тягового органа.

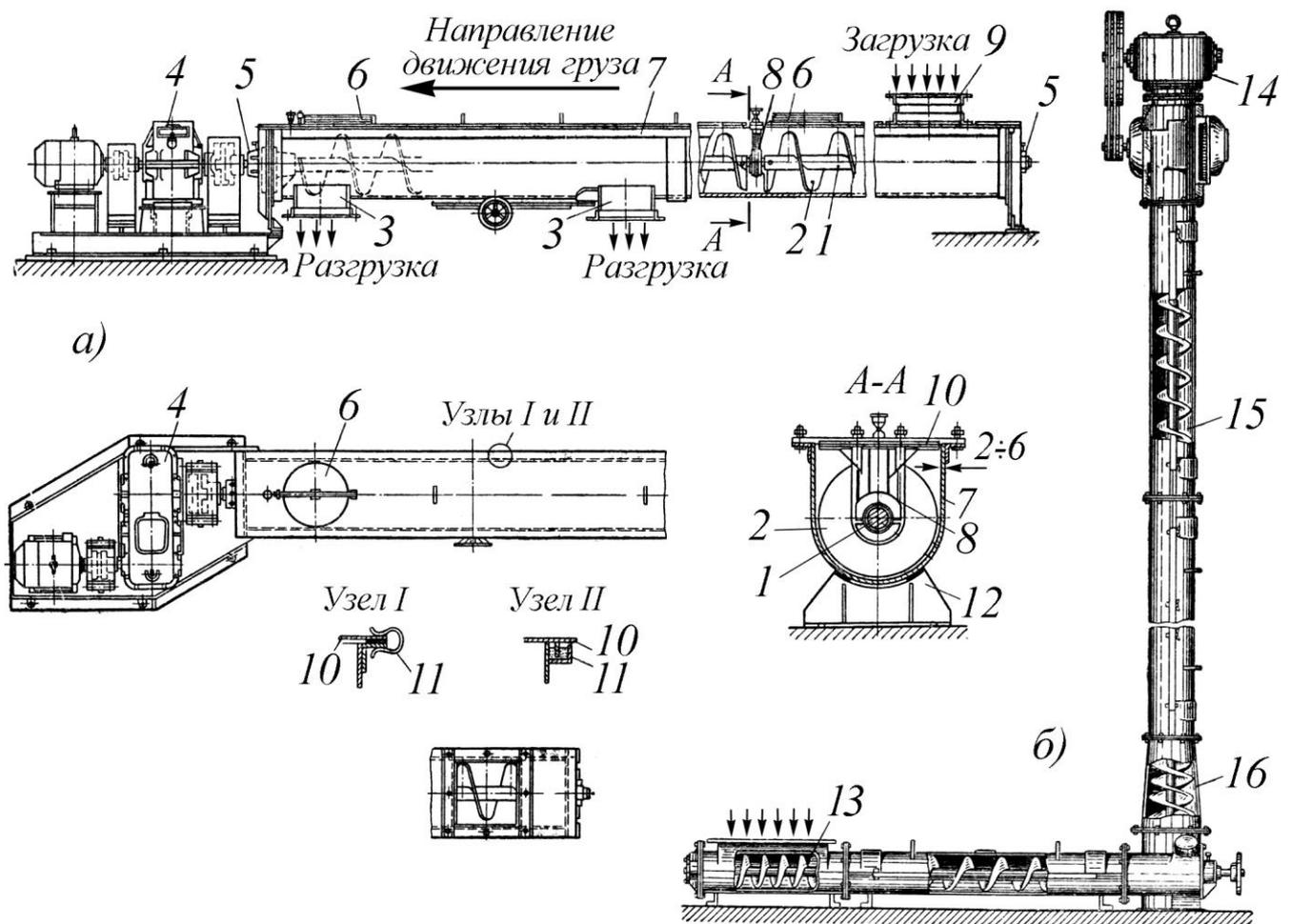
Принцип действия винтовых транспортеров основан на использовании осевой движущей силы, возникающей при вращении винтовой поверхности с углом подъема  $\alpha$ . Груз перемещается аналогично движению гайки по винту.

Винтовой (шнековый) транспортер представляет собой стационарную (рис.31–34) или передвижную (рис.35–37) установку. Рабочим органом винтового транспортера является винт 2 (рис.31а), заключенный в желоб 7. Вал 1 винта лежит в концевых 5 и промежуточных 8 подшипниках и приводится в движение двигателями через соосный зубчатый редуктор 4 (или через ременную передачу). Материал, поступивший в желоб через загрузочное устройство 9, проталкивается винтом вдоль желоба, выполняющим роль «гайки». Разгрузка происходит через разгрузочные люки 3, устанавливаемые в любом месте днища желоба. Разгрузочные люки можно закрыть или открыть задвижкой. Желоб крепится к фундаменту стойками 12, установленными по концам и по длине желоба. Передвижение материала винтовыми транспортерами осуществляется в горизонтальном (рис.31а), вертикальном (рис. 31б) и наклонном направлении.

В сельском хозяйстве винтовые транспортеры используют для транспортирования зернофуражных продуктов, комбикормов, корнеклубнеплодов, полужидких кормовых смесей, сеной резки,

силоса в кормозаготовительных цехах; навоза, торфа, соломы, сена и травы на фермах; на складах и перевалочных пунктах их применяют для перевалки и погрузки зерна, муки, удобрений, топлива (орешковый уголь) и др.

Транспортер составлен из отдельных секций длиной до 3 м. Секции устанавливают на полу, штабеле и пр. горизонтально или наклонно.



а) схема устройства винтового транспортера; б) общий вид.

Рисунок 31 – Стационарный винтовой транспортер.

Винтовые транспортеры для массовых грузов широко используют как часть сложной машины; кроме того, винтовые устройства применяют в сельскохозяйственных машинах для

непрерывного прессования, разминания кормов, отжатия соков и других технологических процессов.

К недостаткам винтовых транспортеров относятся истирание и дробление перемещаемого груза и повышенный расход мощности по сравнению с транспортерами других типов, той же производительности.

Размеры винтовых транспортеров (шнеков) для сельского хозяйства нормированы ГОСТ 2705–64. Наружные диаметры винтов согласно этому ГОСТу равны 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500 и 630 мм. Шаг винта принят от 50 до 1000 мм. Изготавливают винтовые транспортеры длиной до 60 м и производительностью до 300 т/ч.

На рис. 31б изображен стационарный вертикальный винтовой транспортер. Он состоит из тех же элементов и предназначен для перемещения таких же (кроме абразивных) грузов, что и горизонтальный. Загрузка транспортера производится горизонтальным шнековым питателем в вертикальную загрузочную секцию 16 с двухзаходным винтом. Промежуточные секции 15 имеют сплошной однозаходный винт. Привод 2 от электродвигателя с редуктором. Высота подъема вертикального винтового транспортера достигает 30 м, объемная производительность до 170 м<sup>3</sup>/ч, наружный диаметр винта до 400 мм.

Современные склады и транспортные узлы могут включать в себя разные типы и виды винтовых транспортеров.

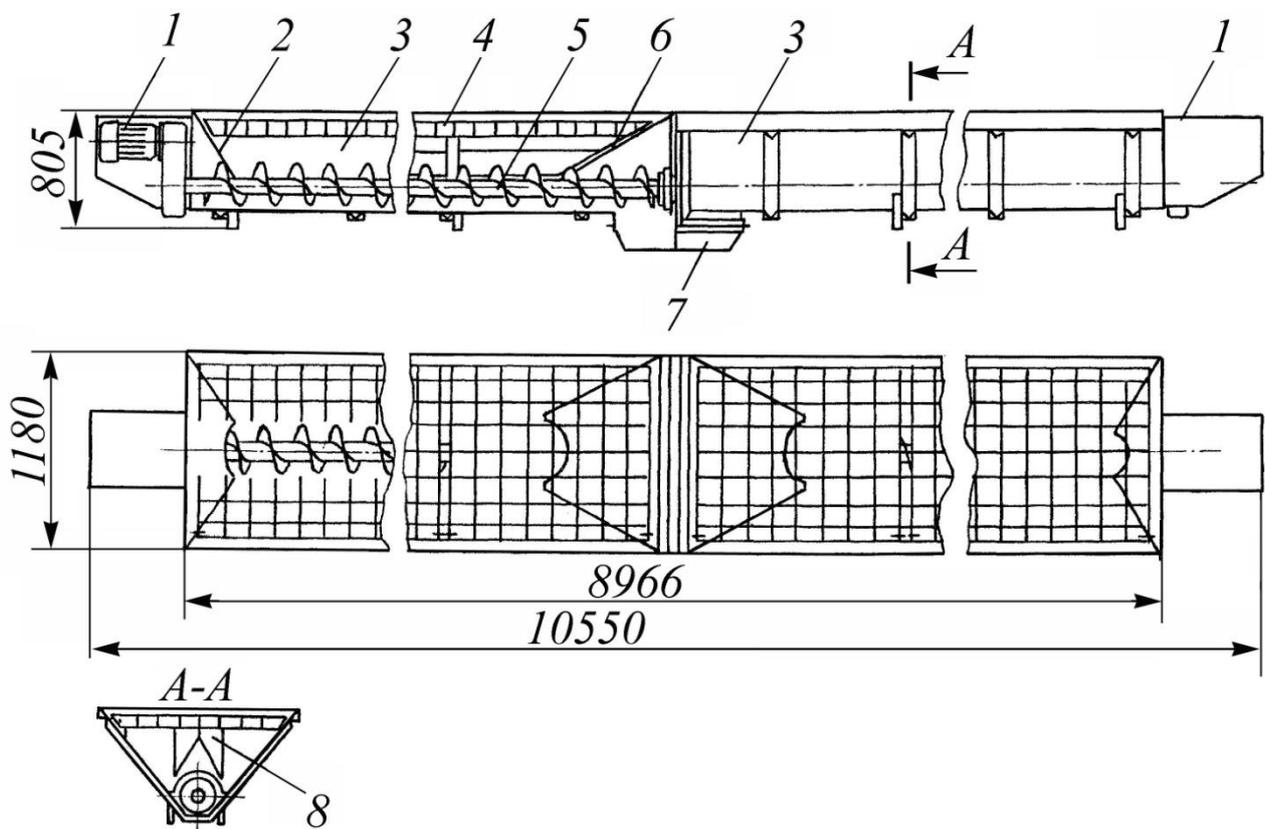
#### **4.2. Передвижные и стационарные винтовые транспортеры**

Например, на зерноскладах или складах минеральных удобрений может применяться следующий комплекс

высокопроизводительного оборудования, составленный из стационарных винтовых транспортеров (ГНУ ВНИМС, г.Рязань): бункера приемного БП-3,0М (рис. 32), транспортера горизонтального винтового КВГ-4/2 (рис. 33) и транспортера вертикального винтового КВВ-7,3 (рис. 34).

### Бункер приемный БП-3,0М

Бункер приемный БП-3,0М (модернизированный) (рис. 32) является стационарным средством механизации приемных устройств для выгрузки минеральных удобрений и других насыпных грузов из автомобильного транспорта и железнодорожных вагонов. В зависимости от характеристики обслуживаемого подвижного состава приемные устройства могут комплектоваться одним, двумя или тремя бункерами.



1– приводы шнеков; 2, 6– наклонные торцевые стенки; 3– желоб;  
4– решетки; 5– шнеки; 7– выгрузной патрубок; 8– разгрузочная горка.

Рисунок 32 – Бункер приемный БП-3,0М.

Бункер (рис. 32) состоит из двухсекционного V-образного желоба 3, в нижней части которого установлены шнеки 5, работающие по собирательной схеме. Каждый шнек имеет индивидуальный привод 1, состоящий из электродвигателя и редуктора. В средней части бункер имеет выгрузной патрубок 7. Для предотвращения попадания в зону транспортирования инородных предметов и крупных включений бункер снабжен откидными решетками 4, а для снижения давления столба насыпного груза на шнеки - разгрузочными П-образными горками 8, жестко связанными с откидными решетками. Каждая секция бункера снабжена торцевыми наклонными стенками 2 и 6, которые защищают подшипниковые опоры шнеков от напрессовывания транспортируемого материала и самопроизвольного его истечения из выгрузного патрубка.

Истекающий из люков вагона или кузова автомобиля насыпной груз просыпается через решетки и, обтекая разгрузочные горки, поступает к виткам шнеков, которыми перемещается к выгрузному патрубку, через отверстие которого подается на последующее транспортное звено.

Приемные бункеры обеспечивают минимальное заглубление строительной части приемных устройств, разгрузку вагона с одной его установки при полном открытии люков и дозированную подачу насыпного груза на последующее транспортное звено.

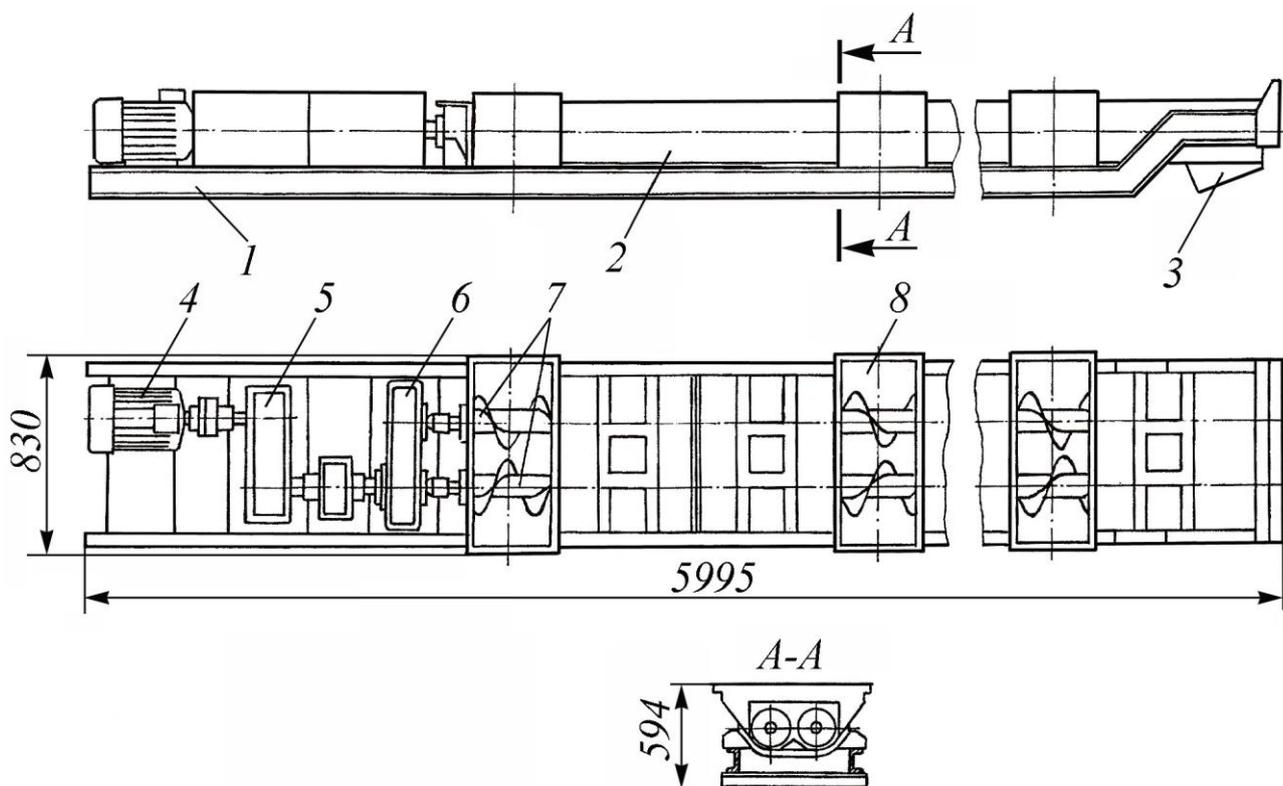
#### Техническая характеристика

Вместимость, м <sup>3</sup>	3,0;
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	40,0;
Фронт разгрузки, м	8,9;
Параметры шнеков, мм:	
диаметр	250,0;

шаг винта	200,0;
Частота вращения, мин. <sup>-1</sup>	38,0;
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	8,0;
Габаритные размеры, мм:	
длина	10550;
ширина	1180;
высота (без патрубка)	810;
Масса, кг	2400.

### Транспортер горизонтальный винтовой КВГ–4/2

Горизонтальный винтовой транспортер (рис. 33) предназначен для приема минеральных удобрений и других насыпных грузов из трех поперечно размещенных бункеров БП-3,0М приемного устройства и передачи их на последующее транспортное звено.



1– рама; 2– желоб; 3– выгрузной патрубок; 4– электродвигатель;  
5– редуктор; 6– раздаточная коробка; 7– шнеки; 8– загрузочные окна.

Рисунок 33 – Транспортер горизонтальный винтовой КВГ–4/2.

Транспортер (рис. 33) состоит из U-образного желоба 2, в котором установлены два синхронно вращающихся шнека 7 с правой и левой навивкой рабочей спирали. Желоб установлен на раме 1, имеет три загрузочных окна 8 и выгрузной патрубок 3. Электропривод транспортера включает в себя электродвигатель 4, одноступенчатый редуктор 5 и раздаточную коробку 6.

#### Техническая характеристика:

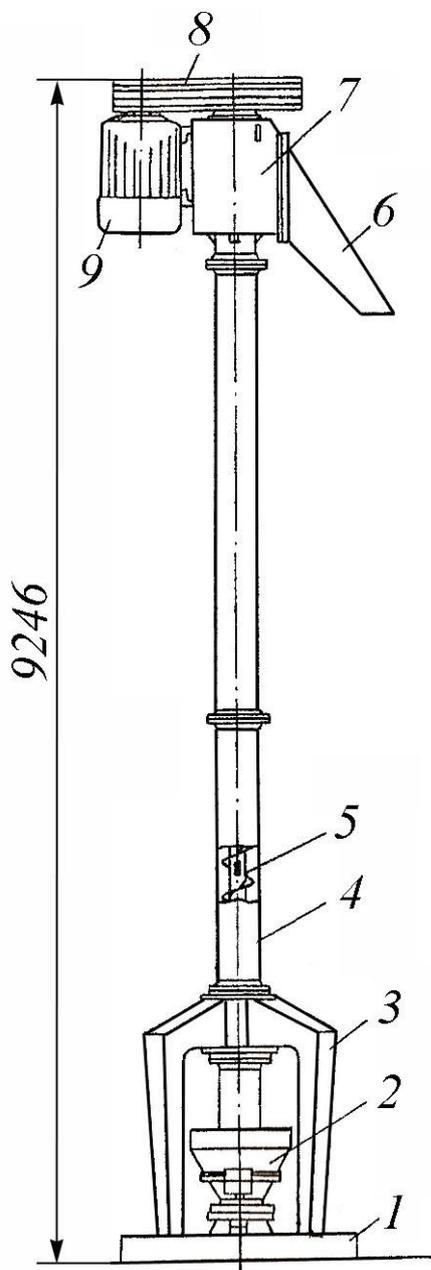
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	120,0;
Длина транспортирования, м	3,9;
Параметры шнеков, мм:	
диаметр	250;
шаг винта	250;
Мощность электропривода, кВт	15,0;
Габаритные размеры, мм:	
длина	5995;
ширина	830;
высота	594;
Масса, кг	1100.

#### **Транспортер вертикальный винтовой КВВ-7,3**

Вертикальный винтовой транспортер (рис. 34) предназначен для перемещения минеральных удобрений и других насыпных грузов и может быть использован в различных схемах механизации пунктов приема и складирования насыпных грузов.

Данный транспортер (рис. 34) представляет собой самонесущую сборную конструкцию, состоящую из кожуха 4 со шнеком 5, опирающихся через портал 3 на основание 1. Загрузочная секция конвейера имеет бункер, выполненный в виде конической воронки 2, снабженной вибратором. Разгрузочная

секция выполнена в виде кольцевой камеры 7 с выгрузным патрубком 6. Привод шнека – от электродвигателя 9 через клиноременную передачу 8.



- 1– основание; 2– бункер загрузочный; 3– портал; 4– кожух;  
 5– шнек; 6– выгрузной патрубок; 7– кольцевая камера;  
 8– клиноременная передача; 9– электродвигатель.

Рисунок 34 – Транспортер вертикальный винтовой КВВ–7,3.

Техническая характеристика:

Производительность, м <sup>3</sup> /ч	120;
Высота транспортирования, м	7,3;

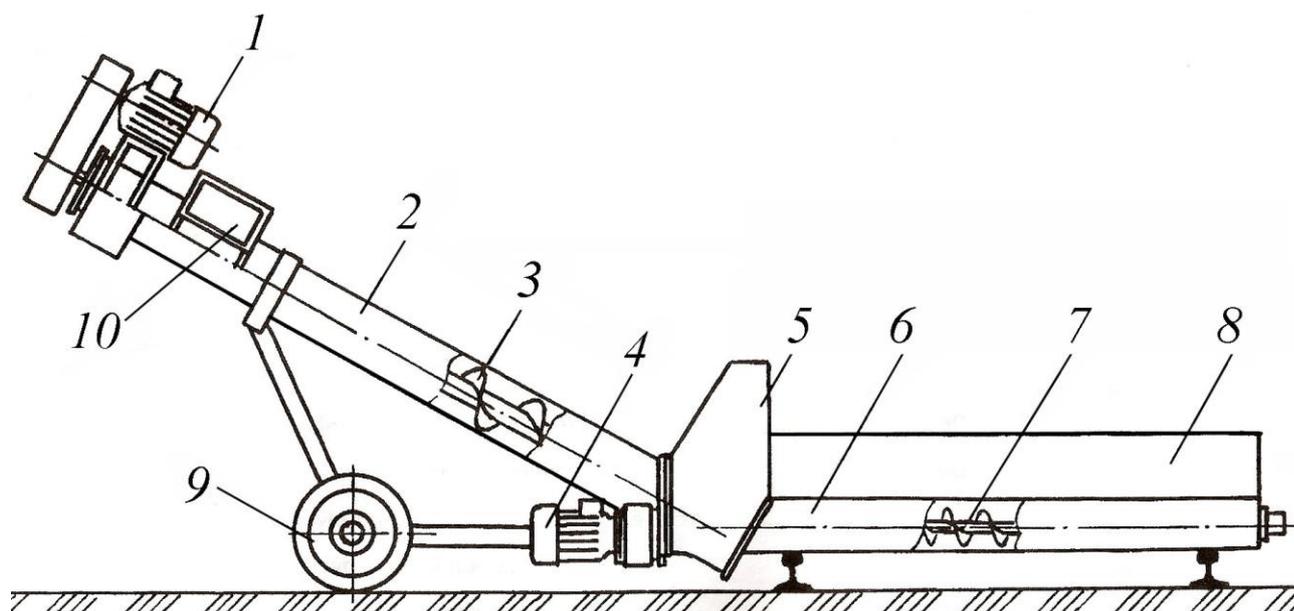
Параметры шнека:

частота вращения, мин <sup>-1</sup>	410;
диаметр винта, мм	300;
шаг винта, мм	190;
Мощность электродвигателя, кВт	22;
Масса, кг	3500.

Высокопроизводительные передвижные винтовые транспортеры конструкции ГНУ ВНИМС г.Рязань изготавливают на ходовых колесах (рис.35–36).

### Транспортер передвижной приемный винтовой КВП-50

Данный транспортер предназначен для выгрузки минеральных удобрений и других насыпных грузов из железнодорожных вагонов-хопперов для цемента и зерна и подачи их на последующее транспортное звено. Может применяться и при разгрузке автомобилей-самосвалов с зерном или минеральными удобрениями.



- 1– электродвигатель наклонного шнека; 2– кожух наклонного шнека;  
3– наклонный шнек; 4– электроприводы горизонтальных шнеков;  
5– перегрузочная камера; 6– приемный лоток; 7– горизонтальные шнеки;  
8– откидные борта; 9– рама с ходовыми колесами; 10– пульт управления.

Рисунок 35 – Транспортер передвижной приемный винтовой КВП-50.

Транспортер (рис. 35) состоит из приемного лотка 6 U-образной формы с двумя горизонтальными шнеками 7, перегрузочной камеры 5, наклонного шнека 3, заключенного в кожух 2, электроприводов 1 и 4 шнеков, опорно-ходовой части 9 и пульта управления 10. Приемный лоток транспортера снабжен откидными бортами 8. Привод горизонтальных шнеков осуществляется мотор-редукторами, а наклонного шнека – от электродвигателя через зубчатую передачу.

Для разгрузки вагона-хоппера транспортер устанавливается под его люком перпендикулярно железнодорожному пути. Использование данного транспортера позволяет осуществлять безбункерную разгрузку вагонов-хопперов, в том числе на подъездных путях общего пользования.

#### Техническая характеристика:

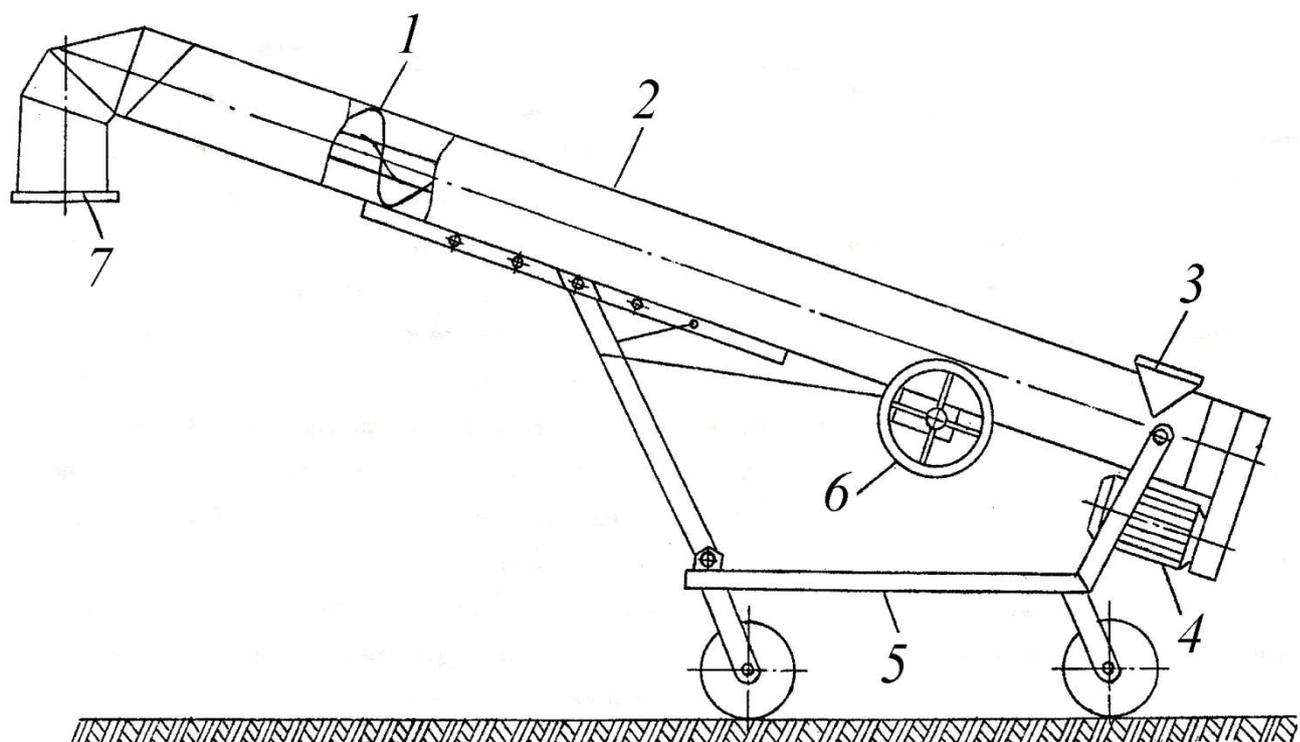
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	50;
Высота отгрузки, мм	900;
Диаметр горизонтальных шнеков, м	125;
Диаметр наклонного шнека, мм	250;
Суммарная мощность электропривода, кВт	9;
Масса, кг	420;
Габаритные размеры, мм:	
длина	5200;
ширина	970;
высота	1950.

#### **Транспортер передвижной наклонный винтовой КВН-50**

Транспортер передвижной наклонный винтовой КВН-50 (рис. 36) предназначен для загрузки автомобильного транспорта минеральными удобрениями и другими насыпными грузами и

используется в комплексе с приемным винтовым конвейером КВП-50.

Транспортер (рис. 36) состоит из шнека 1, заключенного в кожух 2, загрузочного патрубка 3, электропривода шнека, опорно-ходовой части лебедки с ручным приводом 6, выгрузного патрубка 7, и пульта управления электроприводом. Привод шнека осуществляется от электродвигателя 4 через зубчатую передачу.



- 1– наклонный шнек; 2– кожух шнека; 3– загрузочный патрубок;  
 4– электропривод шнека; 5– рама с ходовыми колесами;  
 6– лебедка; 7– выгрузной патрубок.

Рисунок 36 – Транспортер передвижной наклонный винтовой КВН–50.

#### Техническая характеристика:

Производительность, м <sup>3</sup> /ч	50;
Высота отгрузки макс, мм	3300;
Мощность электродвигателя, кВт	5,5;
Параметры шнека:	
диаметр, мм	250;

шаг винта, мм	200;
Габаритные размеры, мм:	
длина	5200;
ширина	1600;
высота	3700;
Масса, кг	420.

На рис. 37 представлена созданная ГНУ ВНИМС г.Рязань передвижная конструкция винтового транспортера, устанавливаемая на кузов серийного автомобиля-самосвала на примере автомобиля ЗИЛ–4546.

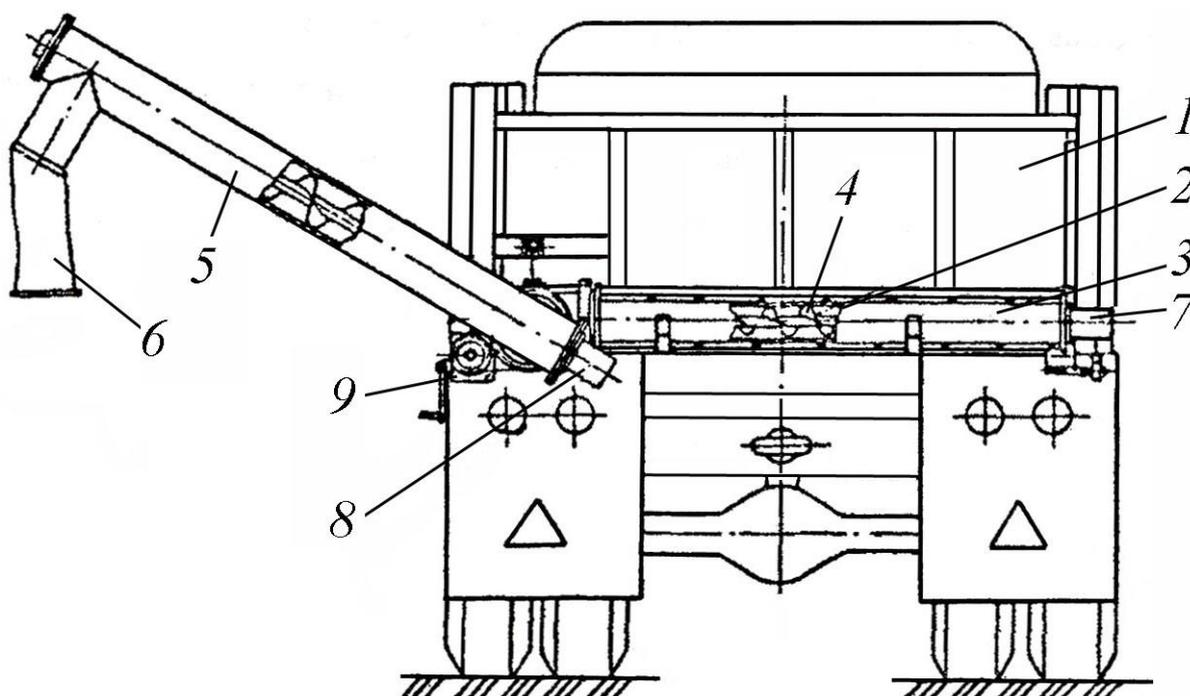
Устройство загрузочное, монтируемое на кузов автомобиля–самосвала ЗИЛ-4546

Устройство загрузочное, монтируемое на кузов автомобиля-самосвала ЗИЛ–4546 (рис. 37) предназначено для механизированной перегрузки минеральных удобрений и семенного материала в специальные машины для внесения удобрений и зернотуковые агрегаты. Монтируется в задней части кузова автомобиля–самосвала вместо штатного заднего борта.

Устройство состоит из сменного заднего борта 1, заборного шнека 3 с кожухом 4, открытая часть которого совмещена с выгрузным щелевым отверстием 2 в заднем борту, и отгрузочного шнека 5, снабженного гибким рукавом 6. Привод шнеков осуществляется от гидромоторов 7–8, соединенных с гидросистемой автомобиля. В транспортном положении отгрузочный шнек размещается вдоль заднего борта параллельно заборному шнеку, В рабочее положение отгрузочный шнек устанавливается с помощью лебедки с ручным приводом 9 или гидроцилиндра.

### Техническая характеристика:

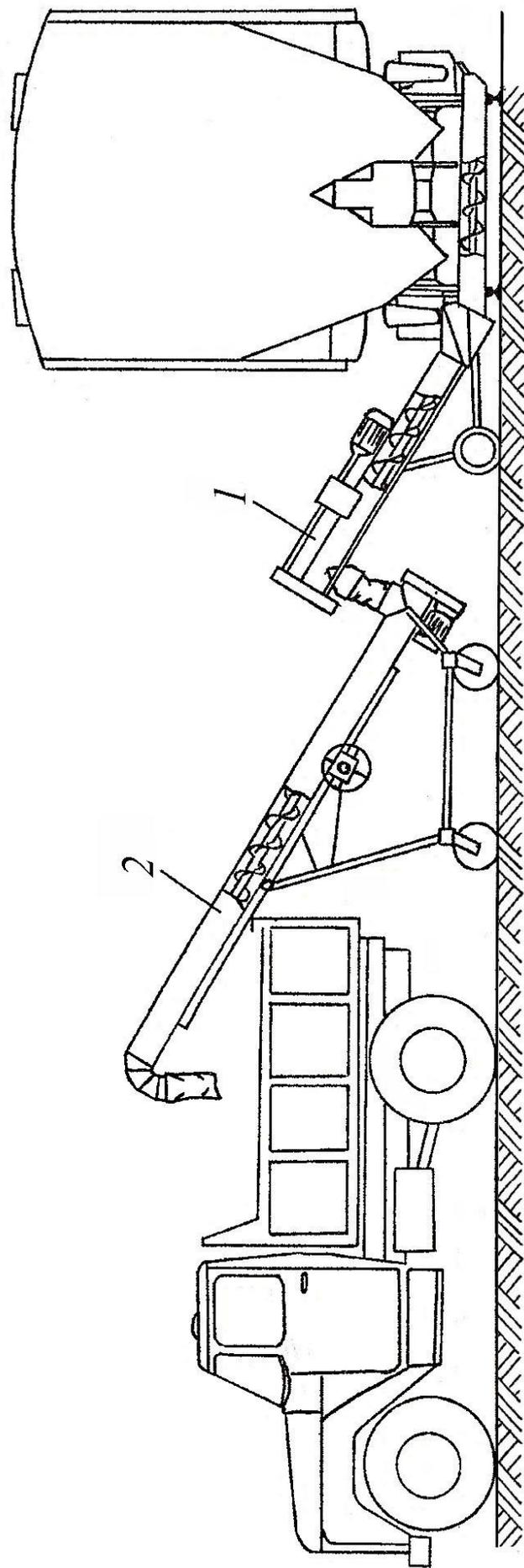
Производительность, т/ч	20-25;
Высота отгрузки, мм:	
максимальная	2400;
минимальная	1800;
Вылет выгрузного шнека, мм	1500;
Масса, кг	250.



- 1– сменный задний борт; 2– выгрузное окно; 3– заборный шнек;  
 4– кожух заборного шнека; 5– отгрузочный шнек; 6– гибкий рукав;  
 7, 8– гидромоторы; 9– лебедка с ручным приводом.

Рисунок 37 – Устройство загрузочное для кузова самосвала ЗИЛ–4546.

Рассмотрим высокопроизводительный погрузочно–разгрузочный цикл (рис.38), предусматривающий выгрузку зерна или минеральных удобрений из вагона типа хоппер–цементовоз в кузов автомобиля–самосвала с использованием передвижных винтовых транспортеров, представленных на рис.35–36.



1— транспортер передвижной приемный винтовой; 2— транспортер передвижной наклонный винтовой.

Рисунок 38 – Схема выгрузки зерна или удобрений из вагона типа хопер–цементовоз с использованием передвижных винтовых транспортеров.

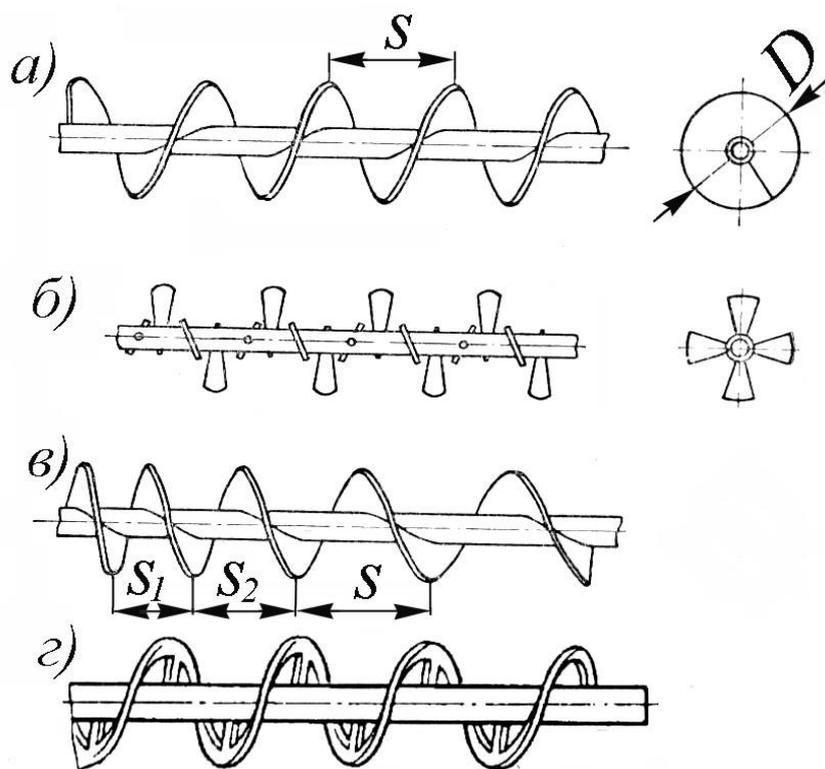
Преимущества винтовых транспортеров – надежность, простота и компактность, герметичность и возможность разгрузки практически в любом месте по длине трассы. Недостатки: они по сравнению с погрузчиками других типов имеют худшие экономические показатели: требуют большего расхода энергии; трудоемкость их обслуживания выше, помимо сказанного имеет место дробление и истирание груза, а также попадание металлических частиц в перемещаемый груз вследствие изнашивания рабочих поверхностей винта и кожуха.

### **4.3. Основные элементы конструкции винтовых транспортеров**

*Винты* винтовых транспортеров состоят из вала с прикрепленными к нему витками. Валы с  $d$  более 30 мм в большинстве случаев выполняют полыми из стальных труб. По форме поверхности витков различают винты со сплошными, ленточными и лопаточными витками (рис.39).

Сплошные винты бывают (рис.39а) однозаходные (одноходовые) с постоянным и переменным шагом (рис.39в) и двухходовые. Одно- и двухходовые винты со сплошными витками используют для перемещения насыпных грузов (зернистых, мелкокусковых и порошковых). Одноходовые сплошные винты  $D=400-600$  мм применяют, кроме того, для транспортирования волокнистых материалов (сена, соломы, необмолоченной хлебной массы). В транспортерах для перемещения волокнистых материалов (во избежание забивания винта) необходимо, чтобы длина волокна не превышала длину винтовой линии одного витка, измеренной по диаметру вала.

Двухходовые винты устанавливают преимущественно в питателях и наклонных транспортерах.



а), в) со сплошными витками; б) с лопаточными витками;  
 г) с ленточными витками.

Рисунок 39 – Основные конструкции винтов.

Ленточные винты (рис.39г) применяют для транспортирования корнеплодов и других крупнокусковых, а также сыпучих материалов.

Лопастные винты (рис.39б) используют для перемещения слеживающихся материалов и в смесителях.

Винты транспортеров, желоба которых составлены из секций, собирают из отдельных частей, длину которых выбирают в соответствии с длиной секции желоба. Винты быстроходных транспортеров предпочтительнее изготавливать цельными во избежание установки промежуточных опор.

Винт опирается на концевые подшипники. Одна из подшипниковых опор должна быть только вращательной – для восприятия осевой нагрузки. Данную опору размещают таким образом, чтобы вал винта при восприятии осевой нагрузки работал

на растяжение. Однако, при длине винта более 6 м, во избежание изгиба и застопоривания винта необходимо устанавливать промежуточные опоры. Все подшипниковые узлы винтовых транспортеров должны быть защищены от попадания пыли и частиц груза.

Витки винтов изготовляют из листовой или полосовой стали и приваривают к валу. В первом случае полученную предварительно плоскую заготовку растягивают на величину шага (рис.39г). Основными размерами винта являются его наружный диаметр  $D$  и шаг  $s$ .

Характеристики винтов горизонтальных транспортеров, применяемых в сельском хозяйстве, даны в табл. 18, вертикальных – в табл. 19.

Таблица 18 – Характеристика винтов горизонтальных транспортеров

Род груза	Наружный диаметр $D$ , мм	Коэффициент $\varphi$	Частота вращения винта $n$ , об/мин	Диаметр вала винта	Радиальный зазор $\lambda$ , мм	Коэффициент заполнения, $\psi$
Зерно, комбикорм	60-250	0,8-1,0	400-60	20-80	6-7	0,3-0,4
Полужидкие кормовые смеси	150-250	0,8-1,0	300-100	50-80	4-5	0,9-1,0
Запаренный картофель	200-300	0,6-1,2	5-25	50-80	8-10	0,8-0,9
Сухая и мокрая резка соломы и сена длиной до 150 мм	200-400	0,8-1,0	200-80	100-150	5-6	0,4
Силос, сенная мука, опилки	200-400	0,8-1,0	200-80	100-150	5-6	0,4
Корнеплоды, картофель	200-400	0,6-1,0	60-20	80-100	5-6	0,4
Навоз, и смесь торфоперегнойная	250-300	0,6-1,0	80-60	50-80	5-8	0,6-0,8
Минеральные удобрения, топливо, цемент, песок	250-300	0,6-1,0	80-60	50-80	5-8	0,4-0,5
Колос, сено, солома	400-600	0,8-1,0	300-200	250-300	10-12	0,3

Таблица 19 – Характеристика винтов вертикальных транспортеров

Род груза	Наружный диаметр $D$ , мм	Коэффициент $\varphi$	Частота вращения винта $n$ , об/мин	Диаметр вала винта	Коэффициент заполнения, $\psi$
Зерно	80-250	1,0	600-200	20-80	0,3-0,4
Комбикорм и сенная мука	150-250	1,0	400-150	30-80	0,3
Кашеобразные, не слипающиеся продукты	150-250	0,6-0,7	600-150	30-80	0,2–0,5
Корнеплоды, картофель	250-400	0,5-0,6	200-100	50–80	0,2–0,3
Силос, опилки	250-400	1,0	250–100	75-100	0,3–0,5

В винтовых транспортерах общего назначения шаг винта обычно определяют из выражения:

$$s = \varphi D, \quad (32)$$

где:  $\varphi$  – коэффициент, учитывающий межвитковое расстояние,  $\varphi=0,8\div 1,2$ .

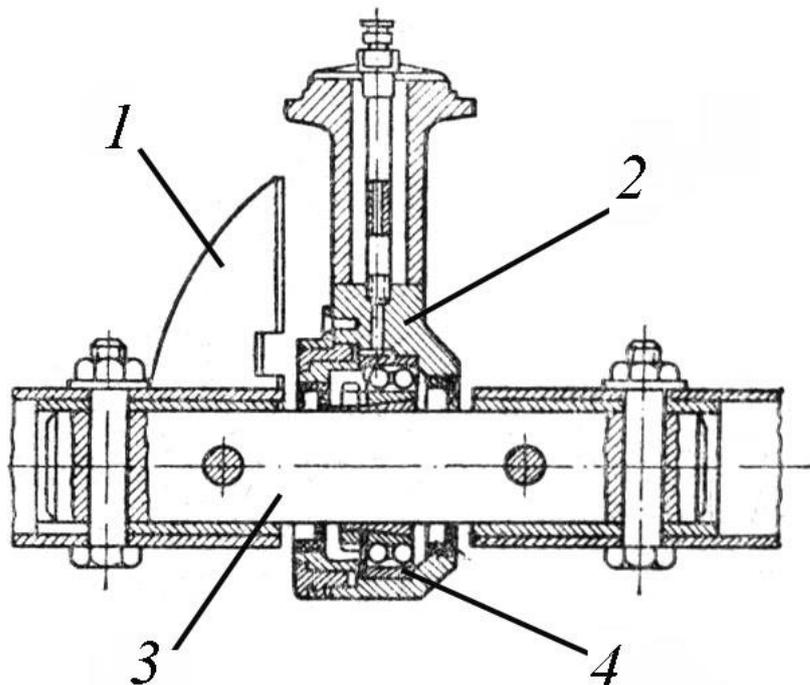
*Желоб* тихоходных винтовых транспортеров иногда делают открытым, но, как правило, на стационарных винтовых транспортерах желоба имеют крышки *10* (см. рис.31а) с уплотнением прокладками и запорным устройством *11*. Желоб выполняют из листовой стали толщиной 2÷6 мм. Также, желоба могут изготавливать из чугуна, алюминиевого сплава и пластмасс. Между желобом и винтом предусматривают зазор величиной от 2 до 12 мм в зависимости от рода перемещаемого груза (см. табл.18).

Желоба длинных транспортеров собирают из секций длиной 2÷4 м. Секции соединяют приварными фланцами из уголкового стали. Для удобства осмотра желоба его крышку делают съемной со смотровыми люками *б* (см. рис.31а).

Передвижные транспортеры имеют закрытый цилиндрический желоб (см. рис.35–36) из листовой стали.

*Подшипники*, в которых лежит вал винта, устанавливают в торцовых стенках желоба, а при большой длине транспортера к перекладине сверху желоба крепят дополнительно промежуточные подвесные подшипники (рис. 40). Подвесные подшипники устанавливают обычно по секциям винта.

В винтовых транспортерах, как правило, вал лежит в подшипниках качения, которые из-за тяжелых условий работы должны быть надежно уплотнены (рис. 40). В тихоходных винтовых транспортерах применяют также подшипники скольжения. Так как вал винтового транспортера испытывает значительные осевые нагрузки, то в одной из концевых опор, кроме радиального, ставят упорный подшипник–подпятник.



1–винт; 2–корпус опоры; 3–ступица; 4–радиальный подшипник.  
Рисунок 40 – Конструкция промежуточной опоры винта.

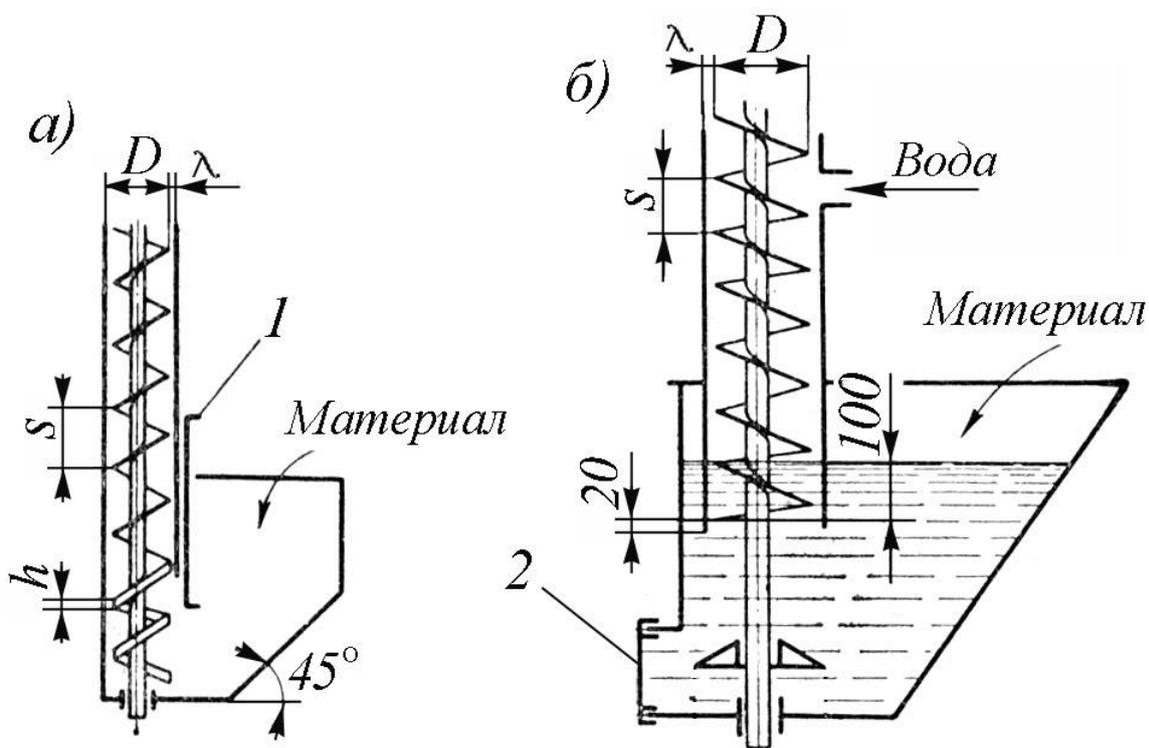
*Привод* у винтовых транспортеров наиболее распространен от электродвигателя или двигателя внутреннего сгорания через редуктор на ременную или цепную передачу. Встречаются, также, конструкции привода, когда крутящий момент подается на вал

шнека непосредственно с компактного червячного редуктора через соединительную муфту.

Загрузочные устройства в большинстве случаев устанавливают на конце транспортера. В горизонтальных и пологонаклонных транспортерах они представляют собой люки 9 (см. рис.31а).

В передвижных наклонных транспортерах (рис.35–36) загрузка из-под навала зерна производится через приемную часть винта, витки которой имеют захватывающие бортики. Эту часть винта, не закрытую желобом, погружают в навал зерна. Винтовые горизонтальные и вертикальные транспортеры загружают через бункер в виде воронки (рис.34), установленный у загрузочного люка. Для регулирования подачи груза бункер снабжают задвижкой для изменения просвета загрузочного отверстия.

На рис. 41а дана схема загрузочного бункера с задвижкой 1 для вертикального винтового транспортера.



1– задвижка бункера; 2– крышка камнеуловителя.

Рисунок 41 – Конструкция загрузочных устройств.

На рис. 41б показан загрузочный бункер вертикального транспортера для перемещения картофеля. При подаче в верхнюю часть желоба чистой воды одновременно с транспортированием происходит обмывание картофеля. Крыльчатка, расположенная в нижней части вала винта, вызывает циркуляцию воды, в результате чего картофель всплывает и захватывается витками винта. Тяжелые примеси (почва и камни) опускаются на дно, и их периодически удаляют через крышку камнеуловителя 2.

Для равномерной загрузки вертикальных винтовых транспортеров применяют питатели 13, 16 (см. рис.31б). Захватывающая часть вертикального транспортера, представляющего собой двухзаходный винт со сплошными витками переменного шага и диаметра, обеспечивает плавный переход скоростей движения материала: от малой в питателе к более высокой в вертикальном транспортере.

*Разгрузочным устройством* винтовых транспортеров служат люки с задвижками, установленными в днище желоба. Привод задвижек может быть ручной или дистанционный с помощью электро-, пневмо- и гидропривода. Разгрузочные люки могут быть установлены в любом месте желоба.

#### **4.4. Пример расчета винтового транспортера**

Рассчитать винтовой транспортер загрузчика зерна производительностью  $Q=10$  т/ч (2,78 кг/с) с углом наклона  $\beta=45^\circ$  и высотой загрузки  $H=1,5$  м (рис.42). Длина горизонтального перемещения груза  $L=1,5$  м.

По табл. 18, 19 для зерна по условию сохранности груза рекомендуемая частота вращения винта составляет  $n=60\div 400$  об/мин. Принимаем  $n=250$  об/мин.

Угловая скорость винта:

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 250}{30} = 26,2 \text{ рад/с.} \quad (33)$$

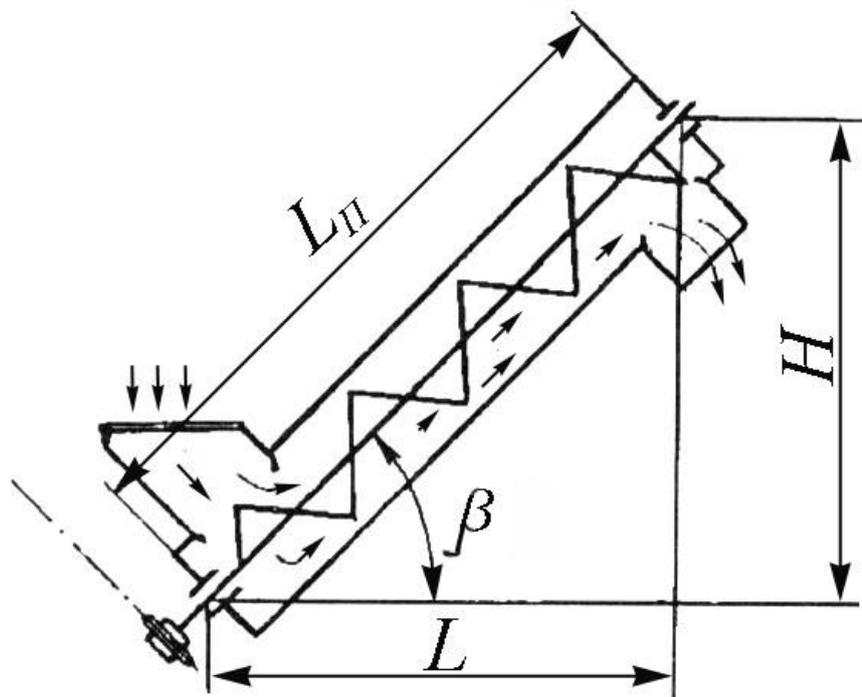


Рисунок 42 – Схема к расчету винтового транспортера.

Расчетный диаметр винта определяем по формуле:

$$D = \sqrt[3]{\frac{8Q}{\psi \rho \varphi \omega}} \text{ м,} \quad (34)$$

где:  $\psi=0,3$ – коэффициент, определяемый по табл. 18;  $\rho=800 \text{ кг/м}^3$  – плотность груза (зерна);  $\varphi$ – коэффициент, учитывающий межвитковое расстояние,  $\varphi=1$ .

Подставим полученные данные в выражение (34):

$$D = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 2,78}{0,3 \cdot 800 \cdot 26,2}} = 0,15 \text{ м.} \quad (35)$$

Принимаем диаметр винта  $D=150 \text{ мм}$ .

Определим другие основные геометрические параметры винта.

Шаг винта вычислим по формуле (32):

$$s = \varphi D = 1 \cdot 150 = 150 \text{ мм.} \quad (36)$$

Угол наклона винтовой линии:

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{s}{D}. \quad (37)$$

Подставим полученные величины в выражение (37):

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{150}{150} = \operatorname{arctg} 1 = 45^\circ. \quad (38)$$

Полная длина транспортера:

$$L_{\Pi} = \frac{H}{\cos 45^\circ} \text{ м.} \quad (39)$$

Подставим в выражение (39) численные значения:

$$L_{\Pi} = \frac{1,5}{0,707} = 2,12 \text{ м.} \quad (40)$$

Мощность, необходимая для привода:

$$P = gQ(L + H)K_C K_D \text{ Вт,} \quad (41)$$

где:  $K_C$  – коэффициент сопротивления движению груза, зависящий от вида груза: для сыпучих и легких грузов  $K_C = 1,2 \div 2,5$ , для плотных, связных и тяжелых –  $K_C = 2,5 \div 5$ ;  $K_D$  – коэффициент, учитывающий дополнительные сопротивления движению от сил инерции, перемешивания груза и др.  $K_D = 1,5 \div 4,5$  (верхние значения для вертикальных транспортеров).

Определим мощность привода из выражения (41), приняв  $K_C = 1,5$ ,  $K_D = 3,0$ :

$$P = 9,81 \cdot 2,78(1,5 + 1,5)1,5 \cdot 3 = 368,2 \text{ Вт.} \quad (42)$$

Требуемая мощность электродвигателя:

$$P_{\text{э}} = \frac{PK_{\text{ДВ}}}{\eta} \text{ Вт}, \quad (43)$$

где:  $K_{\text{ДВ}}$  – коэффициент запаса мощности двигателя для преодоления перегрузок,  $K_{\text{ДВ}}=1,3 \div 1,5$ ;  $\eta$  – КПД механизма привода.

Определим требуемую мощность электродвигателя привода из выражения (43), приняв  $K_{\text{ДВ}}=1,4$ ;  $\eta=0,8$ :

$$P_{\text{э}} = \frac{368,2 \cdot 1,4}{0,8} = 644,4 \text{ Вт}. \quad (44)$$

Крутящий момент на валу винта транспортера:

$$T = \frac{30P_{\text{э}}\eta}{\pi n} \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (45)$$

По выражению (45) определим крутящий момент на валу винта транспортера:

$$T = \frac{30 \cdot 644,4 \cdot 0,8}{3,14 \cdot 250} = 19,7 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (46)$$

Диаметр выходного конца цапфы вала:

$$d_{\text{ц}} = \sqrt[3]{\frac{5T}{[\tau_{\text{КР}}]}} \text{ мм}, \quad (47)$$

где:  $[\tau_{\text{КР}}]$  – допустимое напряжение материала цапфы,  $[\tau_{\text{КР}}]=15 \div 20$  МПа.

Из формулы (47) определим диаметр выходного конца цапфы вала, подставив  $T=19,7 \cdot 10^3$  Н·мм, и приняв  $[\tau_{\text{КР}}]=15$  МПа:

$$d_{\text{ц}} = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot 19,7 \cdot 10^3}{15}} = 18,73 \text{ мм}. \quad (48)$$

Принимаем  $d_{\text{ц}} = 19$  мм.

Диаметр вала винта:

$$d_{\text{в}} = d_{\text{ц}} + (0,1 \dots 0,2)D \text{ мм}. \quad (49)$$

Из выражения (49) определим диаметр вала винта:

$$d_B = 19 + 0,1 \cdot 150 = 34 \text{ мм.} \quad (50)$$

Принимаем диаметр вала винта  $d_B=40$  мм.

Диаметр посадочного места подшипника:

$$d_{II} = d_{II} + 1 \dots 5 \text{ мм.} \quad (51)$$

Тогда определим диаметр посадочного места подшипника:

$$d_{II} = 19 + 1 = 20 \text{ мм.} \quad (52)$$

Для верхней вращательной, ограничивающей осевое перемещение, опоры  $A$  (рис.43) по нормативам выбираем роликовый радиально-упорный подшипник 7204 легкой серии, для нижней, вращательно-поступательной опоры  $B$  – шариковый радиальный подшипник 204 легкой серии.

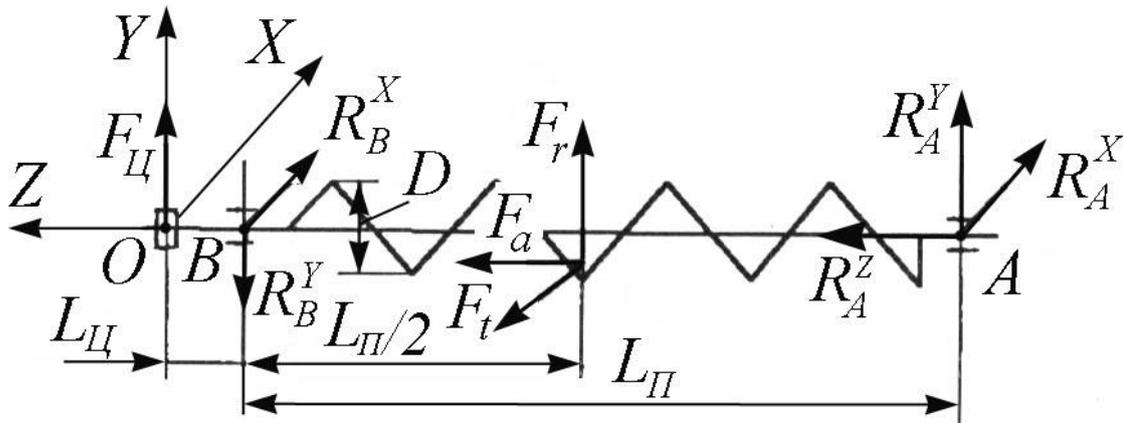


Рисунок 43 – Схема к расчету сил и реакций в подшипниках винта.

Определяем силы, действующие на винт.

Окружная сила, действующая на винт:

$$F_t = \frac{2T}{K'D} \text{ Н,} \quad (53)$$

где:  $K'$ – коэффициент, учитывающий положение равнодействующей сил сопротивления вращению винта,  $K'=0,7 \div 0,8$ .

Найдем окружную силу, действующую на винт из выражения (53), подставив  $K'=0,75$ ;  $D=0,15$  м:

$$F_t = \frac{2 \cdot 19,7}{0,75 \cdot 0,15} = 350,2 \text{ Н}, \quad (54)$$

Радиальная сила, действующая на винт:

$$F_r = F_t \operatorname{tg} \gamma_c \text{ Н}, \quad (55)$$

где:  $\gamma_c$  – средний угол подъема винтовой линии, град.

Принимаем из [6]:

$$\operatorname{tg} \gamma_c = 0,45 \frac{s}{D}. \quad (56)$$

Тогда  $F_r$ :

$$F_r = 0,45 F_t \frac{s}{D} = 0,45 \cdot 350,2 \frac{0,15}{0,15} = 157,59 \text{ Н}. \quad (57)$$

Осевая сила, действующая на винт:

$$F_a = \frac{2T}{K'D \operatorname{tg}(\gamma_c + \xi)} \text{ Н}, \quad (58)$$

где:  $\xi$  – угол трения между винтом и грузом, принимаем по [6]  $\xi = 22$  град.

Выразим из выражения (56) угол  $\gamma_c$ :

$$\gamma_c = \operatorname{arctg} \left( 0,45 \frac{s}{D} \right) = 24,2^\circ. \quad (59)$$

Подставим выражение (59) в (58) и найдем осевую силу:

$$F_a = \frac{2 \cdot 19,7}{0,75 \cdot 0,15 \cdot \operatorname{tg}(24,2 + 22)} = 335,85 \text{ Н}. \quad (60)$$

Вычислим реакции в подшипниках вала.

Из расчетной схемы (рис.43) видно, что опора  $A$  допускает лишь чисто вращательное движение, тогда как что опора  $B$  допускает вращательно-поступательное движение.

Определим реакции вдоль оси  $OX$ :

$$R_A^X = R_B^X = \frac{F_t}{2} = \frac{350,2}{2} = 175,1 \text{ Н.} \quad (61)$$

Определим реакции вдоль оси  $OZ$ :

$$R_A^Z = F_a = 335,85 \text{ Н.} \quad (62)$$

Определим реакции вдоль оси  $OY$ :

$$R_A^Y = \frac{2F_{\text{Ц}}L_{\text{Ц}} - F_rL_{\text{П}}}{2L_{\text{П}}} \text{ Н;} \quad (63)$$

$$R_B^Y = F_r + R_A^Y - F_{\text{Ц}} \text{ Н,} \quad (64)$$

где:  $F_{\text{Ц}}$  — усилие, зависящее от типа выбранного привода, определяется опытным путем;  $L_{\text{Ц}}$  — расстояние от опоры  $B$  до точки приложения усилия  $F_{\text{Ц}}$ , принимаем:  $L_{\text{Ц}} = 0,15$  м.

Определим  $F_{\text{Ц}}$  для цепного привода со звездочкой диаметром  $d_{36} = 0,25$  м, тогда:

$$F_{\text{Ц}} = 2 \frac{T}{d_{36}} = 2 \frac{19,7}{0,15} = 262,67 \text{ Н.} \quad (65)$$

Подставим в выражения (63–64) расчетные параметры, тогда получим:

$$R_A^Y = \frac{2 \cdot 262,67 \cdot 0,15 - 157,59 \cdot 2,12}{2 \cdot 2,12} = -60,21 \text{ Н;} \quad (66)$$

$$R_B^Y = 157,59 - 60,21 - 262,67 = -165,29 \text{ Н.} \quad (67)$$

Найдем полные реакции в опорах  $A$  и  $B$ :

$$R_A = \sqrt{(R_A^X)^2 + (R_A^Y)^2 + (R_A^Z)^2} \text{ Н;} \quad (68)$$

$$R_B = \sqrt{(R_B^X)^2 + (R_B^Y)^2} \text{ Н.} \quad (69)$$

Подставим в выражения (68–69) полученные ранее значения составляющих реакций, тогда получим:

$$R_A = \sqrt{(175,1)^2 + (-60,21)^2 + (335,85)^2} = 383,51 \text{ Н}; \quad (70)$$

$$R_B = \sqrt{(175,1)^2 + (-165,29)^2} = 240,79 \text{ Н}. \quad (71)$$

На заключительном этапе проводим расчет подшипников качения на долговечность по методике, изложенной в курсе «Детали машин».

### **Контрольные вопросы**

1. Укажите область применения винтовых транспортеров. 2. Поясните принцип работы винтовых транспортеров. 3. Какие винтовые транспортеры Вы знаете? 4. Дать описание приемному устройству для разгрузки автомобилей-самосвалов. 5. Назовите основные конструктивные элементы передвижных винтовых транспортеров. 6. Каким образом устанавливается винтовое загрузочное устройство для самосвальных кузовов автомобилей? 7. Назовите преимущества и недостатки винтовых транспортеров. 8. Составьте схемы погрузочно-разгрузочных транспортных работ на транспортных узлах с применением автомобилей, основанных на использовании винтовых транспортеров. 9. Перечислите основные этапы расчета винтового транспортера.

## **5. Оборудование транспортеров**

### **5.1. Назначение и устройство современных транспортеров**

**Транспортеры для горячих грузов.** Для безотказной работы транспортеров, работающих при высоких температурах необходимо применять термостойкую конвейерную ленту. Резиновый комбинат в Тюрингии (Германия) разрабатывает и выпускает резиновотросовые ленты, предназначенные для транспортировки насыпных грузов с температурой до 180°C. Данные ленты применяются в основном для транспортировки таких материалов, как цемент, кирпич, котельные шлаки и т. п. Толщина поставляемой ленты 11,5 и 12,5 мм (при диаметре стальных тросов каркаса соответственно 3,5 и 4,5 мм); ширина ленты 750, 1000 и 1200 мм; наибольшая длина - 500 м.

Голландская фирма "Ammeraal", имеющая также свои предприятия и филиалы в Германии, Франции, Великобритании, Австралии, выпускает широкий ассортимент конвейерных лент, в том числе термостойкие и антистатические огнестойкие конвейерные ленты. Термостойкие ленты предназначены для транспортировки грузов с температурой до 500°C. Слои ленты изготавливаются из хлопчатобумажного, полиэфирного материала или стекловолокна. Покрытия из бутылкаучука, кремнийорганических соединений. Антистатические огнестойкие ленты применяются в помещениях, где существует угроза возгорания. Покрытия этих лент выполнены из особых разновидностей поливинилхлорида или неопрена.

Для туннельных морозильных аппаратов (при температуре ниже минус 40°C), а также для водоочистных сооружений фирма выпускает сетчатые и перфорированные морозостойкие ленты. Сетчатые ленты изготавливаются из полиэфирных материалов и

нейлона. Кромки ленты усилены полосами из поливинилхлорида, полиуретана или силиконового каучука.

При температуре 940°C и выше в высокотемпературной и коррозионной среде металлы обычно подвергаются сильному коррозионному разрушению. Эта проблема решена фирмой "Morris Enterprises" (США) путем замены металлических конвейерных лент с никель-хромовым покрытием на ленты с керамическими волокнами. Такой конвейер предназначен для транспортировки материалов в трехсекционную высокотемпературную печь с температурой до 940°C.

В США одна из фирм выпускает специально разработанный волокнистый материал, используемый для изготовления конвейерных лент. Например, материал марки АВ-312 сохраняет модуль упругости, равный 2500 кг·с/мм<sup>2</sup> при температуре до 930°C. Серийно выпускаемое фирмой керамическое волокно может выдерживать продолжительное воздействие температуры до 1427°C и кратковременное воздействие температуры, достигающей 1649°C, без деформаций. Предельно допустимая температура достигает 1816°C.

Составляющие волокно нити диаметром 10-14 мкм сплетены в более толстые круглые и плотные и химически стойкие нити. Эта ткань может быть окрашена в массу. Данная окраска предпочтительнее нанесения поверхностной краски. Волокна свивают и сплетают в ткань. Из этого материала изготавливают огнеупорные и коррозионностойкие прочные конвейерные ленты.

В процессе монтажа транспортеров, оснащенных такими лентами, не требуется большой преднатяг ленты. Поскольку, даже при рабочем режиме 24 ч в сутки, конвейерные ленты должны подтягиваться лишь один раз в месяц. Данный материал обладает

высокой теплопроводностью, что обеспечивает быстрое остывание сильно нагретой конвейерной ленты.

Накопленный опыт показывает, что такие прочные, эластичные, непроницаемые и химически стойкие керамические ткани могут применяться для изготовления конвейерных лент при требованиях высокой термостойкости конвейеров.

Помимо создания термостойких и коррозионностойких конвейерных лент, широкое распространение приобретает защита от интенсивного износа бункеров, течек и поверхностей других узлов современных высокопроизводительных транспортеров. В настоящее время для футеровки бункеров, течек и других узлов выпускаются износостойкие резиновые покрытия, отличающиеся высокой сопротивляемостью к истиранию, а также маслостойкостью.

Для футеровки приводных барабанов транспортеров выпускаются фрикционные, масло- и жаростойкие покрытия с различными профильными рисунками поверхности из однородного поливинилхлорида, резины или полиуретана.

В последнее время для оснащения ленточных транспортеров в мировой практике все чаще применяют мотор-барабаны.

Мотор-барабан объединяет в едином приводном агрегате все необходимые для ленточного транспортера узлы: электродвигатель, редуктор и барабан. При такой компоновке весь привод размещается внутри приводного барабана, что позволяет выполнить конструкцию транспортера компактной и удобной в эксплуатации.

Отсутствие специальной рамы под привод, чугунного корпуса редуктора, соединительных муфт, а также корпуса электродвигателя позволяет выполнить мотор-барабан значительно более легким, чем обычный привод соответствующей мощности.

Благодаря перечисленным преимуществам мотор-барабаны в настоящее время нашли широкое применение в качестве приводных устройств ленточных транспортеров самых различных типов и назначения.

В Польше освоен выпуск широкой номенклатуры мотор-барабанов. Они изготавливаются в следующих исполнениях: Е - европейский климат; ГА - сухие тропики; ТН - влажные тропики; АМ-1 - морской климат,

Краткая техническая характеристика мотор-барабанов приведена в табл. 20.

Таблица 20 – Техническая характеристика мотор-барабанов

Параметры	Тип					
	АМ-1	219	250	315	400	500
Диаметр, мм	219	219	250	315	400	500
Ширина ленты, мм	300	300	400	400	500	650
	400	400	500	500	650	800
	600	500	650	650	800	1000
	800	650	800	800	1000	1200
Скорость ленты, м/с	0,016–0,7	0,08–1,0	0,15–1,6	0,4–1,6	0,8–1,6	1,0–3,15
Мощность, кВт	0,6	0,4	0,8	1,1	1,5	5,5
	0,8	0,8	1,1	1,5	2,2	7,5
	1,1	1,1		2,2	3,0	10,0
				3,0	4,0	

В зависимости от требований потребителя и по согласованию с заводом-изготовителем, мотор-барабаны выпускаются дополнительно оснащенные "блокировкой отката" – роликовым тормозным устройством, предотвращающим обратный ход ленты с грузом, что может иметь место на наклонном транспортере или ленточном элеваторе при выходе из строя привода. Для привода транспортеров с лентой из металлической сетки, элеваторов и дозаторов также по согласованию с изготовителем поставляются

мотор-барабаны со специально выполненной поверхностью барабана.

**Загрузочные самотечные рукава.** Вместе с загрузочными устройствами применяются для загрузки как открытых, так и закрытых грузовых машин и вагонов, а также для загрузки судов. При заполнении автоцистерн и вагонов-цистерн производительность загрузочных устройств достигает более 300 т/ч и при загрузке судов – до 1200 т/ч. Установки для бестарной погрузки (погрузки навалом) находят широкое применение во всем мире для загрузки цемента, зерна, глины, минеральных удобрений, кормов и др.

Одной из ведущих фирм в области создания загрузочных устройств является "Möller" (Германия), которая выпускает рукава двух основных типов, конструкция которых зависит от свойств транспортируемых грузов. Загрузочные самотечные рукава для неабразивных и малоабразивных насыпных грузов состоят из двойных рукавов, выполненных из синтетического волокна. Для предотвращения изгиба рукавов оба рукава снабжены кольцами жесткости и распорными прутками. Загрузочные самотечные рукава для высокоабразивных грузов имеют внутри телескопическую трубу, которая изготавливается в зависимости от свойств насыпного груза: из обычной или износостойкой стали. Для агрессивных грузов применяется легированная сталь.

Через внутренний рукав или трубу транспортируемый материал подается самотеком в транспортное средство; между внутренним и наружным рукавами наверх движется вытесненный из цистерн или контейнеров запыленный воздух, который через очищающий фильтр отводится наружу. Нижняя головка загрузочного самотечного рукава может быть оборудована для загрузки открытых грузовых машин, вагонов и судовых помещений

защитным кожухом от пыли. Этот защитный пылевой кожух имеет коническую форму, расширяющуюся книзу, и закрывает верхнюю часть насыпного конуса, предотвращая выход пыли наружу.

Для загрузки закрытых емкостей (цистерн или контейнеров) самотечный рукав снизу оборудован конической головкой, которая устанавливается на входное отверстие резервуара, обеспечивая герметичное соединение. Входное отверстие нижней головки загрузочного самотечного рукава закрывается запорным конусом, в который встроено выключающее устройство уровня заполнения. Вытесняемый во время процесса погрузки воздух отводится через двойной рукав. Выходное отверстие нижней головки загрузочного самотечного рукава имеет такую конструкцию, что выходящий воздух не захватывает с собой входящий транспортируемый материал.

В верхней головке самотечного загрузочного рукава установлен клапан подсоса дополнительного воздуха. После окончания процесса заполнения и запираания снизу загрузочного самотечного рукава может быть поступать дополнительный воздух. Благодаря этому предотвращается коробление загрузочного самотечного рукава из-за создаваемого работой фильтра снижения давления. В верхнюю головку загрузочного самотечного рукава встроены механизм подъема, позволяющий отводить его после завершения загрузки.

К лебедке подъемного механизма снизу подвешен запорный конус. При включении моторизованной лебедки запорный конус поднимается и закрывает выходное отверстие загрузочного рукава. Затем за запорный конус поднимается весь загрузочный самотечный рукав.

Для заполнения закрытых резервуаров загрузочный самотечный рукав опускается при помощи или лебедки на входной

патрубок цистерны или контейнера под действием собственного веса, конус опускается до соприкосновения с упором, и открывает все сечение выходного отверстия загрузочного самотечного рукава. При соприкосновении с упором запорного конуса, происходит ослабление натяжения каната лебедки и электродвигатель лебедки автоматически выключается. Запорный механизм над загрузочным самотечным рукавом открывается и начинается процесс загрузки. Через двойной рукав выходит вытесненный загружаемым материалом воздух и поступает в фильтровальную установку.

Когда загружаемый в резервуар материал касается зонда выключателя, контролирующего уровень заполнения, отключающее устройство дает команду на запорный механизм – например, на быстродействующий шибер и процесс загрузки автоматически прекращается. Благодаря этому переполнение резервуара невозможно.

Поднятием загрузочного самотечного рукава можно управлять посредством дистанционного клавишного выключателя, причем высота подъема ограничена концевым выключателем.

При применении загрузочных самотечных рукавом с защитным пылевым кожухом для загрузки открытых транспортных средств рукав необходимо постепенно поднимать по мере нарастания насыпного конуса. После каждого приподнимания загрузочного самотечного рукава между защитным кожухом последнего и насыпным конусом сыпучего груза возникает воздушный зазор. В некоторых случаях можно для автоматизации постепенного подъема загрузочного самотечного рукава встроить в нижнюю головку загрузочного рукава выключатель уровня заполнения.

В пылевую воронку встроены два расположенных друг против друга зонда выключающих устройств. Когда в процессе наполнения цистерн насыпной конус груза, например, фосфомуки

(пылевидного минерального удобрения), возрастает до определенного размера, зонды, расположенные в пылевой воронке, посылают команду на электродвигатель лебедки. Лебедка оборудована двумя независимо работающими приводными электродвигателями. Причем, один электродвигатель имеет редуктор, рассчитанный на малые скорости подъема, предусмотренные для автоматических движений загрузочного самотечного рукава.

В процессе наполнения цистерны регулируемое реле времени отключает электродвигатель лебедки подъема загрузочного самотечного рукава. Это значит, что медленное перемещение вверх загрузочного самотечного рукава заканчивается после подъема приблизительно на 200 мм. В это время происходит подача фосфомуки и дальнейший рост насыпного конуса под углом 45°. Когда насыпной конус касается одного из двух зондов выключающих устройств уровня заполнения, загрузочный самотечный рукав поднимается опять наверх моторной лебедкой на такое же расстояние.

Для загрузки нескольких резервуаров транспортных средств, расположенных друг за другом на различном расстоянии, применяется сдвоенная подвижная загрузочная установка со шнековыми транспортерами. Выходной патрубком подающей транспортной установки находится между подвижными загрузочными установками в середине. От выходного патрубка подвод транспортируемого материала разветвляется таким образом, чтобы была возможна поочередная загрузка материалов той или другой подвижной загрузочной установки.

Возможна также одновременная загрузка обеих подвижных загрузочных установок. Под каждой подвижной загрузочной установкой висит загрузочный самотечный рукав. Переход от

шнекового конвейера к загрузочному самотечному рукаву осуществляется под некоторым углом, поскольку загрузочный рукав находится над серединой проездного пути. Для заполнения резервуара транспортного средства первая подвижная загрузочная установка переходит в рабочее положение над входным патрубком данного резервуара, после чего устанавливается загрузочный самотечный рукав и установка приводится в действие.

Во время процесса наполнения одного резервуара может быть переведена в рабочее положение вторая подвижная загрузочная установка. Второй загрузочный самотечный рукав опускается на входной патрубок другого резервуара. При этом не имеет значения расстояние от первого резервуара до второго, так как обе подвижные загрузочные установки работают независимо друг от друга и имеют отдельные подъездные пути.

По такому же принципу производится загрузка транспортных средств с прицепами. Когда наполнен первый резервуар, поток материала просто переключается на вторую подвижную загрузочную установку и начинается наполнение второго резервуара или транспортного средства. Управление потоком материала рассчитано таким образом, что в зависимости от мощности подачи оба загрузочных самотечных рукава могут работать одновременно. Благодаря этому при загрузке транспортных средств подвижной установкой с двумя резервуарами может время загрузки быть сокращено наполовину.

## **5.2. Приводные и натяжные станции**

**Приводные станции** транспортеров выполняют в виде закрытой торцовой секции короба конвейера и располагают в местах максимального натяжения тяговой цепи. Помимо торцовой

секции короба, они включают приводные звездочки, редукторы, двигатели, муфты, а также предохранительные контрольные и очистные устройства. Приводные станции выполняют с принудительным натяжением и самонатяжением сбегающей ветви рабочего органа с одной и двумя (или несколькими) приводными звездочками; с несущими стенками приводной секции короба, когда на них смонтированы подшипники приводных звездочек или весь привод, и разгруженными; без рамы, с общей рамой под секцию короба и привод, с отдельными рамами под секцию короба и привод и с рамой только под привод, а также различной компоновки и мощности. Самонатяжение сбегающей ветви наиболее просто в конструктивном отношении, удобно и надежно в эксплуатации, однако связано с увеличением габаритов приводной станции, что не всегда допустимо. Например, на отечественных транспортерах типа КПС (см. рис.57) самонатяжение успешно достигается за счет силы тяжести тяговой цепи, находящейся между концевым и отклоняющим роликами. Приводные звездочки обязательно оборудуют цепесьемниками и монтируют на специальном валу или непосредственно на консоли вала редуктора. Перед выходом тяговой цепи на приводные звездочки она должна очищаться специальными чистителями от материала, зависшего на ней и скребках. Приводные станции оборудуют разгрузочным люком или специальным проемом для выхода материала, зависшего на рабочем органе и сбрасываемого чистителем или осыпающегося при огибании звездочки и отклоняющего ролика. Для периодического осмотра, чистки и ремонтных работ стенки короба на приводных станциях оборудуют окнами, закрытыми стеклами, смотровыми и ремонтными люками и крышками.

Представляет интерес схема привода транспортера конструкции ВНИИПТМАШа, положенная в основу

параметрического ряда и выполненная в виде обособленного блока. На раме 1 (рис.44) смонтирована плита 2, перемещаемая с помощью винта 8 и оборудованная шарнирно закрепленной площадкой 4 с регулировочным винтом 3. Трехфазный асинхронный электродвигатель 5 и редуктор 7 типа РЦД крепят соответственно на площадке и плите и соединяют клиноременной передачей 6. На консольном валу редуктора устанавливают тяговую звездочку 9, соединительную муфту или звездочку цепной передачи к тяговым звездочкам конвейера. Натяжение клиноременной и цепной передач осуществляется соответственно отклонением площадки и перемещением плиты. Наличие цепной передачи позволяет уменьшать ширину транспортера в области приводных звездочек, наиболее рационально размещать привод в конкретных условиях эксплуатации (под транспортером, сбоку или над ним) и изменять скорость движения рабочего органа (как и при клиноременной передаче).

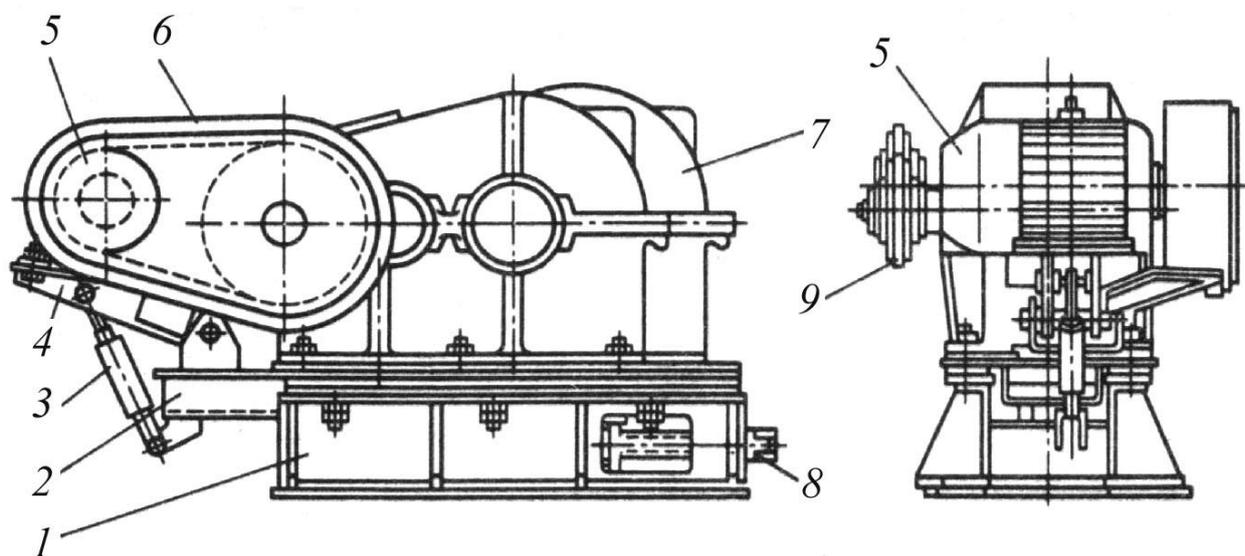


Рисунок 44 – Привод транспортера конструкции ВНИИПТМАШа.

Такие приводы можно устанавливать на транспортерах различных назначений, производительностей и длин при любых

трассах транспортирования груза и относительно небольших мощностях привода.

Если приводные звездочки не монтируют непосредственно на валу редуктора, то подшипники вала звездочек можно крепить к раме приводной станции или к дополнительным жесткостям корпуса приводной станции, оборудованным горизонтальными или вертикальными площадками для корпусов подшипников. В последние годы площадки для крепления корпусов подшипников вала звездочек предпочитают располагать перпендикулярно действующей нагрузке. Для удобства проведения профилактических работ и, особенно для демонтажа звездочек верхнюю часть кожуха оборудуют люками и съемными верхней или задней частями секции. Например, на транспортерах фирмы "Bühler" и предприятий Польши кожух, закрывающий звездочки, можно полностью снимать вместе со смотровым люком и крышкой не только для монтажа звездочек, но и для уборки залегшего материала. При такой компоновке привода легко производить поузловую замену и ремонт, регулировать скорость движения рабочего органа и производительность, подбирать наиболее подходящие двигатели и редукторы не только для определенных транспортеров, но и для конкретных расстояний транспортирования. Компоновка удобна в монтаже и эксплуатации. Однако такая схема привода отличается громоздкостью, относительно большой массой и необходимостью сооружения соответствующих фундаментов или специальных рам для крепления рамы привода.

При необходимости создания специального редуктора для привода транспортера приводную станцию можно выполнять с вмонтированным в нее редуктором. Так, приводные станции *I* (рис.45) конвейеров фирмы "Траскат" (Италия) сваривают из

листовой стали вместе с отделением 2 под зубчатую передачу, которую обычно выполняют из одной пары зубчатых колес с передаточным отношением  $6,3 \div 8$ . Электродвигатель 3, устанавливаемый на площадке 4, выполненной заодно со стенками приводной секции корпуса, передает крутящий момент с помощью клиноременной передачи 5 на вал редуктора 6.

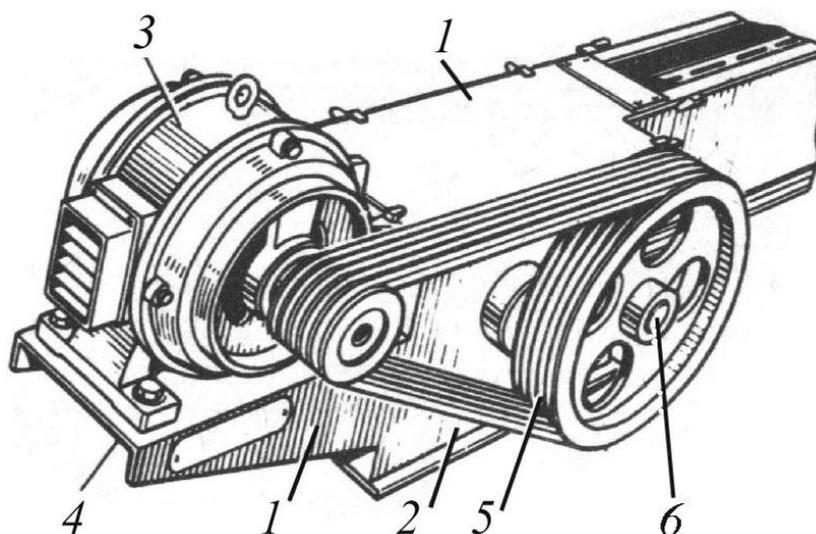


Рисунок 45 – Приводная станция фирмы "Траскат".

Для транспортеров небольшой мощности значительный интерес представляют мотор-редукторы, выпускаемые многими зарубежными фирмами в различных конструктивных исполнениях. Например, мотор-редукторы фирм "Bühler" и "Утва" состоят из соосного редуктора и асинхронного электродвигателя с фланцевым креплением. Редуктор можно оборудовать звездочкой цепной передачи и крепить непосредственно на верхней, нижней и задней стенке приводной секции корпуса или на специальном кронштейне. Если редуктор передает крутящий момент на вал звездочек через муфту, то его устанавливают на специальной раме или кронштейне. При непосредственной передаче крутящего момента с тихоходного вала редуктора на вал звездочек муфта получается относительно громоздкой, однако появляется возможность вмонтировать в нее

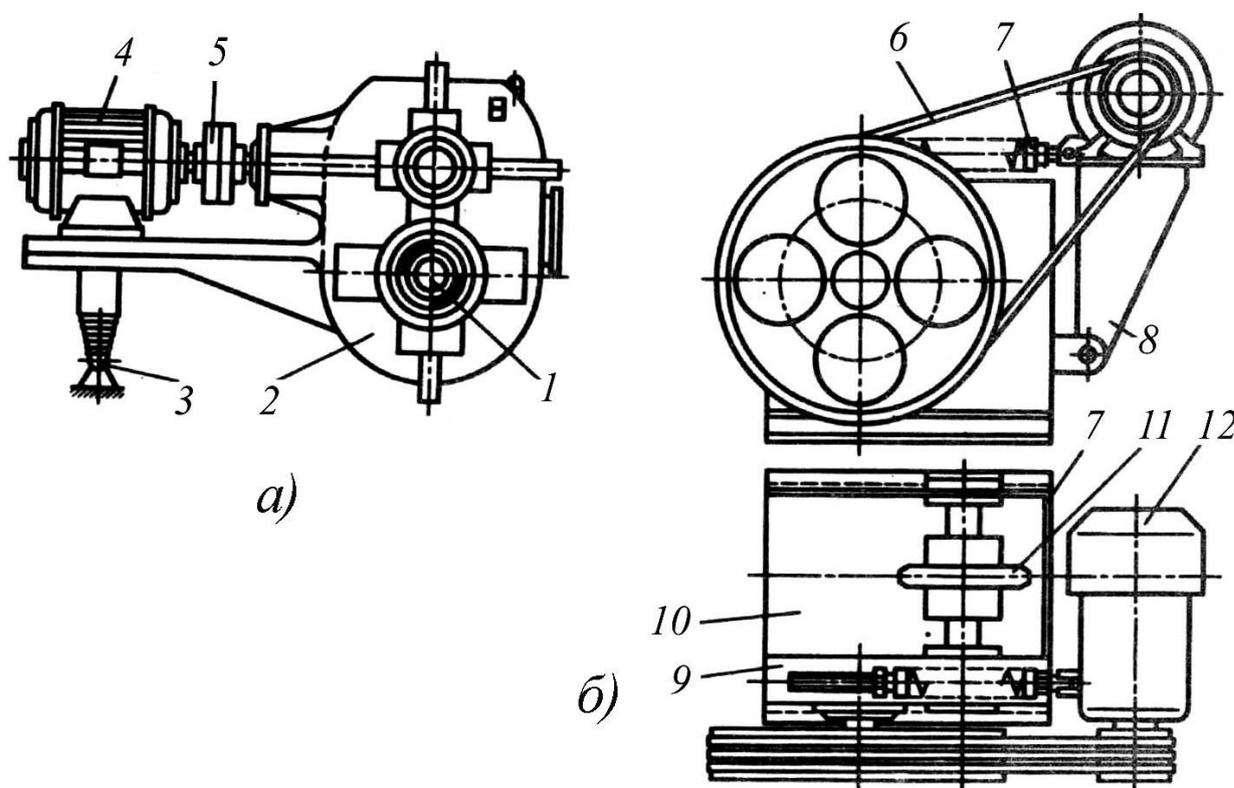
эластичные элементы. Так, между ведущей и ведомой частями эластичной муфты транспортеров фирмы Джи-э-Джи (Италия) вставлены амортизирующие резиновые вкладыши, не только выполняющие роль обычной эластичной муфты, но и несколько снижающие динамические нагрузки.

При установке мотор-редукторов на транспортерах необходимо предусматривать возможность принудительного проворачивания быстроходного вала редуктора (например, рукояткой за второй конец вала электродвигателя). Это бывает необходимо при ремонтно-монтажных и профилактических работах. При нормальной работе привода свободный конец вала закрывается быстросъемным колпаком. Мотор-редукторы значительно упрощают конструкцию привода и уменьшают его габариты, однако связаны с налаженным серийным выпуском редукторов соответствующего параметрического ряда.

Приводы транспортеров необходимо оборудовать соответствующими контрольными, предохранительными и пусковыми устройствами. Обычно в качестве контрольных устройств состояния тяговой цепи используют реле скорости различных типов. При этом обеспечивается контроль за обрывом, заштыбровкой или заклиниванием тяговой цепи. Для ограничения предельного момента часто используется передача крутящего момента на вал звездочек через "срезной палец" (или другой элемент), выходящий из строя и отключающий привод при перегрузке. На достаточно мощных транспортерах можно применять турбомуфты, порошковые или шариковые муфты.

На транспортерах с небольшой и средней мощностью привода редуктор, а иногда и весь привод навешивают на боковую стенку короба или на вал приводных звездочек. При этом полый тихоходный вал  $I$  навесного привода (рис.46а) надевают

непосредственно на вал звездочек, а редуктор 2 крепят болтами к боковой стенке секции короба или оставляют свободно подвешенным и лишь поддерживаемым реактивной тягой 3. Двигатель 4 может быть смонтирован на кронштейне корпуса редуктора и связан с ним фланцем или муфтой 5 или вынесен и смонтирован независимо. Последующая передача крутящего момента осуществляется цепной или клиноременной передачей.



а) привод с навесным редуктором; б) привод с вмонтированным редуктором.

Рисунок 46 – Приводы с навесными и вмонтированными редукторами.

Реактивная тяга 3 может быть оборудована амортизирующим устройством и одновременно использована для ограничения крутящего момента и для облегчения пуска загруженного конвейера. Применение навесных приводов вместо привода обычной конструкции позволяет значительно снизить массу привода (за счет рамы, соединительных муфт, иногда цепной

передачи, ограждения), габариты, а также значительно упростить монтаж, демонтаж и обслуживание транспортера. Там, где установка крупного навесного привода затруднительна, иногда устанавливают два небольших навесных привода с обеих сторон приводного вала транспортера. Такое решение целесообразно еще и тем, что позволяет с помощью одного типоразмера привода укомплектовать транспортеры, отличающиеся по требуемой приводной мощности в два раза (навешивая в зависимости от потребной мощности либо один, либо два привода).

Приводная станция транспортера Одесского завода продовольственного машиностроения также выполнена безрамной (рис.46б) со сварным корпусом из толстолистового стального проката 10, с отделением 9 для одноступенчатого редуктора. Асинхронный электродвигатель 12 установлен на кронштейне 8, шарнирно прикрепленном к корпусу станции.

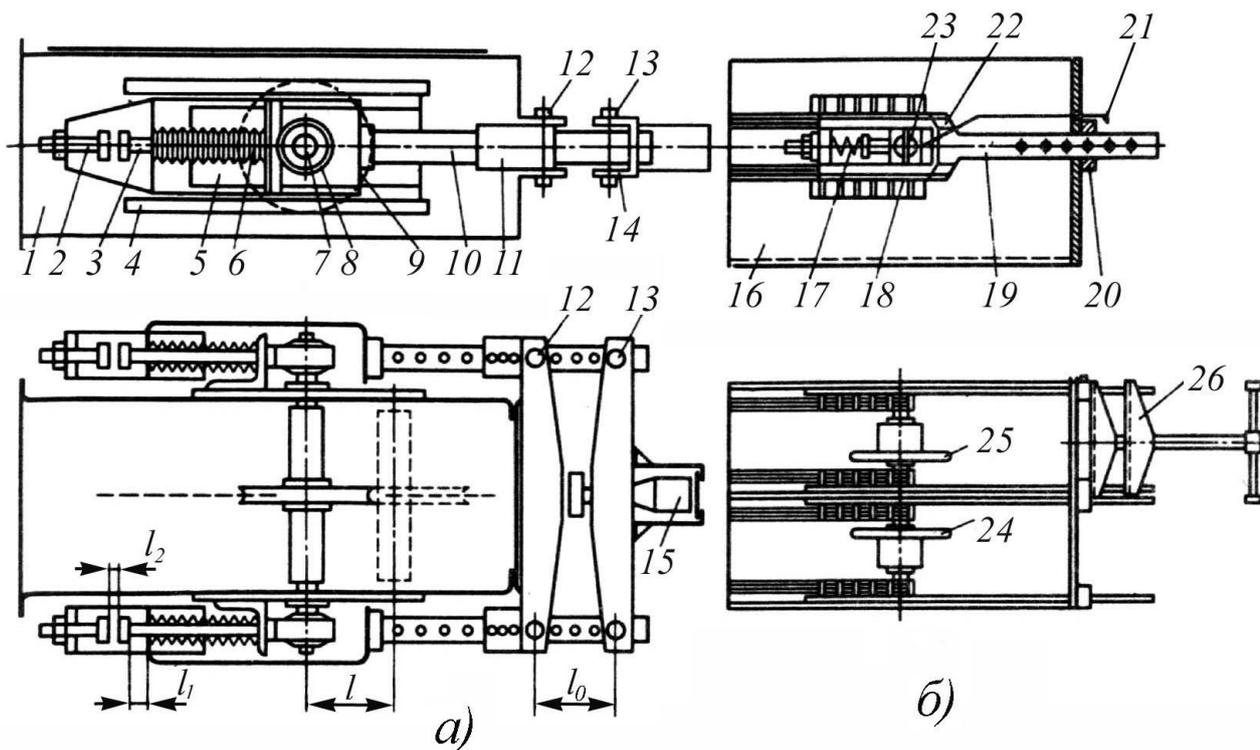
Крутящий момент от электродвигателя (рис.46б) передается с помощью клиноременной передачи 6, натяжение которой обеспечивается подпружиненным натяжным устройством 7. Приводная звездочка 11 оборудована эластичными элементами для уменьшения динамических нагрузок в тяговой цепи. Клиноременной передачей обеспечивается изменение скорости движения рабочего органа в пределах 0,4–1,8 м/с (за счет комплекта сменных шкивов), смягчение динамических нагрузок, особенно в период пуска, предохранение рабочего органа транспортера от перегрузок и аварийный пуск транспортера под максимальной нагрузкой. При вмонтированном одноступенчатом редукторе значительно упрощается конструкция приводной станции в целом, уменьшаются масса ее и габариты, а также появляется возможность смонтировать эластичную муфту непосредственно на тихоходном валу привода звездочек, что

уменьшает динамические нагрузки в рабочем органе транспортера. Для ограничения предельного момента на тихоходном валу применены срезающиеся штифты и шпонки.

В соответствии с наметившейся тенденцией увеличения производительности транспортеров за счет увеличения скорости движения рабочего органа и мощности привода основным направлением дальнейшего совершенствования приводных станций можно считать снижение динамических нагрузок в рабочем органе. При этом приводные станции целесообразно проектировать многоскоростными и оборудовать звездочками с максимально возможным числом зубьев и специальными устройствами для сглаживания динамических нагрузок, возникающих при взаимодействии цепей со звездочками. Приводы транспортеров значительной длины и с повышенной скоростью движения рабочего органа необходимо оборудовать пусковыми устройствами для аварийного пуска конвейеров под нагрузкой, предохранительными устройствами предельного момента и устройствами для аварийной остановки транспортеров.

*Натяжную станцию* изготавливают в виде закрытой торцовой секции короба и оборудуют отклоняющими звездочками или блоками и натяжным устройством. Натяжные станции выполняют с вращающимися на оси звездочками или блоками и с вращающимися осями; с подрессоренным и жестким креплением оси; с механическим и гидравлическим натяжными устройствами; с зависимым и независимым обособленным и переносным (групповым) натяжными устройствами на каждую натяжную станцию.

Корпус *1* (рис.47а) натяжной станции обычно сваривают из листовой стали и иногда оборудуют дополнительной рамой для увеличения жесткости и крепления к опорам или фундаменту.



а) с переставными винтами; б) с винтовым домкратом.

Рисунок 47 – Натяжные станции.

Для профилактических осмотров и ремонтов натяжную станцию оборудуют монтажными крышками и смотровыми люками со стеклами. Ось 7 (рис.47а) натяжных звездочек или блоков обычно монтируют в ползунах 8, перемещающихся по направляющим 4 различного конструктивного исполнения (в виде стержней, труб, уголков, полок и т. п.). Продольный проем в боковых стенках секции закрывается передвижными пластинами 5, надевающимися на ось и скользящими в своих направляющих. Наиболее часто ползуны фиксируют винтами. Амортизация оси, широко применяемая на транспортерах в последние годы, обеспечивается пружинами, которые устанавливают между опорой и ползуном оси. Амортизация оси способствует сглаживанию дополнительных нагрузок, возникающих при огибании рабочим органом звездочек или блоков, а также при плохом зацеплении с зубьями звездочки, всплывании, заедании и подклинивании цепи,

частично компенсирует вытяжку цепи и позволяет контролировать и поддерживать первоначальное ее натяжение. Сглаживанию динамических нагрузок, действующих на тяговую цепь, способствует также выполнение самих натяжных звездочек и блоков с амортизирующими элементами. Например, может применяться армирование резиной рабочей поверхности обода или разъединение обода и ступицы эластичной вставкой и т.п. Для синхронного перемещения ползунов оба винта натяжного устройства связывают зубчатой или цепной передачей, синхронизирующей вращение. С этой же целью применяют одновременное натяжение обоих ползунов одним винтовым или гидравлическим домкратом, который может быть переносным и использоваться для нескольких транспортеров поочередно.

На некоторых натяжных станциях фирмы "Bühler" (рис.47) ось натяжного ролика через ползуны и тарельчатые пружины 6 опирается на специальные рамки 9, подвешенные на тягах 10, скользящих в направляющих втулках 11. Тяги и направляющие втулки выполнены с рядом отверстий, позволяющих соединять их с помощью вставных штифтов 12, фиксируя рамки в определенном положении. Для первоначального натяжения предназначены переносный гидравлический или винтовой домкрат 15 и траверса 14, прикрепляемая штифтами 13 к тягам. Вынув штифты 12 из направляющих втулок, натяжение продолжают увеличивать до требуемого значения, а затем этими штифтами фиксируют тяги во втулках и, ослабив домкрат, снимают его и траверсу.

Первоначальное натяжение (рис.47) проверяют по длине  $l_1$  выступающей из рамки части штока 3, т. е. по величине сжатия пружины. Для предотвращения чрезмерного хода натяжного блока (например, при реверсе рабочего органа) предназначен ограничитель 2, устанавливаемый с определенным зазором  $l_2=10$

мм. Фирма "Bühler" рекомендует производить первоначальное натяжение цепи перемещением натяжного блока на величину

$$l = gLq_{\text{ц}}f_p\mu, \quad (72)$$

где:  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;  $L$  – длина конвейера, м;  $q_{\text{ц}}$  – масса 1 м цепи рабочего органа, кг;  $f_p$  – коэффициент трения рабочего органа о желоб;  $\mu$  – модуль упругости (для цепей с шагом  $102 \div 142$  мм  $\mu = 0,1 \div 0,154$  м/Н).

Для более удобного контроля первоначального натяжения по величине сжатия пружины различными конструктивными решениями предусматривается увеличение хода контрольной стрелки (относительно хода пружины) и градуировка шкалы в единицах силы или в процентах отклонения от нормы в сторону.

Натяжная станция двухцепного экспериментального транспортера Одесского завода продовольственного машиностроения сварена из стального проката 16 (рис.47б), и оборудована независимыми натяжными устройствами для каждой тяговой цепи двухцепного рабочего органа и полностью герметизирована. Натяжные ролики 24, 25 выполнены с эластичным элементом между диском и ступицей и свободно вращаются на подшипниках относительно своих осей. Шипы осей помещены в ползуны 23, свободно перемещающиеся в рамках 22 и удерживаемые амортизирующими пружинами 17. Рамки также перемещаются в направляющих 18, размещенных внутри короба, и заканчиваются тягами 19, посредством которых производят их первоначальное натяжение переносными натяжителями 26. Тяги фиксируются в направляющих штифтами. Контроль за натяжением рабочего органа осуществляется по контрольным стержням 21, подсоединенным к ползунам и выходящим наружу, и шкалам, нанесенным на тягах. При чрезмерной нагрузке на натяжные блоки

или при реверсе рабочего органа ползуны упираются в соответствующие упоры 20. Профилактические осмотры, текущий ремонт и монтаж производят через смотровые люки.

Основными направлениями дальнейшего совершенствования натяжных станций можно считать обеспечение стабильного оптимального натяжения рабочего органа и уменьшение динамических нагрузок в нем. При этом применение амортизации оси натяжных звездочек или блоков выполнение их с эластичными элементами позволяет уменьшать не только динамические нагрузки в тяговом органе, но и аварийные нагрузки от перенатяжения его при всплывании, заклинивании или набегании на зубья звездочек.

### **5.3. Тяговые и натяжные звездочки и блоки**

Звездочки и блоки находятся в непрерывном взаимодействии с тяговой цепью, работают вместе с ней в среде транспортируемого материала и являются основными элементами транспортера, обеспечивающими работоспособность и долговечность как отдельных звеньев, так и всего рабочего органа. При этом несколько зубьев тяговой звездочки должны взаимодействовать со всеми звеньями тяговой цепи, не только нагружаясь до максимума и разгружаясь до нуля при каждом обороте звездочки, но еще и воспринимая экстренные нагрузки от соударения со звеньями. В связи с этим тяговые звездочки считают наиболее нагруженными и подверженными износу из всех деталей транспортера, а конструкции и технологии изготовления их уделяют особое внимание. Поэтому зубья звездочек изготавливают из высококачественных сталей 45, 40Х и т. п. и подвергают термообработке до твердости HRC 40–55.

Для упрощения монтажа и демонтажа звездочки иногда выполняют разъемными в диаметральной плоскости, со съемными венцами или вставными зубьями. При транспортировании горячих грузов (80–800°С) валы тяговых и концевых звездочек и блоков охлаждают или покрывают графитовыми кольцами, предохраняющими их от деформации. При транспортировании легковоспламеняющихся и взрывоопасных грузов звездочки или зубчатые венцы изготавливают из бронзы, волокнита, капрона, текстолита и других материалов, исключающих искрение при соударении со звеньями цепи.

При анализе конструктивных решений представляет интерес приводная звездочка 1 (рис.48а) фирмы "Bühler", предназначенная для работы с вильчатой реверсивной цепью 2. Звездочка рассчитана на захват звеньев цепи за боковые круглые бобышки симметричными впадинами и на пропуск скребков 3 в соответствующих проемах, что можно считать оптимальным вариантом для реверсивной вильчатой цепи. Технология изготовления и ремонт приводных звездочек оригинально упрощены фирмой "Утва" (Словакия) за счет применения съемных венцов (или полувенцов).

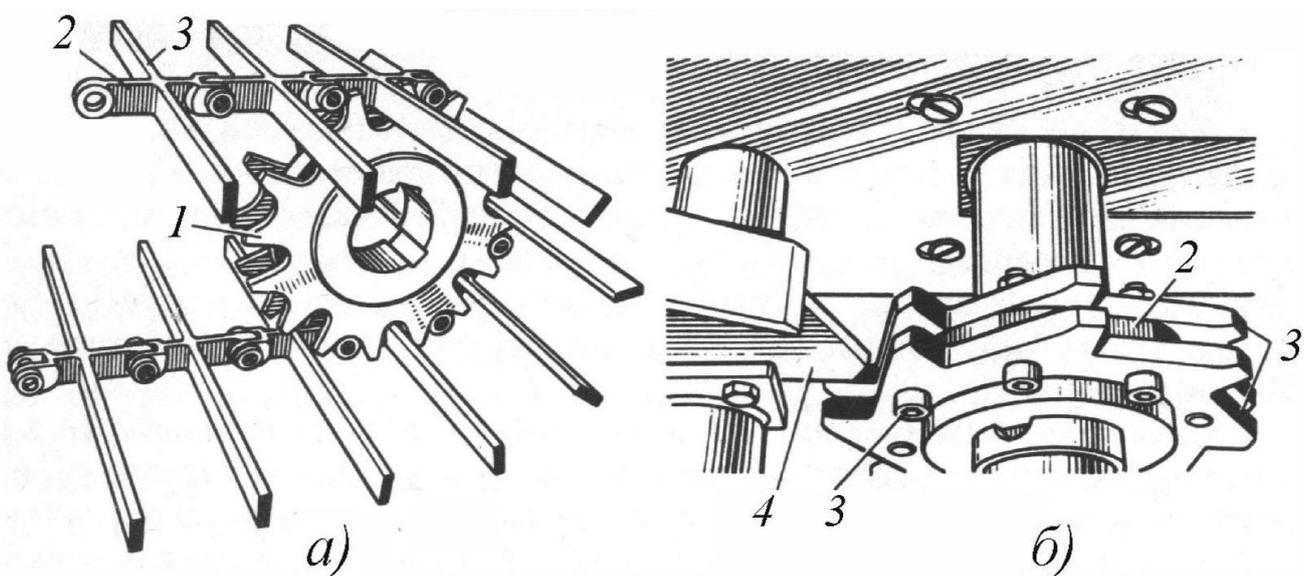
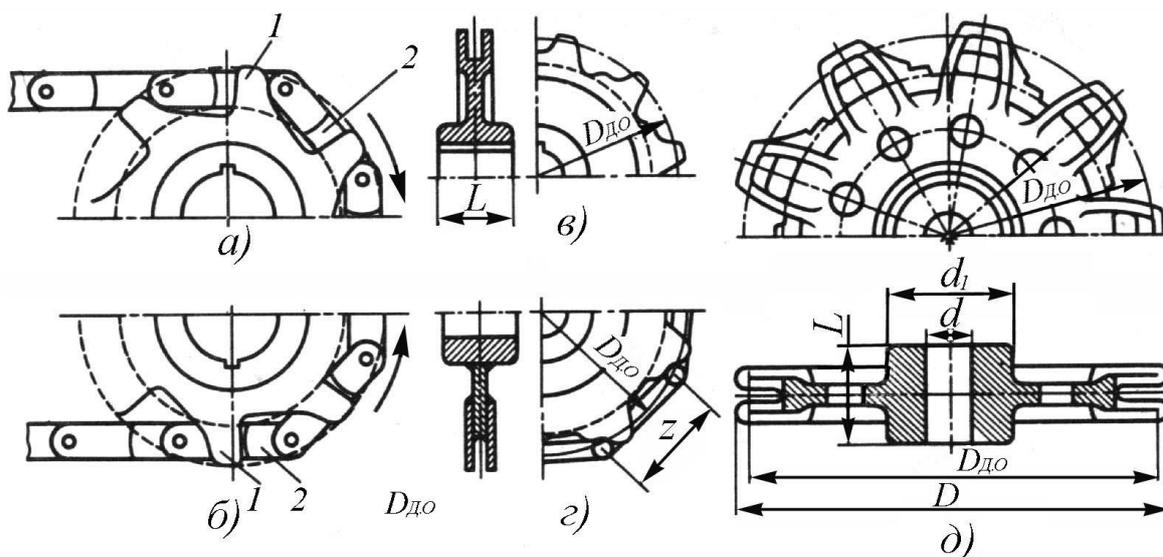


Рисунок 48 – Звездочки фирм "Bühler" (а) и "Утва" (б).

Венцы 1 (рис.48б) можно выполнять составными из двух половин и крепить к ведущему диску 2 болтами 3, что позволяет быстро демонтировать их для ремонта или замены. Паз между венцами непрерывно очищается очистителем 4, который устанавливают на приводной станции помимо цепесъемника.

Нереверсивные вильчатые цепи при нормальной эксплуатации транспортеров захватываются зубьями 1 (рис.49а) за закругленные торцы вильчатой части звеньев 2, а при периодическом реверсе (в аварийном режиме) – обратной частью зуба 1 (рис.49б) за переходную часть звена 2 (от пластины к вилке) или за нижнюю плоскость звена. Так, звездочки фирмы "Ленгстрем" (рис.36в) выполнены по этой принципиальной схеме. Фирма "Гитахилид" выпускает сварные звездочки (рис.49г) для горизонтальных транспортеров, оборудованных вильчатыми цепями, и литые звездочки (рис.49д) для горизонтальных, наклонных и вертикальных транспортеров, цепи которых оборудованы плоскими или контурными скребками. Основные параметры некоторых типов звездочек (включая и диаметр выступов  $D$  зубьев и ступицы  $d_1$ ) приведены в табл. 21.



а) нормальная эксплуатация; б) аварийный реверс; в) звездочка фирмы "Гитахилид"; г) сварная звездочка; д) литая звездочка.

Рисунок 49 – Тяговые звездочки вильчатых цепей.

Таблица 21 – Основные параметры некоторых типов тяговых звездочек

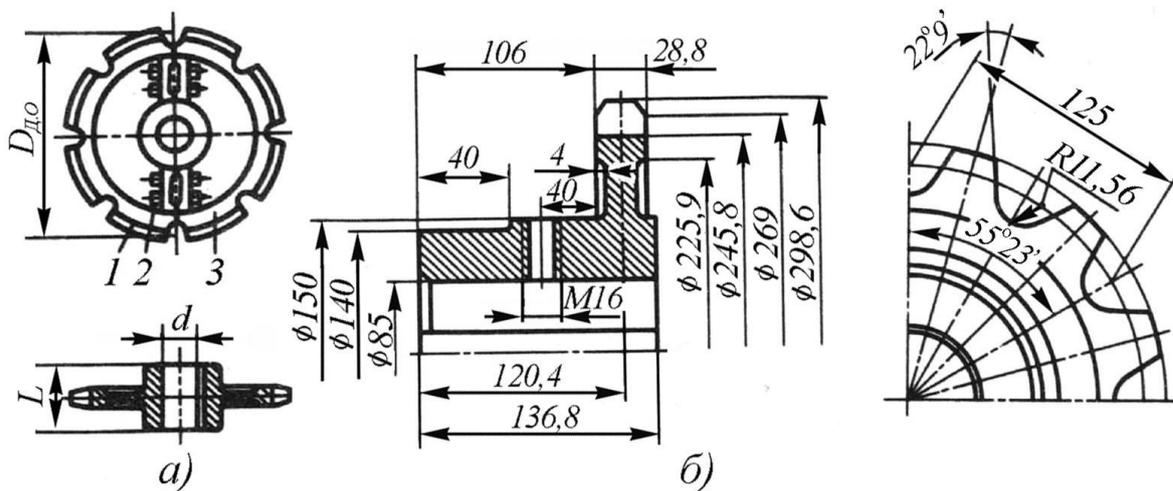
Число зубьев	Размеры, мм					Масса, кг
	$D_0$	$D$	$d$	$d_1$	$L$	
Сварные звездочки (рис. 35, г), шаг цепи 150 мм						
8	392	416	70	135	90	24,8
9	438,6	462–470	70–100	135–180	90–120	28–52,9
10	485,4	510–516	70–100	135–180	90–120	31,5–58,2
11	485,4	564	80–100	150–180	100–120	45,4–64,2
Сварные звездочки, шаг цепи 200 мм						
10	647,2	680	130–140	230–260	160–180	100–139
11	709,9	742–748	130–150	230–270	160–190	113–167
12	772,7	804–810	130–150	230–270	160–190	123–180
13	835,7	874	150	270	190	198
Литые звездочки (рис. 35, д), шаг цепи 150 мм						
7	345,7	361	50	100	70	15,2
8	392	407–413	50–70	100–135	70–90	19,3–30,2
9	438,6	454–460	50–70	100–135	70–90	24–35,3
10	485,4	506	70	135	90	44,8

Приводные звездочки для пластинчатых цепей с закрытым шарниром просты в конструктивном исполнении, обычно их можно применять и в реверсивном режиме работы. Их выпускают разборными и неразборными. Например, разборные приводные звездочки фирмы "Ленгстрем" состоят из двух половин: 1 и 3 (рис.50а), соединяемых с помощью болтов 2, и имеют восемь или десять зубьев.

Они предназначены для пластинчатых цепей с шагом 100, 125 и 160 мм. В зависимости от числа зубьев и шага цепи выбирают основные параметры звездочки и соответствующую им массу.

Приводные звездочки тяговых цепей с открытым шарниром выполняют двухходовыми с 13-ю симметричными зубьями (рис.50б), вследствие чего зубья входят в зацепление через звено. Диаметры делительных окружностей для звездочек под цепи со

средним шагом 125 и 160 мм соответственно составляют 269 и 344,3 мм, диаметр отверстия в ступице под вал – 85 и 95 мм, а ширина ступицы – 136,8 и 110 мм.



а) разборная звездочка; б) неразборная звездочка.

Рисунок 50 – Приводные звездочки для пластинчатых цепей.

Повышение сроков службы звездочек для пластинчатых тяговых цепей и облегчение ремонтных работ достигаются применением легкосъёмных зубчатых венцов или зубьев, выполнением разъемных звездочек, а также применением высококачественных сталей и современной технологии изготовления и доводки их.

Тяговая цепь на концевых станциях отклоняется не только на звездочках, профилированных аналогично тяговым, но и на роликах и блоках, которые вращаются на оси свободно или вместе с ней. Фирма "Гитахилид" для тяговых цепей вильчатого типа выпускает ряд стандартных блоков с шириной рабочей части 230, 250, 304, 355, 380 и 455 мм. Диаметры рабочей поверхности блока и боковых реборд изменяются соответственно в пределах 300–600 и 350–680 мм, а диаметры расточки под вал и ступицы – в пределах 60–75 и 110–140 мм при ширине ступицы 90–180 мм. Масса блоков изменяется в пределах 56–240 кг.

Натяжные блоки для вильчатых тяговых цепей фирмы "Ленгстрем" выполняются с узким ободом, на который укладываются только звенья тяговой цепи, а скребки уменьшенной высоты (стержни) проходят над боковыми ребрами обода. Блоки выпускаются диаметром 250, 300, 400, 500 и 600 мм с  $d=40\div 100$  мм,  $L=90\div 100$  мм и массой, изменяемой в пределах 15,5–60 кг. Кроме этого, применяют натяжные блоки с гладкой поверхностью обода (без реборд), с проточкой посередине, которая центрирует звенья тяговой цепи. Для пластинчатых цепей обычно используют звездочки, аналогичные тяговому, или блоки, выполненные в виде диска, входящего внутрь тяговой цепи.

При проектировании тяговых звездочек прежде всего необходимо определить число зубьев, значительно влияющее на колебание скорости и ускорения тяговой цепи, а следовательно, и результирующие динамические нагрузки, возникающие в цепи. В частности, фирма "Ленгстрем" считает, что с увеличением числа зубьев звездочки от 5-й до 16-й (в 3 раза) динамические нагрузки на цепь соответственно уменьшаются почти в 10 раз. В общем случае динамическая нагрузка определяется из выражения:

$$F = \frac{L(q_u + q_{gp})}{t} \cdot \left( \frac{\pi v}{z} \right)^2, \quad (73)$$

где:  $L$ – расстояние между центрами приводной и натяжной звездочек, м;  $q_u$  и  $q_{gp}$ – линейные массы соответственно цепи и перемещаемого груза;  $v$ – скорость движения цепи, м/с;  $t$ – шаг цепи, м;  $z$ – число зубьев звездочки.

Стандартом Финляндии для пластинчатых цепей рекомендованы звездочки с количеством зубьев, равным: 8, 10, 12, 16 и 24 шт. По этому же стандарту расчет и профилирование колеса

обычно начинают с определения диаметров делительной окружности (рис.51а), окружности впадин и выступов:

$$D_{д.о} = \frac{t}{\sin\left(\frac{180^\circ}{z}\right)}; \quad (74)$$

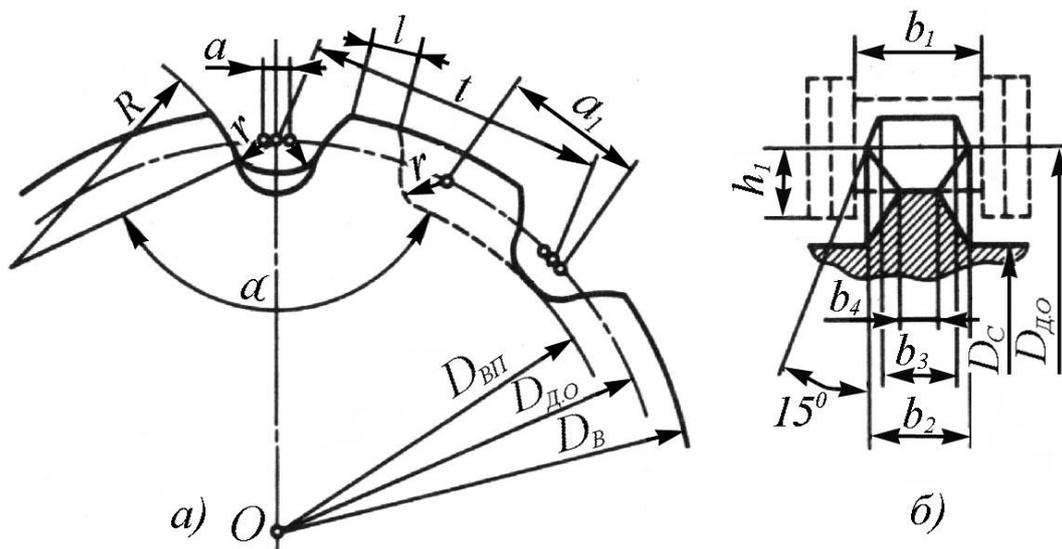
$$D_{вп} = D_{д.о} - d; \quad (75)$$

$$D_{в} = D_{д.о} + kd + m, \quad (76)$$

где:  $D_{д.о}$  – окружность делительная, мм;  $D_{вп}$  – диаметр окружности впадин, мм;  $D_{в}$  – диаметр выступов, мм.

Соответственно диаметру ролика или втулки ( $d > 70$  мм или  $d < 70$  мм) принимают коэффициент  $k=0,25$  или  $k=0,5$  и поправочный коэффициент  $m=10$  мм или  $m=6$  мм.

Развертку впадины под ролик рекомендуется выполнять для необрабатываемых литых зубьев на некоторую величину  $a=0,04t$ . Для обрабатываемых зубьев:  $a=0,09d$  и радиус впадины  $r=0,515d$  для  $d < 70$  мм;  $a=0,08d$  и  $r=0,51d$  для  $d > 70$  мм.



а) вид сбоку; б) сечение.

Рисунок 51 – Схема к профилированию звездочки.

Угол развала  $\alpha$  впадины принимается равным  $120^\circ$ ,  $122^\circ$ ,  $124^\circ$  в зависимости от числа зубьев звездочки, равного 6–12, а для числа зубьев, равного 13–20 соответственно  $126^\circ$ ,  $128^\circ$ ,  $132^\circ$ .

Радиус развала поверхности зуба:

$$R = k_2(t - r)/t, \quad (77)$$

где:  $k_2$  – коэффициент, зависящий от диаметра втулки цепи,  $k_2=132$  мм для  $d < 70$  мм и  $k_2=184$  для  $d > 70$  мм.

Максимальный диаметр ступицы (рис.51б):

$$D_c \leq D_{д.о} \cos\left(\frac{180}{z}\right) - 1,2h_1, \quad (78)$$

где:  $h_1$  – расстояние от делительной окружности до внутренней стороны шарнира цепи, мм.

Ширина ножки зуба  $b_2$  зависит от просвета  $b_1$  между внутренними пластинами звена цепи и принимается в пределах от  $(0,9 b_1 - 1)$  до  $(0,87b_1 - 1,7)$  мм, а минимальная ширина головки зуба  $b_3 = b_2 - 0,32b_1$ .

В случаях запрессовки транспортируемого материала во впадины или погружения звездочки в материал при работе рекомендуется нижнюю часть впадины несколько заострять ( $b_4 > 0,25b_2$ ). Если же материал может запрессовываться между зубьями звездочки и пластинами цепи, то развертку впадины  $a$  расширяют до  $a_1$ , уменьшая тело зуба  $l$  ( $l > 0,3t$ ).

В отечественной промышленности тяговые звездочки для пластинчатых втулочных, роликовых и катковых цепей рассчитывают по ГОСТ 592–81 и разработанным в соответствии с ним методикам. Расчет многоходовых звездочек под разношаговые цепи с открытым шарниром целесообразно начинать с определения геометрической характеристики зацепления  $\lambda = t/d$  (для цепей ИФ–125 и ИФ–160  $\lambda \approx 5,8$ ). При этом средний шаг цепи  $t$  считаем равным

половине суммы шагов наружного  $t_H$  и внутреннего  $t_B$  звеньев, а диаметром элемента зацепления считаем диаметр шарнира (см. рис.51):

$$d = 0,5(d_B + d_\phi) + \Delta l, \quad (79)$$

где:  $d_B$  и  $d_\phi$  – диаметры круглого и фасонного валиков;  $\Delta l$  – расстояние между центрами круглого и фасонного валиков.

Диаметры основных окружностей (рис.52а) определяются по формуле:

$$D_{д.о} = t \operatorname{cosec}\left(\frac{180n}{z}\right);$$

$$D_B = t \left( k + \frac{\cos\left(\frac{180^\circ}{z}\right)}{\sin\left(\frac{180n}{z}\right)} \right); \quad (80)$$

$$D_{вп} = D_{д.о} - \left( d_\phi - 2 \frac{\Delta l \cdot t_B}{D_{д.о}} \right) - 2S_i,$$

где:  $k$  – коэффициент, способствующий более легкому входу шарнира в зацепление и выходу из него (при меньшем значении) за счет некоторого уменьшения надежности зацепления по мере изнашивания цепи, выбирается в пределах 0,3–0,36;  $S_i$  – дополнительный минимальный зазор между фасонным валиком и основанием впадины под него, определяется по формуле:

$$S_i = (0,08 \div 0,32) \sqrt{z D_{д.о} \sin\left(\frac{180}{z}\right)}. \quad (81)$$

В соответствии с ГОСТ 592–81 при  $\lambda > 5,5$  выбирают двухходовую звездочку ( $n=2$ ) с шагом зубьев звездочки  $t_z < t$  и  $z > 12$  или трехходовую звездочку ( $n=3$  и  $z > 18$ ). Нечетное число зубьев на звездочке обеспечивает более равномерное распределение нагрузки

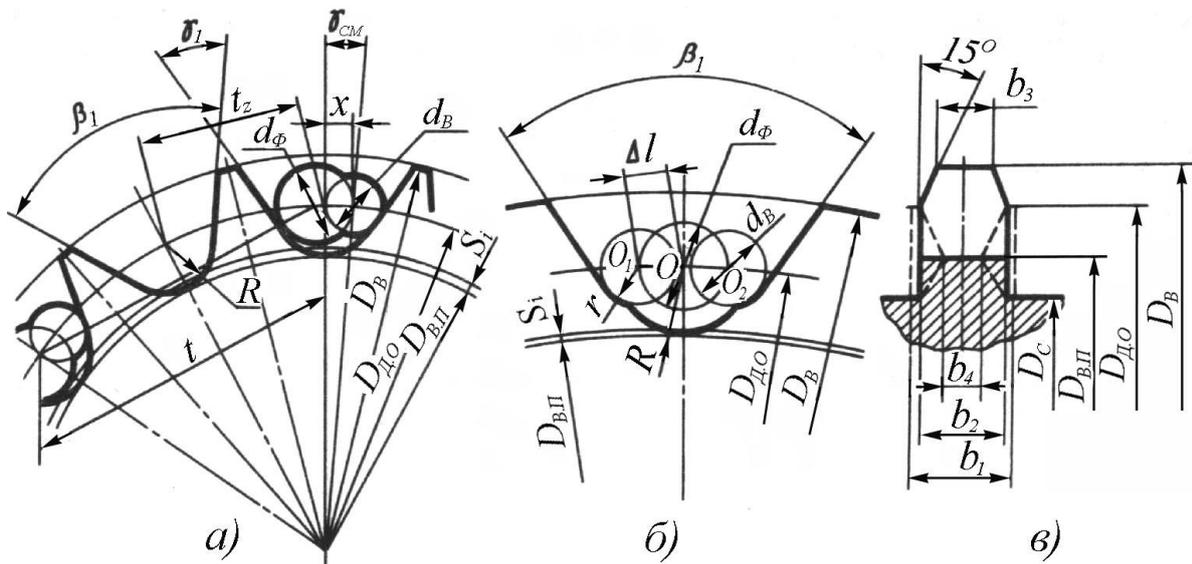
на них, благодаря поочередному входу в зацепление зубьев со всеми звеньями.

Угол впадины  $\beta_1$  можно принимать равным  $72^\circ$ , а в случае необходимости уменьшать до  $64^\circ$ .

Угол заострения зуба  $\gamma_1$  и радиус впадины  $R$  (с центром на делительной окружности):

$$\gamma_1 = \beta_1 - \frac{360^\circ}{z};$$

$$R = 0,5(D_{Д.О} - D_{ВП}). \quad (82)$$



а) обычная конструкция; б) с фасонной впадиной; в) сечение.

Рисунок 52 – Схема профилирования звездочки под разношаговую цепь.

Смещение круглого валика во впадине по дуге делительной окружности на расстояние  $x=0,5D_{Д.О}\sin\gamma_{см}$  определяется углом (рис.52а):

$$\gamma_{см} = 0,5 \left( \arcsin \left( \frac{t_H}{D_{Д.О}} \right) - \arcsin \left( \frac{t_B}{D_{Д.О}} \right) D_{ВП} \right). \quad (83)$$

Если звездочки проектируют с фасонной впадиной, предусматривающей укладку круглых валиков в специальные постели и свободный поворот относительно них фасонных валиков (в обратную сторону), то общая схема профилирования звездочки сохраняется. Однако на делительной окружности по оси впадины размещают центр фасонного валика  $O$  (рис.52б), а центры круглых валиков  $O_1$ , и  $O_2$  смещают относительно него на величину  $\Delta l$ . Затем из точки  $O$  описывают основание впадины радиусом  $R$ , а из точек  $O_1$ , и  $O_2$  – дуги постелей круглых валиков радиусом, мм:

$$r = 0,5d_B + 0,1. \quad (84)$$

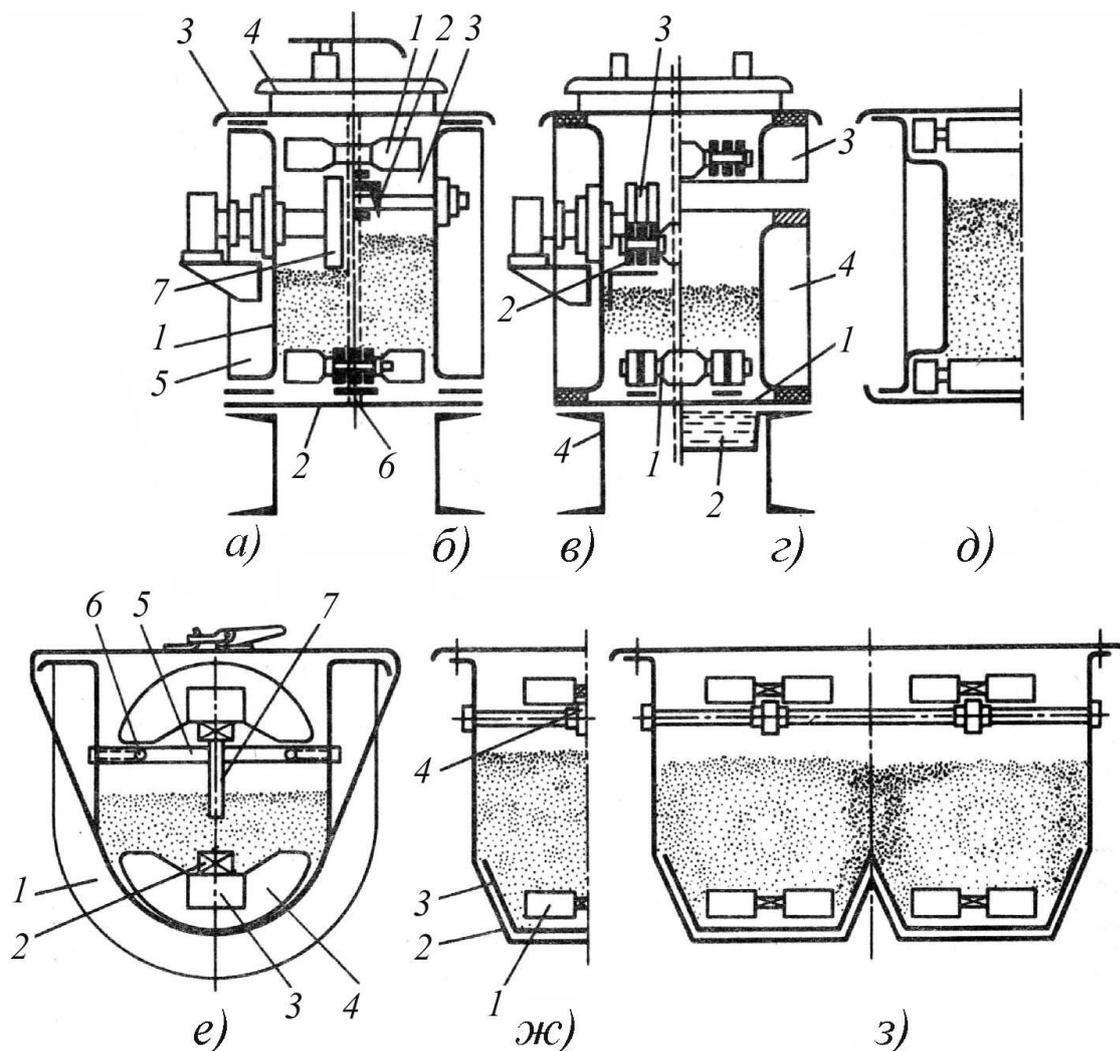
Впадины строят под углом  $\beta_1$  к дугам постелей круглых валиков, фаски снимают под углом  $15^\circ$  (от делительной окружности) и выбирают ширину зуба  $b_2 \approx 0,9b_1$  (рис.52в). Предельно допустимое увеличение шага цепи по зацеплению определяется из выражения:

$$\Delta t = \frac{106}{z} \left[ \frac{0,37 \left( d_\phi - \frac{2\Delta l \cdot t_B}{D_{д.о}} \right)}{t} + k \right]. \quad (85)$$

#### 5.4. Короб, загрузочные и разгрузочные устройства

Короб является несущей частью транспортера и предназначен для поддержания и направления тяговых цепей и насыпного груза, перемещаемых в нем. Собирается короб из линейных секций (длиной до 3 м), выштампованных согласно заданному профилю или собранных из боковых стенок, днища и крышки. Секции транспортеров, предназначенных для горизонтального и пологонаклонного транспортирования, часто имеют прямоугольное сечение и состоят из боковых листов  $1$  (рис.53а) с отогнутыми

верхними и нижними краями и соединенных с ними (обычно болтами) днища 2 и крышки 3 (транспортеры КПС-125 и КПС-300). Крышки оборудуют смотровыми люками 4, а стенки – смотровыми окнами для наблюдения за движением груза. Согласно интенсивности износа, дно, стенки и крышки изготовляют соответственно толщиной соответственно  $4\div 8$ ,  $3\div 6$  и  $1,5\div 4$  мм.



- а) стандартный; б) с уменьшенными потерями на трение;  
 в) двухцепной стандартный; г) двухцепной с охлаждением;  
 д) с жесткими направляющими; е) с полукруглым днищем;  
 ж) армированный вставкой; з) независимый двухцепной.

Рисунок 53 – Исполнение секций горизонтальных транспортеров.

Для соединения между собой обоих концов стенки секции, а иногда и днища, устанавливают фланцы 5 из полосы или уголка. По

днищу обычно проходит полоса б, выполненная из износостойкой стали прямоугольного или фасонного профиля, для направления движения тяговой цепи и уменьшения изнашивания днища. Верхняя ветвь тяговой цепи может перемещаться по роликам 7 (при этом существенно уменьшаются общий коэффициент сопротивления движению и изнашиванию цепи) или по такой же полосе, как и нижняя ветвь. Диаметр роликов желательно принимать максимальным.

Например, фирмой Джи-э-Джи (Италия) для уменьшения сопротивления движению ролики небольшого диаметра устанавливают на шариковые подшипники с надежными уплотнениями. Для увеличения устойчивости движения верхней ветви 1 (рис.53б) одноцепного транспортера, помимо средней направляющей полосы 2 по бокам секции можно прокладывать дополнительные полосы 3, по которым скользят скребки. Среднюю направляющую иногда вообще не применяют (например, в транспортерах производства Польши и фирмы "Bühler").

Секции двухцепных транспортеров выполняют аналогично одноцепным, но с двумя направляющими полосами, соответственно для двух цепей 1 (рис.53в) нижней ветви транспортера (если они не перемещаются прямо по днищу), и роликами 3 или направляющими 2, расположенными по бокам секции, – для верхней ветви рабочего органа. Короб транспортера можно монтировать на отрезках швеллера № 4 (конвейеры КПС-500 и КПС-650).

При транспортировании горячих материалов и необходимости охлаждать днище 1 (рис.53г) под ним монтируют дополнительный короб 2, по которому подают проточную воду. Короб транспортера можно выполнять двухрукавным, т. е. с отдельными секциями 3 и 4 для верхней и нижней ветвей рабочего органа, причем каждый

рукав можно оборудовать желобом для охлаждающей жидкости и использовать для транспортирования материала. Нередко направляющие выполняют из дерева или армируют пластиком для уменьшения изнашивания тяговых цепей, общего коэффициента сопротивления движению и шума.

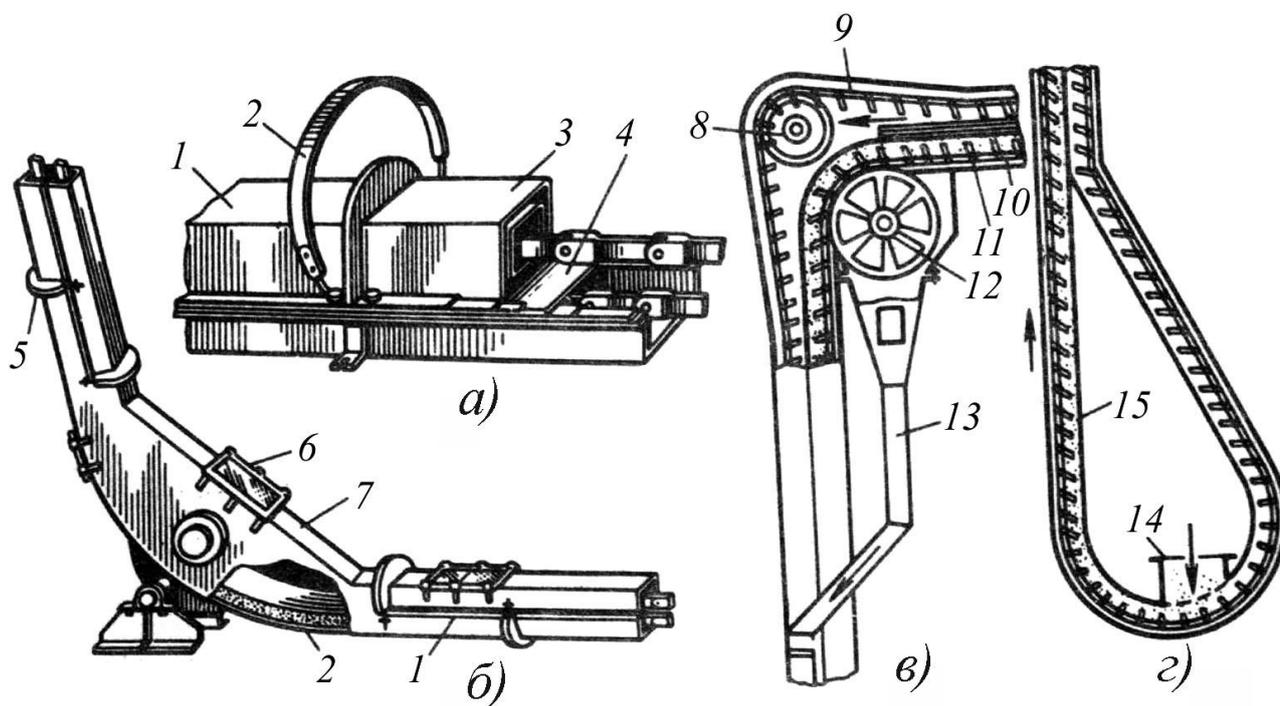
При сильном всплывании тяговых цепей можно устанавливать специальные жесткие направляющие (рис.53д), выштампованные в стенках короба (транспортеры фирмы "Сокам", (Франция)) или приваренные к ним в виде уголков или полос. В отдельных случаях (транспортеры "Супер-Флоу" фирмы "Симон Баррон" (Великобритания), изготавливаемые по лицензии фирмы "Скрю Конвейер" (США)) секции 1 (рис.53е) выполняют с полукруглым днищем. Это приводит к уменьшению дробления при транспортировании зерновых продуктов на 2%, лучшей разгрузке и центрированию рабочего органа и т. п. Нижняя ветвь 2 тяговой цепи может перемещаться по днищу на скребках 3, армированных нейлоном 4, а верхняя – по алюминиевой средней направляющей 5, также армированной нейлоном. Кроме этого, скребки поддерживаются боковыми направляющими 6 и удерживаются от всплывания алюминиевой пластиной 7.

В последние годы в отечественной промышленности созданы транспортеры с оптимальными профилем заполнения и сечением секции. При этом нижняя ветвь рабочего органа 1 (рис.53ж) перемещается по трапецеидальной части короба 2, армированной вставкой 3, а верхняя - на роликах 4. Такая конструкция позволяет создать короб оптимального профиля из наиболее тонкого листа штамповкой и применить рабочий орган минимальной ширины, обеспечив достаточную жесткость конструкции и полную разгрузку материала, аналогично транспортерам с полукруглым днищем.

Секция короба двухцепного транспортера с независимыми тяговыми цепями и оптимальным сечением (рис.53з) практически объединяет два одноцепных транспортера общим потоком транспортируемого материала. Отдельные секции короба обычно состыковывают с помощью фланцев и болтовых соединений, а стыки гермитизируют. Крышки и дно секций крепят к фланцам боковых стенок болтовыми соединениями и уплотняют. Например, фирма "Bühler" рекомендует прокладки из акрена сечением 40×8 мм приклеивать клеем "Гюзо-колле", а внутренние поверхности стенок короба покрывать составом "Гюзо-пласт". При транспортировании горячих материалов рекомендуются уплотняющие прокладки из асбеста, а при газонепроницаемом исполнении короба еще и установка болтовых соединений с шагом, уменьшенным до 200 мм. Для лучшего прохода стыков секций скребками холостой ветви верхние направляющие рекомендуется выполнять со скосами к центру по движению рабочего органа, что одновременно способствует центрированию боковых стенок. Ширина внутренней части секции короба должна быть на 5÷8 мм больше ширины скребков. Для лучшей фиксации днищ соседних секций их рекомендуется выполнять с направляющими пластинами или штифтами.

Иногда крышки секций короба выполняют легкоъемными с различными замками, которыми можно оборудовать дополнительные ленты, притягивающие крышку (см. рис.53е), или сами крышки короба. Крышки секций короба можно крепить к фланцам боковых стенок также с помощью различных зажимов. Например, на транспортерах фирмы Джи-э-Джи крышки крепят к фланцам боковых стенок секций короба с помощью зажимов, состоящих из скобы и зажимающего болта (аналогично струбцине). Эта же фирма применяет довольно простое крепление секций

короба с помощью болтов и прижимных планок, которое позволяет периодически уточнять установку отдельных секций короба в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Иногда (например, на транспортерах отечественного производства) для стыковки секций короба применяют специальные рамки с резиновым уплотнением. Сама рамка расположена в дополнительной регулировочной раме, которая крепится неподвижно к подконвейерным фермам, или фундаменту, и оборудована регулировочными винтами. С помощью регулировочных винтов можно производить корректировку точности установки секций короба в горизонтальной и вертикальной плоскостях как при монтаже, так и в процессе эксплуатации. Секции короба с крутонаклонными и вертикальными участками трассы могут быть состыкованы с помощью бандажей 2 (рис.54а).



а) стыковка бандажами; б) поворотными секциями.

Рисунок 54 – Короба вертикальных и крутонаклонных транспортеров.

При этом между фланцами секций 1 и 3 или непосредственно под бандаж укладывают уплотняющую полосу. Секции можно прикрепить в шахматном порядке прямо к среднему листу 4, разделяющему грузовое и порожнее отделения короба, а торцы секций (с фланцами или без фланцев) перекрыть вместо бандажей накладками или специальными обтекателями.

Переходы короба от горизонтального участка трассы к наклонному или вертикальному обычно выполняют с помощью специальных поворотных секций с плавным закруглением направляющего листа 1 (рис.54б) и сохранением того же рабочего сечения секции короба 2, что и на горизонтальном участке. Таким образом, по всей трассе сечение короба на грузовой ветви строго постоянно. Направляющую холостой ветви обычно выполняют с несколько большим радиусом, чем направляющую грузовой ветви, или вообще заменяют плоским листом 7, чтобы обратная ветвь в поворотной секции могла свободно провисать. Линейные и поворотные секции короба оборудуют смотровыми люками 6 и соединяют между собой с помощью бандажей 5 или иным способом. Короба грузовой и порожней ветвей конвейера можно выполнять как соединенными общим средним листом, так и совершенно раздельными двумя рукавами. При разделении коробов грузовой и холостой ветвей секции состыковывают аналогично состыковке секций горизонтальных транспортеров. Переход с вертикального или наклонного участка транспортирования к горизонтальному производится также в поворотных секциях, а листы, по которым происходит трение тяговой цепи, обычно значительно усиливают или изготавливают из износостойких материалов.

Для уменьшения сопротивления движению тяговой цепи на поворотных секциях обычно устанавливают отклоняющие блоки.

При этом поворот холостой ветви 9 (рис.54в) на блоке 8 особых затруднений не вызывает, поворот грузовой ветви 10 связан с необходимостью уплотнения зазоров между секцией короба 11 и блоком 12. Материал, просыпавшийся через уплотнение, по дополнительному рукаву 13 направляют в отделение холостой ветви. При крутонаклонном и вертикальном транспортировании необходимо создавать некоторый подпор материала. Для этого загрузочное устройство 14 (рис.54г) устанавливают в петле короба 15 (или на горизонтальном участке трассы). Порожняя и грузовая ветви могут быть объединены в общем коробе.

Транспортер обычно загружают через загрузочные лотки, трубы и течи, которые в соответствии с конкретными условиями эксплуатации оборудуют предохранительной решеткой, задерживающей крупные посторонние включения. Материал может подаваться через верхнюю холостую ветвь, если он идет дозированным потоком, подаваться на верхнюю ветвь навалом и сначала дозироваться на ней, а затем поступать на нижнюю рабочую ветвь или поступать навалом (сбоку или сверху) и дозироваться рабочим органом, работающим непосредственно из-под навала, или заслонкой, расположенной над ним.

Разгрузка транспортеров может производиться в любом месте через проем в днище короба, по которому скребками перемещается транспортируемый материал. Проемы обычно перекрывают затворами шиберного или лоткового типа. При лотковом затворе часть днища, закрывающая разгрузочное отверстие, шарнирно закрепляется с одной стороны и поворотом в шарнире открывает или закрывает выпускное отверстие. Основным недостатком такой конструкции является значительный размер затвора (вниз), связанный с необходимостью опускания лотка, и неплотное закрывание затвора. Шибберные затворы лишены этих недостатков

и выпускаются с поперечным и продольным движением шиберов. Обычно предпочтение отдают поперечному затвору, так как при этом шибер входит в короб заподлицо с днищем. Продольный затвор хоть и не связан с увеличением ширины транспортера, но при закрытом шибере остается просвет между ним и рабочим органом, в котором задерживается транспортируемый материал, что не только нежелательно, но в ряде случаев и недопустимо. Привод затворов может быть ручным или дистанционным с помощью электро-, пневмо- и гидропривода или комбинированным.

С включением затвора на открывание разгрузочного отверстия одновременно поворачиваются или опускаются сбрасыватель – пластина, армированная резиной или пластиком, и чистители (обычно щетки). Сбрасыватель сталкивает материал, задержавшийся на рабочем органе, а чистители сметают остатки транспортируемого материала, пронесенного на цепи или скребках за сбрасыватель.

### **5.5. Конструкции современных скребковых транспортеров**

Скребковые цепные транспортеры типа ТСЦ предназначены в основном для транспортирования различных продуктов на элеваторах и предприятиях по производству комбикормов в пищевой и легкой промышленности, сельском хозяйстве и других отраслях.

Транспортер состоит из натяжной станции 1 (рис.55), короба с проходными секциями 2 (длиной по 1,5 м) прямоугольного сечения со стальными направляющими для тяговых цепей, загрузочных и разгрузочных секций 3 приводной станции 4 с редуктором 5, жесткими муфтами 6 и 7 и асинхронным трехфазным двигателем 8.

Редуктор типа РЦД, устанавливаемый с правой или левой стороны, рассчитан на скорость движения цепи 0,4 м/с при скорости вращения ротора электродвигателя 940÷960 об/мин. При производительности 35 т/ч тяговую звездочку монтируют прямо на цапфе тихоходного вала. Разгрузочные секции оборудуют шиберными затворами 9 с продольным или поперечным движением шибера и электроприводом. Рабочий орган транспортера состоит из пластинчатых тяговых цепей 10 марок ИФ-125 и ИФ-160 с открытым шарниром и оборудуется консольными или балочными скребками. Приводная станция оборудована автоматической блокировкой для отключения двигателя при ослаблении тяговой цепи. При этом импульс на концевой выключатель поступает от двух тросов, проходящих под верхней и нижней ветвями двухцепного рабочего органа на транспортерах ТСЦ-100 и ТСЦ-175.

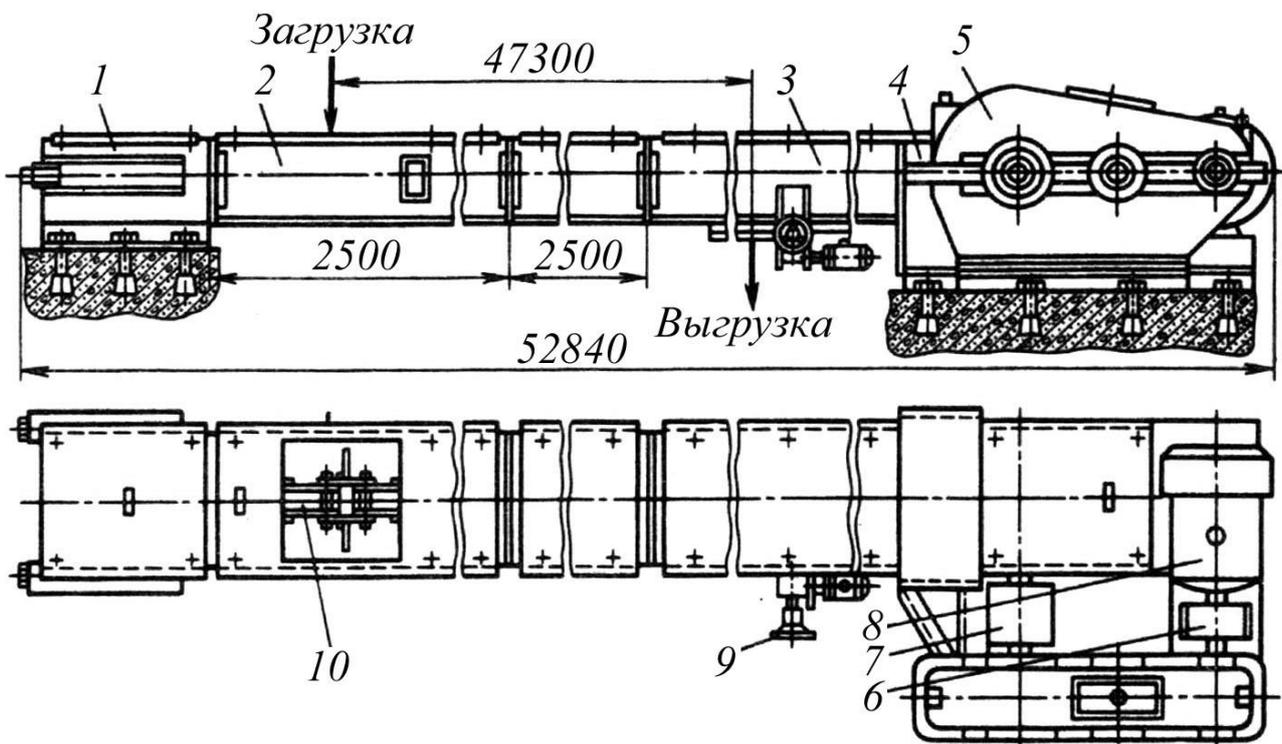


Рисунок 55 – Транспортер типа ТСЦ.

Результаты эксплуатации транспортеров ТСЦ послужили основанием для разработки унифицированного ряда транспортеров

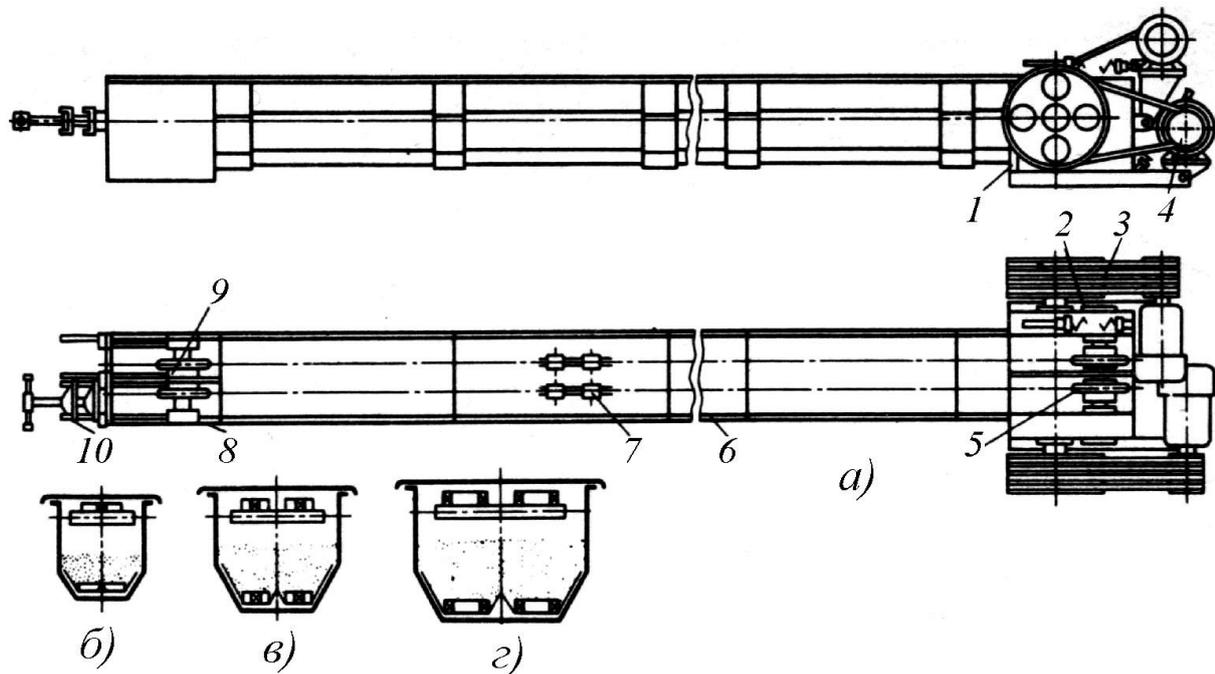
типа К4-УТФ и конвейера марки АЦ-9-400 со скоростью движения рабочего органа  $0,6 \div 0,9$  м/с. Транспортёры предназначены для горизонтального и пологонаклонного транспортирования зерна, отрубей, шрота, комбикормов и других сыпучих материалов на элеваторах, хлебоприемных пунктах, мельницах и других предприятиях по производству крупы, муки и комбикормов. Транспортёры типа УТФ отличаются от конвейеров типа ТСЦ применением штампованных секций короба, которые стыкуют в специальных рамках, позволяющих корректировать установку их в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Натяжные станции выполнены с подрессоренными натяжными звездочками и групповым натяжным устройством. Приводные станции оборудованы тяговыми звездочками с усовершенствованным профилем зуба. Транспортёр отличается улучшенной конструкцией, повышенной работоспособностью и ремонтпригодностью всех основных узлов. Управление транспортёром автоматическое, дистанционное с диспетчерского пункта предприятия. Краткие технические характеристики транспортёров типа ТСЦ и УТФ приведены в табл. 22.

Таблица 22 – Характеристика транспортёров  
типа ТСЦ, УТФ и АЦ

Показатели	ТСЦ- 25	ТСЦ- 50	ТСЦ- 100	ТСЦ- 175	УТФ- 200	УТФ- 320	АЦ-9- 400
Длина конвейера, м	25-50	25-50	25-50	75	50	50	60
Производительность (по зерну), т/ч	25	50	100	175	40	75	350
Размеры короба, мм: ширина	200	320	500	650	200	320	400
высота	320	430	430	430	320	430	-
Мощность привода, кВт	3-4	4-7,5	7,5-22	13-40	7,5	11	75
Линейно распределенная масса, кг	53-46	100-78	124-110	165-140	110	152	-

Скребокковые транспортеры Одесского завода продовольственного машиностроения изготовляют с одноцепным, двухцепным и четырехцепным рабочим органом на базе серийно выпускаемых тяговых цепей с открытым шарниром марок ИФ-125 и ИФ-160. Приводную станцию 1 (рис.56а) транспортера оборудуют одним или двумя редукторами 2 с клиноременными передачами 3 и эластичными муфтами и соответственно одним или двумя асинхронными двигателями 4 и тяговыми звездочками 5.

Короб транспортера (рис.56а) собирают из типовых секций 6, выполненных с оптимальным профилем сечения, оснащают вставными дополнительными (сменными футерующими) секциями для рабочей ветви и поддерживающими роликами для холостой ветви.



а) двухцепной транспортер вид общий; б) одноцепной транспортер;  
в) двухцепной транспортер; г) четырехцепной транспортер.

Рисунок 56 – Скребокковый транспортер с цепями ИФ.

Транспортер изготавливают с двумя независимыми контурами тяговых цепей 7, оборудованных консольными или балочными скребками. Натяжная станция 8 с независимым натяжением

каждого контура рабочего органа оборудуется подрессоренными блоками 9 и натяжным устройством 10 (рис.56).

Конструкции транспортеров, оборудованных цепями ИФ-125 и ИФ-160, в принципе аналогичны и различаются лишь габаритами и силовыми параметрами. Транспортеры, оборудованные одной тяговой цепью ИФ-125 (рис.56б), рассчитаны на производительность 38 т/ч при скорости движения цепи 0,4 м/с. При значениях скорости рабочего органа 0,8, 1,2 и 1,6 м/с производительность транспортирования составляет соответственно 75, 100 и 150 т/ч. Для двухцепного транспортера (рис.56в) при этих же скоростях движения тяговых цепей ИФ-160 производительность транспортирования составляет 150, 300 и 450 т/ч. Применение четырехцепного транспортера (рис.56г) с цепями ИФ-160 позволяет удвоить его производительность.

Транспортеры конструкции ВНИИПТМАШ, предназначенные для работы в любых условиях с пылящими, порошкообразными, зернистыми и мелкокусковыми грузами с температурой до 800°C, успешно применяют в производстве строительных материалов и в сельском хозяйстве. Транспортеры КПС-125, КПС-200 и КПС-320 с одноцепным рабочим органом выпускают малой и средней производительностей, а также, большой производительности: транспортеры КПС-500 и КПС-650 с двухцепным рабочим органом.

Привод транспортера 1 (рис.57) и приводную станцию 2 крепят неподвижно на фундаменте, а линейные секции короба 3, загрузочные секции 4 и натяжную станцию 5 монтируют без дополнительного крепления к фундаменту. Это позволяет компенсировать линейное удлинение транспортера при работе с горячими грузами.

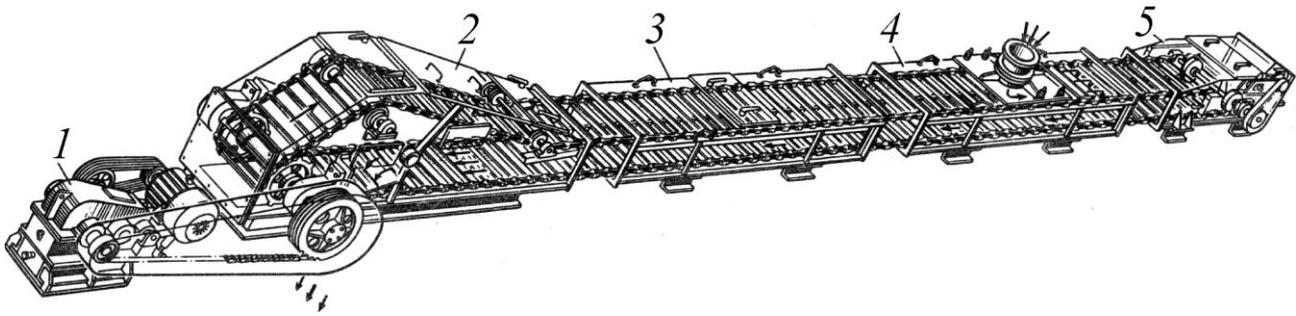


Рисунок 57 – Транспортер типа КПС.

Крутящий момент от привода к валу тяговых звездочек передается цепной передачей. На транспортерах типа КПС используют типовые приводы ВНИИПТМАШа и приводные станции с самонатяжением вильчатой тяговой цепи, выполненной из стали 30ХГСА.

Транспортеры типа КПС выпускают с рабочими шириной и высотой короба в свету: 125×90; 200×125; 320×200; 500×320 и 650×400 мм в горизонтальном, горизонтально-наклонном, вертикальном, *L*-образном и *Z*-образном исполнениях. Помимо этого, транспортеры изготовляют в обычном, термостойком и охлаждаемом исполнениях, что дает возможность не только транспортировать, но и охлаждать транспортируемые грузы.

Производительность транспортеров варьируется от 60 до 120 т/ч.

Транспортеры типа КПС, предназначенные для крутонаклонного (угол наклона 45, 60 и 75°) и вертикального транспортирования, оборудуют поворотными секциями *1* (рис.58) и рабочим органом с контурными скребками.

Приводная станция *2* транспортера (рис.58) благодаря цепной передаче допускает установку привода *3* в наиболее удобном месте. Пологонаклонное транспортирование (угол наклона до 30°) может осуществляться транспортером с прямолинейной трассой без дополнительных поворотных секций. Максимальная высота подъема груза транспортерами КПС-125ГНЛ, КПС-320L и КПС-650L составляет соответственно 20, 18 и 18 м. Минимальная длина горизонтального участка трассы для транспортеров КПС-650L,

оборудованных двумя независимыми тяговыми цепями с контурными скребками, около 3,5 м.

При транспортировании зернистых и пылевидных грузов производительность уменьшается примерно на 25÷50%.

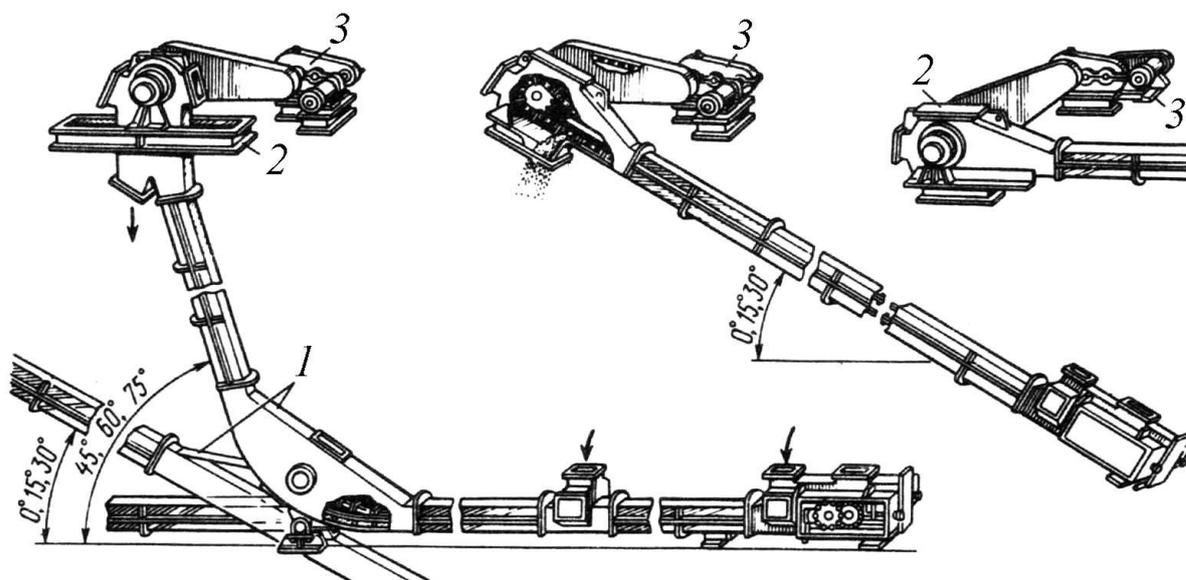


Рисунок 58 – Транспортеры КПС-125ГН и 125 ГН.

Интерес представляют транспортеры типа "Флоу" фирмы Тзубакимото Чейн Компани (Япония), выполняемые для различных трасс вплоть до Z-образных, вертикальных с петлевой загрузкой, циркуляционных вертикально или горизонтально замкнутых и т. п.

В мировой практике широко распространены горизонтальные и L-образные транспортеры, которые в конструктивном отношении аналогичны транспортерам КПС, однако имеют ряд особенностей. Так, при срезании штифта при предельном моменте звездочка цепной передачи смещается на ведомом валу и с помощью концевого выключателя отключает электродвигатель. На мощных транспортерах устанавливают турбомуфты. Приводные станции обычно выполняют с самонатяжением рабочего органа, термообработанными тяговыми звездочками с числом зубьев  $z=8\div 15$  и цепесъемниками. Однако это не исключает применения обычного натяжного устройства винтового типа. Транспортеры

комплектуют тяговыми цепями в обычном исполнении, повышенных прочности и износостойкости, а также обычными и контурными скребками различной конфигурации. Короб транспортера собирают из типовых прямоугольных секций длиной 2, 4 и 3 м нормальной высоты и уменьшенной примерно на 15%, что уменьшает массу секции примерно на 10%. Короб загружается сверху (через обратную ветвь) и сбоку - с одной или с двух сторон. Основные параметры транспортеров типа "Флоу" приведены в табл. 23.

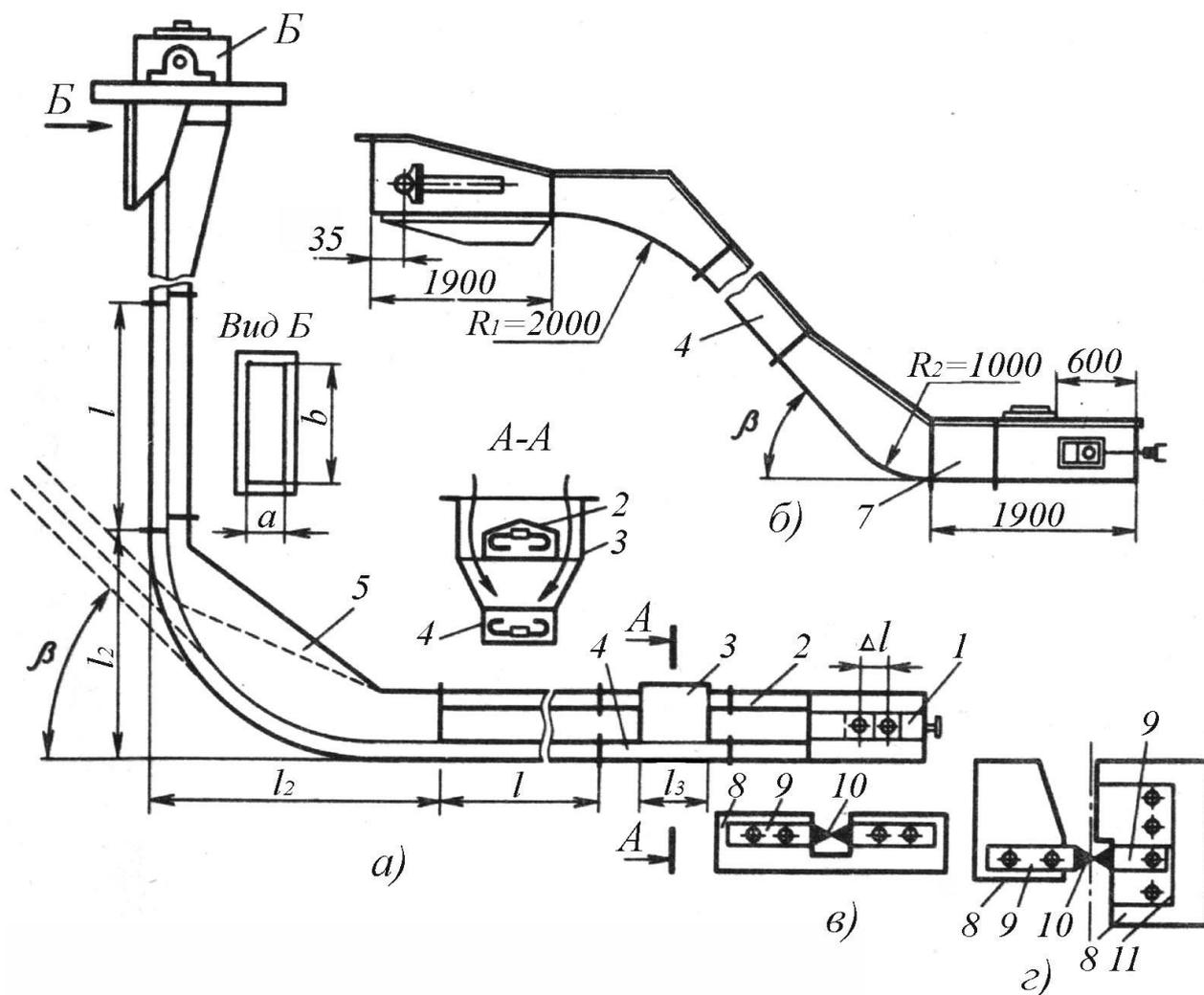
Таблица 23 – Основные параметры транспортеров типа "Флоу" фирмы Тзубакимото Чейн Компани (Япония)

Размеры секций, мм				Масса секции, кг	Масса станции, кг	
ширина рабочая	ширина габаритная	высота	длина		приводной	натяжной
150	240	369	2400	97	126	87
200	290	489	2400	124	217	153
270	390	461	3000	271	381	254
350	470	841	3000	337	649	450
440	530	841	3000	388	818	458
500	620	1099	3000	477	1392	819
600	720	1099	3000	509	1764	964

Транспортеры с горизонтально-наклонным транспортированием (*L*-образные) в горизонтальной части выполняют двухрукавными. Секции 4 транспортера типа КПС (рис.59а) рабочей ветви загружают через загрузочное устройство 3, обтекающее секцию верхней ветви 2. Секции короба выполняют длиной  $l = 3$  м, и при транспортировании на рабочей ветви абразивных материалов их футеруют дополнительными стальными листами. Соответственно ширине рабочей части короба 160÷600 мм габаритная ширина его изменяется от 236 до 700 мм, высота от 125 до 325 мм.

Высота рабочей части короба для обратной ветви принимается на 10 мм больше рабочей. На поворотной секции 5 (рис.59а)

нижняя ветвь свободно провисает и самонатягивается, однако транспортеры обязательно оборудуют специальным натяжным устройством  $1$  с ходом оси  $\Delta l = 200 \div 450$  мм.



а) L-образная трасса; б) Z-образная трасса; в) полиэтиленовые скребки;  
г) полиэтиленовые пластины.

Рисунок 59 – Транспортеры с L-образной и Z-образной трассами.

Поворотную секцию соответственно ширине рабочей части короба выполняют длиной  $l_2 = 1300 \div 3400$  мм и высотой  $l_1 = 1500 \div 1800$  мм, при этом груз обычно перемещается по нижней секции с верхним расположением тяговой цепи. Однако выпускают транспортеры и с нижним расположением цепей. В последнем случае верхний рукав короба становится рабочим, и материал

загружается прямо в него; просвета между рукавами короба не остается. Для загрузки нижнего рукава короба длина загрузочного отверстия  $l_3 = 500 \div 1400$  мм (соответственно ширине короба), а для загрузки верхнего рукава –  $l_3 = 400 \div 800$  мм. Размеры разгрузочного отверстия  $a \times b$  (рис.59а) изменяются от  $400 \times 1000$  до  $800 \times 1600$  мм. Масса основных узлов транспортеров приведена в табл. 24.

Таблица 24 – Масса основных узлов транспортеров типа КПС

Ширина рабочей части короба, мм	Масса станции, кг		Масса промежуточных секций, кг					
	приводной	натяжной	горизонтальной	наклонной	вертикальной	поворотной на угол		загрузочной с нижней загрузкой
						60°	90°	
160	308	111	221	134	114	305	240	149
240	549	208	286	203	178	446	330	260
320	753	279	408	283	287	722	539	355
410	1184	436	432	342	324	985	739	519
500	2119	813	613	459	425	1782	1400	643
600	2653	861	809	526	495	2158	1603	998

Приводная станция 6 выполнена с цепной передачей и смонтирована аналогично приводной станции транспортеров типа КПС. Аналогичные транспортеры типа KLT выпускает югославская фирма "Утва" с шириной рабочей части секции короба 7 (рис. 59б) 240, 290, 340 и 390 мм, длиной до 50 м и высотой подъема около 20 м. Транспортеры обеспечивают производительность транспортирования зерна (насыпная масса  $0,75 \text{ т/м}^3$ )  $30 \div 200$  т/ч при мощности привода  $12 \div 30$  кВт. Угол наклона  $\beta$  секций 4 средней части конвейера изменяется от 20 до 80° (через 5°), а длина участка от загрузочного люка до начала подъема – от 1,5 до 2,5 м.

Транспортеры фирмы "Трамко" (Швеция) имеют конструкцию, аналогичную конструкции транспортеров типа КПС, выпускают с размерами (ширина рабочей части  $\times$  высота короба),

изменяющимися от 127×178 до 300×915 мм, со скоростью движения рабочего органа до 1,6 м/с. Поворотную секцию выполняют без расширения и провисания холостой ветви с радиусом закругления  $R=1,5\div 3$  м (соответственно ширине короба). Основной особенностью транспортера является применение скребков 8 (рис.59в) из высококачественного полиэтилена толщиной 10÷20 мм, которые болтами крепят к кронштейнам 9 траковой цепи 10. Полиэтиленовые скребки скользят по днищу или направляющим на грузовой или холостой ветви и могут быть легко заменены при изнашивании. При этом достигается незначительное изнашивание короба, тяговых цепей и направляющих, уменьшение плотности, коэффициента сопротивления движению рабочего органа, бесшумность в работе и хорошая очистка короба. Для более плавного прохода стыков короба в них закладывают алюминиевые шины треугольного сечения и сборку ведут на направляющих штифтах со шпонками. Вместо контурных скребков применяют полиэтиленовые пластины 8 (рис.59г), увеличенные вверх и прикрепляемые к кронштейну 9 траковой цепи 10. При больших сечениях короба полиэтиленовый скребок 8 (рис.59д) крепят к обоим кронштейнам 9 траковой цепи 10 с помощью каркаса увеличенной жесткости 11. Скребки устанавливают на каждом звене цепи или с небольшим шагом, близким к  $t_H$ . На особо мощных транспортерах применяют двухцепной рабочий орган с несвязанными между собой тяговыми цепями.

Транспортеры фирмы "Траскат" (Италия), отличающиеся особой простотой конструкции, выполняют с вмонтированным одноступенчатым редуктором 2 (рис.60) и клиноременной передачей 1 или только с клиноременной передачей. Секции 3 соединяют накладками 4, приваренными к одной боковой стенке и притягиваемыми винтами ко второй стенке. Крышки 6 ставят на

быстросъемных соединениях или зажимах. Верхнюю ветвь рабочего органа обычно поддерживают направляющими из твердых пород дерева. Секции короба выполняют для одностороннего и двустороннего транспортирования. Поперечные шиберные затворы 7 поставляют заказчику с ручным или механическим приводом. Конвейеры выпускают с шириной рабочего органа 75, 90, 100, 140, 180, 200, 240, 300 и 400 мм с консольными U-образными и O-образными скребками.

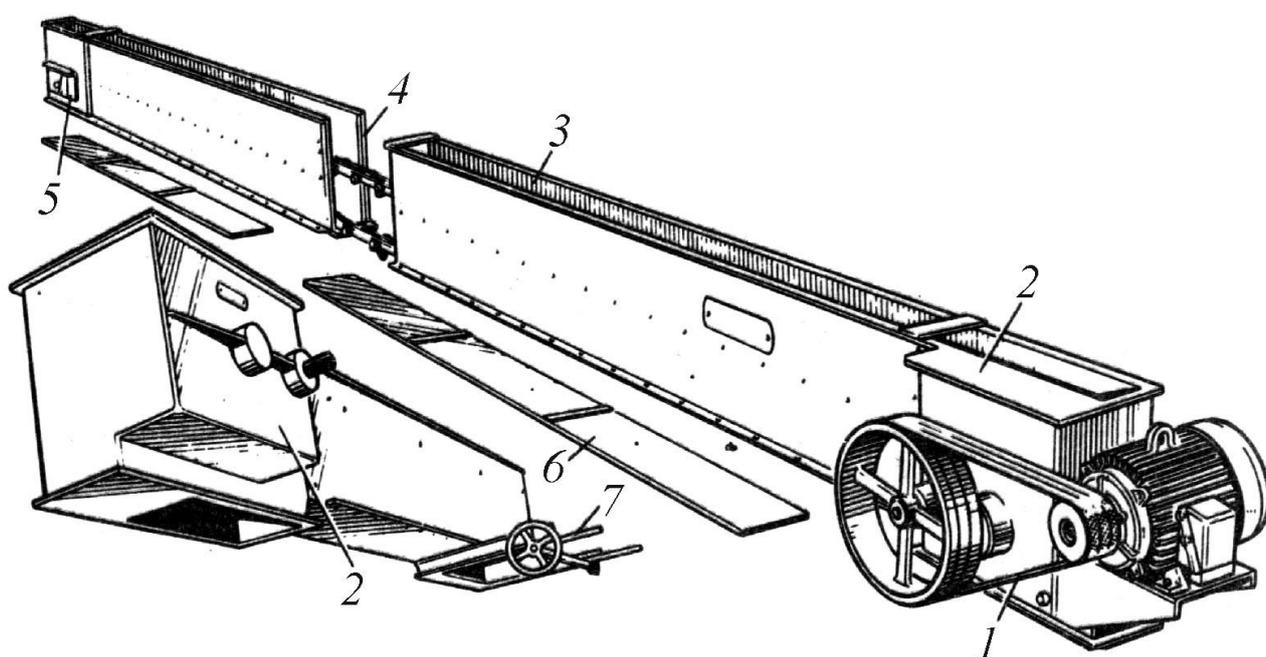


Рисунок 60 – Транспортер фирмы "Траскат" (Италия).

При этом размеры секций короба изменяются от 131×229 до 510×760 мм, производительность – от 9 до 200 т/ч и мощность привода – от 0,23 до 4,5 кВт на 10 м длины транспортирования. В то же время размеры привода (без клиноременной передачи) изменяются от 800×272×290 до 1300×860×850 мм, а размеры натяжной станции 5 – от 200×430 мм до 750×1300 мм. Скорость движения рабочего органа составляет 0,5 м/с. Длина транспортеров может составлять до 100 м.

Самые легкие транспортеры "Лаинхбур" и "Бенталл" (Великобритания) выпускают с коробом 5 (рис.61), выполненным из дерева и покрытым огнестойким лаком.

Транспортеры с реверсивным рабочим органом устанавливают на опорах или подвешивают. Приводная станция 4 (рис.61) оборудована электроприводом 3 с червячным редуктором 2 и цепной передачей 1 на приводную звездочку, а натяжная станция 9 оборудована винтовым натяжным устройством 8.

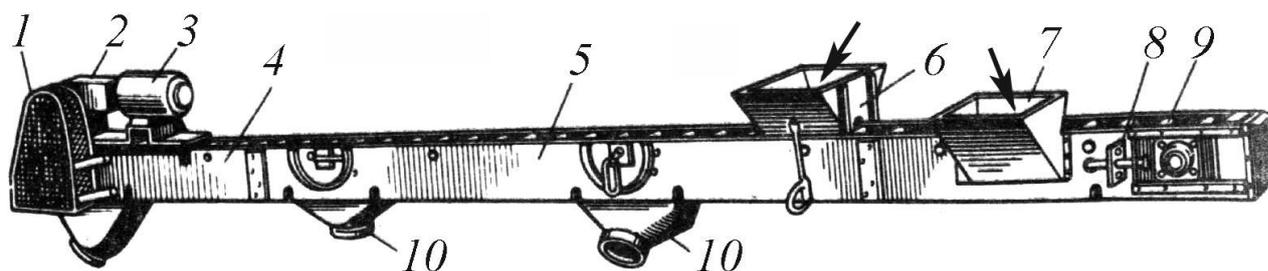


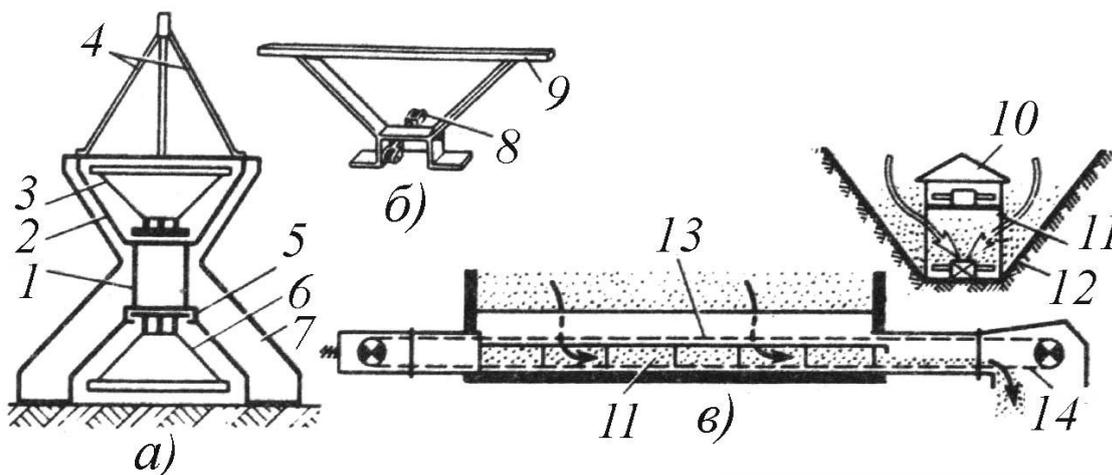
Рисунок 61 – Лёгкий транспортер фирмы "Лаинхбур" (Великобритания).

Данный тип транспортеров в основном предназначен для транспортирования зерна с верхней 6 или боковой 7 загрузкой и разгрузкой через разгрузочные люки 10. Транспортеры выпускают с шириной короба 190, 240 и 280 мм, производительностью соответственно 8, 15 и 20 т/ч при длине 40, 34 и 30 м. Транспортеры "Бенталл" выпускают длиной до 40 м и производительностью 8, 12, 20 и 30 т/ч при мощности привода до 2,5 кВт.

Транспортеры "Супер-Флоу", также выполняемые небольшой производительности, отличаются применением сферического дна и направляющей полосы, удерживающей скребки от всплывания (рис.53е). Фирма "Симон-Баррон" выпускает аналогичные транспортеры, но с плоским днищем. При ширине рабочего органа примерно 152, 228, 305, 356, 407, 508 и 610 мм и скорости

движения рабочего органа  $0,5\div 0,7$  м/с транспортеры обеспечивают производительность  $24,3\div 438$  м<sup>3</sup>/ч.

Фирма "Нордон-Фрухиншольц-Диеболд" (Франция) выпускает ряд транспортеров специально для обслуживания складов зерна и зернохранилищ. Транспортеры подвешного типа оборудованы жестким коробом 1 (рис.62а), по верхней части которого, в желобе 2, перемещается холостая ветвь 3 рабочего органа транспортера, а в направляющих днища 5 перемещаются звенья 6 подвешенной в них рабочей ветви.



а) подвешной транспортер, вид общий; б) рабочий орган; в) транспортер для работы под навалом зерна.

Рисунок 62 – Транспортеры для зернохранилищ.

Короб (рис.62а) для увеличения продольной жесткости оборудуется по всей длине фермой 4 и при длине, большей 15 м, подвешивается на двух блоках, установленных вблизи приводной и натяжной станций, к лебедкам кран-балки или козлового крана. Короб может опираться также на две тележки, перемещающиеся по рельсам и оборудованные подъемными устройствами. При опускании короб становится на почву опорами 7, выполняющими одновременно и роль ребер поперечной жесткости. Приводная станция транспортера оборудована мотор-редуктором и тяговыми

звездочками со сменными зубьями или венцами. Рабочий орган транспортера комплектуют оригинальными тяговыми вильчатыми цепями, к звеньям 8 (рис.62б) к которым прикрепляют скребки 9, выполненные в виде рамок. Транспортер, подвешиваемый над навалом зерна, опускаясь вниз или перемещаясь (боком) вдоль навала, подает зерно толстым слоем, разгружая навал. По данным фирмы, транспортер оставляет на поверхности неубранный слой зерна толщиной не более 5 см. Подвесные транспортеры выпускают длиной до 26 м производительностью до 100 т/ч с автоматическим и дистанционным управлением.

Эта же фирма выпускает транспортеры для загрузки и разгрузки складов с работой непосредственно под штабелем груза. Загрузочные конвейеры оборудуют коробом прямоугольного сечения из стальных листов толщиной 2, 4 и 6 мм. Рабочий орган оборудуют консольными скребками для горизонтального и пологонаклонного транспортирования или контурными скребками для крутонаклонного транспортирования. При размерах короба 200×330, 250×455, 370×455 и 450×455 мм производительность горизонтальных транспортеров составляет соответственно 50, 100, 150 и 300 т/ч, а крутонаклонных – 35, 75, 100 и 200 т/ч. Транспортеры, предназначенные для работы в складах под навалом зерна, выполняют с более жесткой верхней частью 10 (рис.62в) секций короба и усиленными боковыми стенками, оборудованными проемами 11 для свободного поступления зерна с боков. Благодаря такой конструкции короба рабочий орган не воспринимает сопротивления движению от массы всего навала зерна, а взаимодействует лишь со слоем, находящимся на рабочем органе. Транспортер, устанавливаемый непосредственно на дне бункера с наклонными боковыми стенками 12 днища находится под полным слоем зерна, лежащего в бункере. При включении в работу верхняя

ветвь 13 перемещается в закрытой части короба, а нижняя непрерывно взаимодействует с зерном, поступающим в короб через боковые проемы и транспортирует его непрерывным потоком к разгрузочному люку 14.

Представляют интерес транспортеры типа СКТ (рис.63) фирмы "Bühler" (Швейцария), предназначенные для перегрузки хорошо сыпучих грузов: зерна, сахара-сырца, соли, соды, хлебных продуктов, соевых бобов, угля и т. п. Отличительной особенностью этих транспортеров является самозагрузка из-под навала в петлевом устройстве и мощный несущий короб без дополнительных ферм или опор. Транспортер, подвешиваемый только за приводную или за приводную и натяжную станции, опускают непосредственно в сыпучий материал загрузочной частью. Рабочий орган транспортера захватывает материал в навале и перемещает его вплоть до разгрузки или перегрузки на другой транспортер.

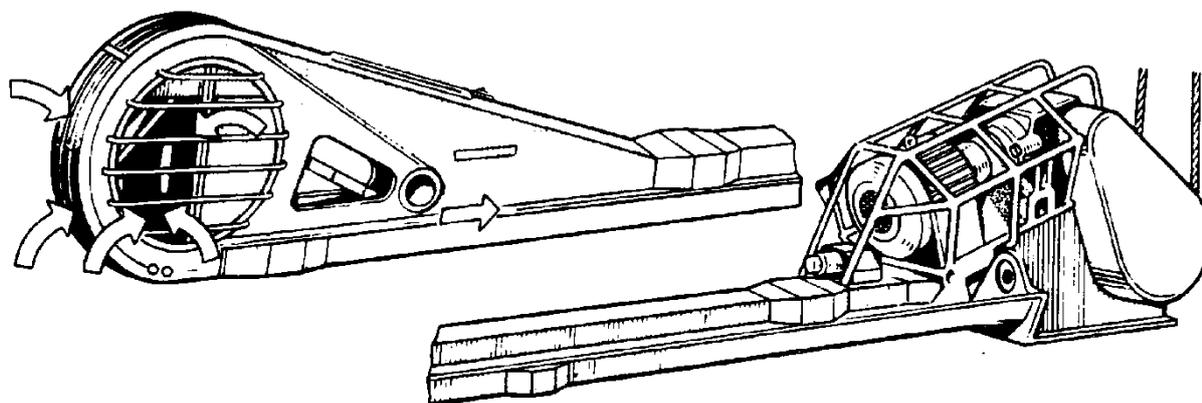


Рисунок 63 – Транспортер типа СКТ.

Для перемещения сыпучих грузов по сложным трассам в одной транспортной цепи можно использовать несколько транспортеров.

К основным преимуществам данного типа транспортеров (относительно кранов с грейферами) относят простоту конструкции, малые габариты при большой производительности,

возможность перемещения груза по пространственным трассам в закрытом желобе, полное отсутствие пыления, непрерывность потока груза и полную автоматизацию работы. Основными недостатками являются значительное изнашивание секции короба и цепи, относительно большое потребление энергии, которое, однако, в 5-6 раз меньше потребления энергии при использовании пневмотранспорта, и непригодность этих транспортеров для перемещения крупнокусковых твердых материалов.

Транспортеры СКТ выпускают трех типов производительностью 75, 150 и 225 т/ч (по зерну) в 25-ти исполнениях. Транспортеры длиной 4,7÷16; 6÷16 и 9,2÷26 м, оборудуемые приводом мощностью соответственно 3,7÷14,5; 9,2÷26 и 18,5÷33 кВт, имеют массу 1,25÷2,47; 2,0÷3,4 и 3,5÷5,4 т. Годовая стоимость перегрузки 1 т груза на перевалочных пунктах с помощью транспортеров и кранов примерно одинакова. Однако значительное улучшение условий труда и возможность использования транспортеров типа СКТ в любых условиях, обеспечили им широкое распространение.

Для самотечной перегрузки зерна фирма "Bühler" выпускает специальные гибкие трубы, собираемые из конических патрубков.

Специальные передвижные транспортеры на колесах с пневматическими шинами выпускает фирма "Андерслей Инжинирс Лимитед" (Англия) с шириной рабочего органа 4, 6, 8, 10 и 12 дюймов (102÷305 мм). Данные транспортеры в принципе аналогичны описанным и при размерах короба 170×200, 220×250, 275×300, 350×360 и 400×415 мм развивают производительность соответственно 10, 20, 35, 55 и 75 т/ч. При увеличении высоты короба от 290 до 720 мм транспортеры можно использовать для перемещения груза в двух направлениях. Часто в качестве передвижных используют обычные транспортеры, установленные

на различные тележки или колеса. Угол наклона транспортера изменяют с помощью различных подъемных устройств.

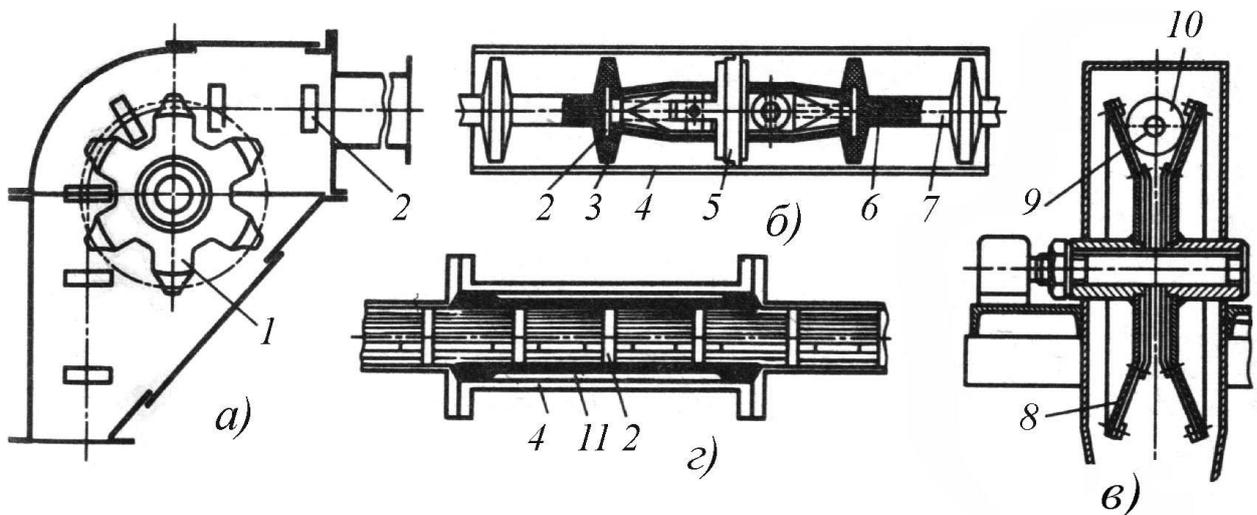
В ряде случаев в отечественной и зарубежной промышленности транспортеры с погруженным рабочим органом используют также на сортировке сыпучих материалов (для этого дно короба выполняют с соответствующими просеивающими элементами) в качестве питателей, бункероразгрузчиков или бункерозагрузчиков и т.п. Одной из разновидностей транспортеров с погруженным рабочим органом являются также циркуляционные транспортеры, которые применяются с коробом прямоугольного или круглого (из труб) сечения.

Циркуляционный транспортер с прямоугольным сечением секций короба обычно выполняют с движением рабочего органа по контуру, замкнутому в горизонтальной, наклонной или вертикальной плоскости. Особенностью транспортера является загрузка и разгрузка его в любой точке контура и возможность перемещения материала (циркуляции) по всему контуру. В конструктивном отношении основные элементы этих транспортеров аналогичны элементам описанных ранее конвейеров.

Аналогично может работать и трубчатый транспортер, который оборудуют круглыми скребками, более просто обеспечивающими поворот рабочего органа на пространственных трассах. Скребки трубчатых транспортеров согласно рекомендациям ВНИИПТМАШа необходимо выполнять диаметром 94, 142 и 198 мм для труб с внутренним диаметром 100, 150 и 207 мм и устанавливать с шагом  $320\div 600$  мм для горизонтальных транспортеров и  $160\div 400$  мм для транспортеров с пространственной трассой. Такие транспортеры при скорости

движения рабочего органа 0,16 м/с и массе 1 м 8,7÷17,6 кг развивают производительность до 4÷16 м<sup>3</sup>/ч.

В качестве тягового органа можно использовать круглозвенные, пластинчатые и другие цепи (одно- или двухшарнирные в зависимости от поворота трассы в одной или двух плоскостях) и тяговые или отклоняющие звездочки 1 (рис.64а) со свободным проходом скребков 2.



а) тяговая звездочка; б) конструкция скребка; в) отклоняющий ролик;  
г) герметичный участок.

Рисунок 64 – Основные узлы трубчатых транспортеров.

Для уменьшения изнашивания в шарнирах пластинчатой цепи между соседними пластинами или между пластиной и шайбой (снаружи) прокладывают уплотнительные кольца из эластичных материалов. Для уменьшения шума и увеличения долговечности конвейера скребки 2 (рис.64б) армируют упругими материалами 3. Трубы 4 применяют с утолщенной стенкой и в процессе эксплуатации периодически поворачивают на 90°, а колена на поворотах трассы для упрощения замены делают разборными. В отдельных конструкциях в качестве тягового органа используют стальной трос 6, защищенный резиновой или пластиковой обечайкой 7 (рис.64б). Для очистки внутренней поверхности от

налипающего материала и восстановления рабочего диаметра труб рабочий орган оборудуют стальными очистными скребками 5 (рис.64б). При использовании в качестве тягового органа стального каната вместо отклоняющих и тяговых звездочек применяют отклоняющие ролики 8 (рис.64в) со сферическими или коническими желобами или тяговые блоки с фрикционным коническим ободом. При этом тяговое или отклоняющее усилие передается к тяговому органу 9 через скребки 10.

Для загрузки и разгрузки материала в полости, которую необходимо герметизировать (например, с вакуумом или повышенным давлением) относительно корпуса транспортера, устанавливают герметичные затворы, выполняемые в виде участка трубы 4 (рис.64г), армированного упругим материалом 11, и имеющие вследствие этого уменьшенный диаметр.

Трубчатые транспортеры выполняют небольшой общей длиной трассы с невысокой производительностью. Так, конвейеры фирмы "Фишер и Лудлоу" при внутреннем диаметре трубопровода 76, 102, 127, 152 и 203 мм и максимальной скорости движения рабочего органа 0,45 м/с развивают производительность соответственно 5, 10, 16, 24 и 39 м<sup>3</sup>/ч. Аналогичные транспортеры выпускают фирма "Хепмен Конвейерс" (США) и другие фирмы.

Основными преимуществами трубчатых транспортеров являются возможность доставки материалов по сложным трассам; высокая герметизация с учетом возможности загрузки и разгрузки на участках с повышенным или пониженным давлением. Наряду с этим следует отметить, сложность определения места аварии и обслуживания трубчатых транспортеров; ограничения при транспортировании горячих и абразивных материалов; ограниченную кусковатость транспортируемых материалов (обычно размер куска должен быть меньше 0,1 внутреннего

диаметра трубопровода); увеличение массы и стоимости по сравнению с обычными транспортерами.

Вследствие этого трубчатые транспортеры рекомендуется применять при транспортировании по сложным пространственным замкнутым трассам пылевидных, порошкообразных и зернистых негорячих и малоабразивных материалов при ограниченной длине и производительности транспортирования.

### **5.6. Установки для непрерывной разгрузки судов и барж**

В настоящее время, одним из основных средств вертикальной транспортировки насыпных грузов в портовых перегружателях транспортерного типа большой производительности являются ковшовые элеваторы.

Фирма "Delattre Levivier" (Франция) после большого числа опытов, проведенных с использованием уменьшенных моделей, разработала установки производительностью от 500 до 5000 т/ч для непрерывной разгрузки судов до 200 тыс. т (рис.65). Установка содержит вертикальный цепной ковшовый элеватор, у верхней головки которого предусмотрен тарельчатый питатель для подачи груза на отводящий ленточный транспортер. Элеватор и транспортер с помощью опорно-поворотного устройства смонтированы на конце нижнего звена качающейся укосины параллелограммного типа; верхнее звено укосины снабжено уравновешивающим контргрузом.

Устройство имеет рельсовый портал, пути которого уложены вдоль причальной стенки. Портал несет опорно-поворотное устройство, поддерживающее укосину; может быть предусмотрено исполнение с установкой опорно-поворотного устройства на дополнительную каретку для смещения его в поперечном

направлении относительно рельсовых путей. В центре портала предусмотрена точка для передачи поступающего по транспортеру укосины груза в буферные бункера. Из бункеров через управляемые затворы груз может быть передан на магистральный отводящий конвейер, расположенный вдоль внешней нитки пути. Груз может подаваться также непосредственно в вагоны.

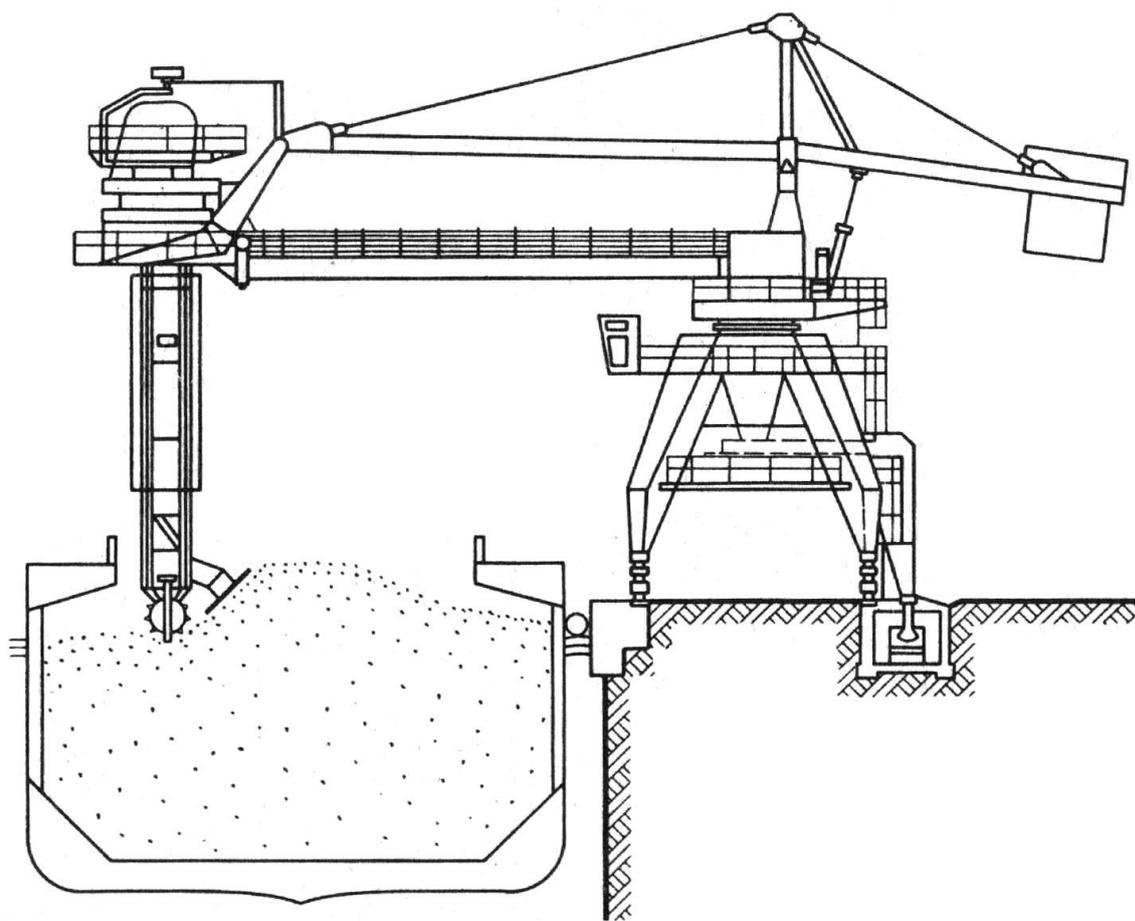


Рисунок 65 – Роторно–транспортная установка "Delattre Levivier" для непрерывной разгрузки судов и барж.

Для регулирования подачи груза на головку захватывающего устройства элеватора последняя оборудована ножом, установленным с возможностью регулирования положения.

При продольном движении нож срезает слои материала, обрушивающиеся на головку. В сочетании с изменением скорости

движения портала это позволяет в широких пределах регулировать количество поступающего на элеватор материала.

В свою очередь, поворот элеватора относительно вертикальной оси позволяет изменять угол взаимодействия кромки ковшей с грузом, что дает возможность эффективно захватывать материалы с различными механическими и гранулометрическими показателями. За счет поворота элеватора повышается также маневренность установки, что обеспечивает улучшение очистки судовых трюмов.

В начале процесса разгрузки вертикальным движением укосины опускают элеватор, внедряя его головку в штабель груза на глубину слоя, подлежащего захвату. Затем поворачивают элеватор на  $90^\circ$  и начинают послойную выгрузку, осуществляя подачу груза на элеватор движением портала. Основные технические характеристики роторно–транспортной установки для непрерывной разгрузки барж приведены в табл. 25.

Ковши элеватора имеют сварную конструкцию; их режущие кромки усилены сменными накладками. Управление ножом нижней головки осуществляется посредством гидроцилиндра. Предусмотрены датчики, сигнализирующие о приближении ковшей элеватора к борту судна. В механизме поворота укосины предусмотрен ограничитель крутящего момента. Кабина оператора установки снабжена системой кондиционирования воздуха.

Фирма РНВ (Pohlig-Heckel-Bleichert) (ФРГ) создала разгрузчик, разработанный специально для разгрузки из судов сырого асбеста, который обладает весьма неприятным свойством - способностью сильно уплотняться, что сильно затрудняет выгрузку его с помощью грейферного разгрузчика: грейфер приходится сначала использовать для разбивания и рыхления асбеста, а только затем производить черпание.

Таблица 25 – Техническая характеристика  
роторно–транспортной установки

Параметр	Значение
Производительность, т/ч	1000
Вылет, м	23
Транспортируемый груз	Фосфат
Насыпная плотность, т/м <sup>3</sup>	1,3
Межосевое расстояние элеватора, м	19
Диаметр тарельчатого питателя, м	4,5
Ширина ленты конвейера укосины, мм	1200
Скорость движения ленты, м/с	2,4
Скорость поворота укосины, об/мин	0–0,19
Диаметр двухрядного опорно-поворотного устройства, м	3,4
Диаметр цилиндра двойного действия для наклона укосины, мм	250/160
Ход поршня, мм	2600
Колея портала, м	9
Количество ходовых колес:	
общее	16
приводных	8
Диаметр ходовых колес, мм.	630
Установленная мощность электродвигателей, кВт	370
Масса установки, т	370

Фирма "Norclströms" (Швеция), специализирующаяся в области создания оборудования для погрузочно-разгрузочных работ с насыпными грузами, преимущественно для загрузки и разгрузки судов и барж разработала береговой транспортерный разгрузчик судов и барж. Груз захватывается ковшовым колесом и подается на вертикальный винтовой элеватор, из которого через закрытый шарнир попадает на горизонтальный винтовой транспортер стрелы и через бункер, проходящий сквозь опорно-поворотное устройство стрелы – на береговой ленточный транспортер, идущий вдоль линии причала. Изменения углов наклона вертикального винтового элеватора и стрелы с горизонтальным транспортером осуществляются с помощью мощных гидроцилиндров.

Установка обеспечивает практически полную разгрузку судна или баржи, оставляя на дне лишь слой материала в 5 см, который удаляется вручную лопатой.

## 5.7. Снижение шума транспортирующих машин

Для улучшения условий и повышения производительности труда постоянно ведутся работы по улучшению шумовых характеристик транспортирующих машин. Фирма "Consolidation Coal Co" (США) в целях снижения шума от транспортирующего и технологического оборудования предприятий, перерабатывающих продукцию сельского хозяйства выполнила обширную экспериментально-исследовательскую программу по применению специального энергопоглощающего полимерного материала, прикрепляемого в виде эластичных листов и полос непосредственно к рамам виброгрохотов, концевым станциям ленточных транспортеров, разгрузочным желобам и другим устройствам.

Полимерный материал, получивший наименование EAR (Energy Absorbing Resin), обладает способностью поглощать механическую энергию, т. е. способностью демпфирования. Хотя все металлы в той или иной степени обладают способностью демпфирования, однако при ударе камней или кусков угля о сталь лишь небольшая часть энергии поглощается металлом. Большая часть ее в виде шума выделяется в окружающую среду. Сочетание: полимерный материал–сталь превращается в виброгасящую систему, в которой при ударе куска угля оба компонента вибрируют как одно целое. Значительная часть энергии удара рассеивается в материале в виде тепла, которое, однако, вызывает повышение температуры материала всего на 1-2°С. В конечном счете, энергия, обычно превращаемая в звуковые колебания, существенно уменьшается. С помощью данного полимерного материала шум, производимый механизмами, можно уменьшить более чем на 30 дБ!

В процессе испытаний качающийся грохот размером 3,05×1,22 м был покрыт диагональными полосами полимерного материала

шириной 12,7 мм и толщиной 4,8 мм, которые крепились при помощи стальных шпилек. Было покрыто всего 22% доступной площади грохота, однако это позволило уменьшить уровень шума на 16 дБ.

В другом случае, полимерным материалом толщиной 4,8 мм были облицованы несколько желобов и последняя секция транспортера. При этом крепление материала и стальных накладок производилось при помощи вытяжных заклепок. Для повышения эффекта демпфирования на заклепки надевались шайбы из того же полимерного материала.

Вместо указанного механического метода крепления возможно приклеивание материала при помощи эпоксидных и полиуретановых клеящих составов, что может повысить эффективность демпфирования. В результате указанных мер уровень шума желобов уменьшился на 3 дБ.

Хорошие результаты достигнуты также при облицовке данным материалом кожуха головки ленточного транспортера, транспортирующего крупнокусковой материал.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите основные отличия транспортеров, предназначенных для горячих грузов.
2. Опишите современную конструкцию привода транспортера.
3. Укажите область применения самотечных загрузочных рукавов.
4. Охарактеризуйте основные элементы конструкции самотечных загрузочных рукавов.
5. Чем руководствуются для определения величины натяжения рабочего органа скребковых транспортеров?
6. Рассказать, на чем основан выбор предпочтительной конструкции тяговой звездочки.
7. Перечислить наиболее распространенные конструкции современных скребковых транспортеров.
8. Дать понятие об установках для непрерывной разгрузки насыпных грузов.
9. Объяснить, с какой целью необходимо проводить мероприятия по снижению шума транспортирующих машин?

## Заключение

В последнее время значительное внимание ученых было уделено созданию герметичных транспортеров, непылящих перегрузочных устройств, снижению уровня шума работающего транспортного оборудования, что ведет к улучшению санитарно-гигиенических условий труда и как следствие, повышению производительности.

Использование достижений современной химии позволило создать различные типы современных резинотросовых тяговых органов, пластмассовых ковшей и скребков, износостойких и шумопоглощающих покрытий и футеровок, специальных высоконагруженных пар трения.

В качестве приводов внутрицеховых транспортеров вместо массивных и громоздких приводов, установленных на отдельной раме и сочленяющихся с приводным валом транспортера с помощью соединительных муфт или цепных передач, повсеместное распространение получили компактные и малометаллоемкие мотор–барабаны, мотор–редукторы и навесные приводы. Такая замена позволила значительно снизить массу приводных устройств, уменьшить их габаритные размеры, упростить их монтаж, обслуживание и ремонт.

Значительно шире стала область использования круглозвенных калиброванных цепей, достоинствами которых (по сравнению с наиболее часто применявшимися ранее пластинчатыми тяговыми цепями) являются: пространственная гибкость, что позволяет применять их для изгибающихся транспортеров различных типов; высокая прочность; малые потери металла при изготовлении; сравнительно небольшая масса; технологичность изготовления. Эти цепи занимают доминирующее положение в скребковых,

пластинчатых транспортерах и цепных элеваторах применяемых в сельском хозяйстве и перерабатывающей промышленности.

В настоящее время разрабатываются и все более широко применяются самые разнообразные (с точки зрения типа и сочетания транспортеров) разгрузочные системы, вытесняющие различные типы грейферных кранов и установок.

В последние годы, в АПК и ряде других отраслей широкое распространение получили высококомобильные погрузочно-разгрузочные транспортные средства на базе многофункциональных, производительных и маневренных колесных и гусеничных шасси.

Большинство современных конструкций разгрузочных устройств и установок непрерывного действия обеспечивают производительность 1000-5000 т/ч. Создаются и вводятся в эксплуатацию установки производительностью свыше 10 тыс. т/ч. Данные высокопроизводительные установки позволили существенно сократить продолжительность разгрузки, например суда водоизмещением 20–40 тыс. т теперь возможно разгрузить не за несколько суток, а всего в течение нескольких часов. Помимо перспективности этих установок с точки зрения возможности повышения их производительности, они также позволяют значительно улучшить санитарно-гигиенические условия труда (уменьшить запыленность), а также создать на их базе автоматизированные перегрузочные комплексы.

**1. Вилчатые погрузчики отечественного и зарубежного производства**

**АВТОПОГРУЗЧИК 4085**

Автопогрузчик 4085 предназначен для механизации погрузочно-разгрузочных работ, транспортировки и штабелирования штучных грузов, пакетированных и уложенных на поддоны, а также тяжеловесных грузов на складах, грузовых дворах, железнодорожных станциях, промышленных предприятиях, в морских и речных портах. На рис. 1 представлен его общий вид.



Рисунок 1 – Автопогрузчик 4085, вид общий.

## Продолжение

Автопогрузчик модели 4085 может эксплуатироваться в любых погодных условиях от  $-40$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ .

На рис. 2 изображена схема автопогрузчика 4085.

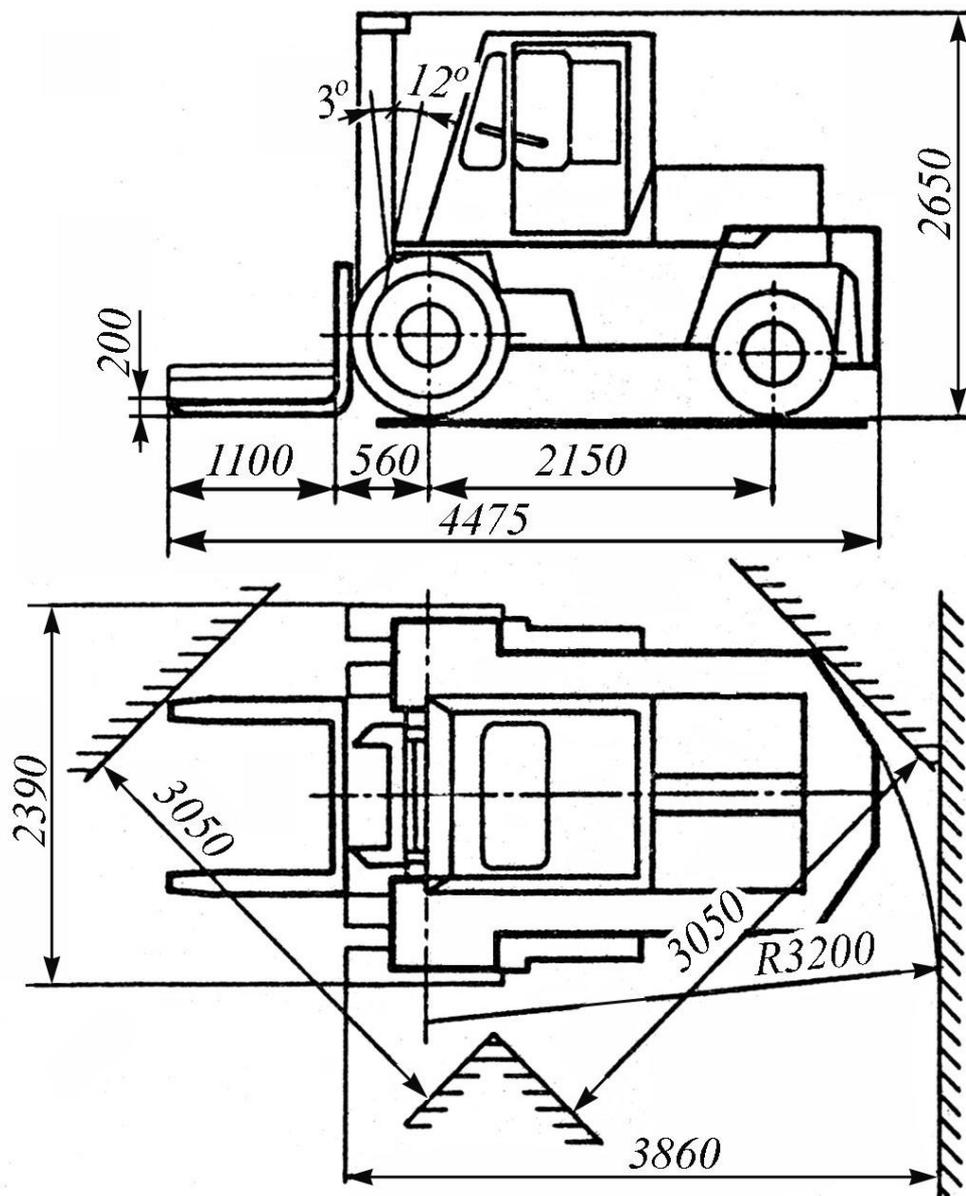


Рисунок 2 – Автопогрузчик 4085, схема.

Состоит из рамы, опирающейся на задние управляемые колеса и передний мост, двигателя с гидромеханической передачей, гидрообъемного рулевого управления, гидрогрузоподъемника, расположенного впереди, ведущего моста, гидравлической тормозной системы.

## *Продолжение*

Гидроподъемник, выполнен в виде трех раздвижных металлических рам, отличается простотой в обслуживании, высокими надежностью и безопасностью в работе.

Кроме вил, автопогрузчик может быть использован со следующими быстросменными грузозахватными приспособлениями: безблочной стрелой для штучных и тарных грузов, клещевым захватом или грейфером для лесоматериалов, ковшовым захватом или грейфером для сыпучих и кусковых грузов, боковым захватом или грейфером для грузов в пакетах, кипах, бадьях и бочках и т.д.

### Техническая характеристика:

Грузоподъемность, кг	5000;
Высота подъема, мм:	
груза	3300, 4500;
свободная	200;
Строительная высота по грузоподъемнику, мм	2650;
Длина, включая спинку вил, мм	3375;
Ширина, мм	2390;
База, мм	2150;
Расстояние от оси передних колес до спинки вил, мм	560;
Внешний радиус поворота, мм	3200;
Скорость:	
передвижения с грузом, км/ч	25;
подъема вил с грузом, м/с	0,4;
опускания вил без груза, м/с	0,36;
Двигатель:	
тип, модель	дизельный, Д-144;

*Продолжение*

мощность, кВт	44;
частота вращения, мин	2000;
Масса, кг	7030.

*Изготовитель – ЗАО «Автопогрузчик» (г. Львов, Украина)*

**ЭЛЕКТРОПОГРУЗЧИК СПЕЦИАЛЬНЫЙ ЭП-1009**

Электропогрузчик ЭП-1009 предназначен для трехсторонней переработки грузов, уложенных на поддоны размерами 800x1200 мм, при механизации подъемно-транспортных операций в стеллажных складах с твердым и ровным покрытием. На рис. 3 представлен его общий вид.



Рисунок 3 – Электропогрузчик ЭП-1009, вид общий.

*Продолжение*

Представляет собой двухосное шасси на пневматических шинах с передним ведущим и задним управляемыми мостами.

На рис. 4 изображена схема электропогрузчика ЭП-1009.

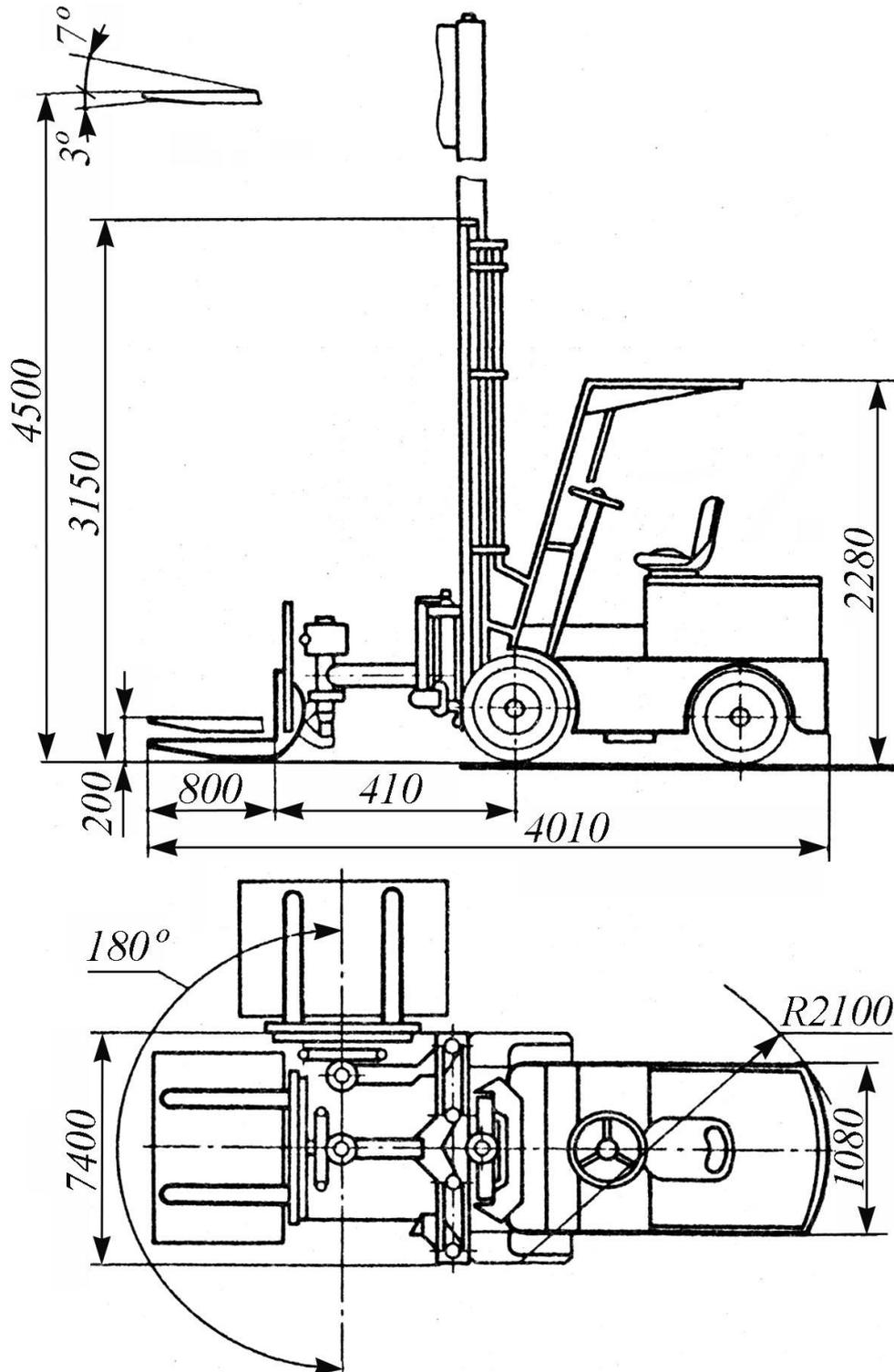


Рисунок 4 – Схема электропогрузчика ЭП-1009.

## *Продолжение*

На шасси смонтированы грузоподъемник, приводные механизмы, устройства управления и аккумуляторная батарея. Грузоподъемник 3-ех рамной конструкции с цилиндром подъема, оснащен кареткой смещения выполненной поворотной с возможностью наклона. Конструкция каретки обеспечивает смещение, разворот и наклон вил, что позволяет загружать и разгружать стеллажи как фронтально, так и с обеих сторон электропогрузчика.

Кроме того, вилы можно наклонять на 3° вниз и на 7° вверх, что расширяет возможности штабелирования груза.

### Техническая характеристика:

Грузоподъемность, кг	1000;
Высота подъема, мм:	
груза	4500;
свободная	200;
Строительная высота по грузоподъемнику, мм	3150;
Длина с вилами, мм	4070;
Ширина, мм	1400;
Расстояние от оси передних колес	
до спинки вил, мм	410;
Внешний радиус поворота, мм	2100;
Минимальная ширина, мм:	
проезда при штабелировании	1600;
проездов, пересекающихся под углом 90°	2350;
Скорость с грузом:	
передвижения, км/ч	12;
подъема вил, м/с	0,22;
поперечного смещения каретки, м/с	0,15;

*Продолжение*

Скорость опускания вил, м/с:	
с грузом	0,4;
без груза	0,25;
Угол поворота вил вокруг вертикальной оси,°	180;
Угол наклона вил,°	
вниз	3;
вверх	7;
Аккумуляторная батарея:	
тип	40ТНЖ-450-У2;
напряжение, В	48;
энергия, кВт.ч	21,6;
Масса, кг	4650;

*Изготовитель – ОАО «Канашиский завод электропорузчиков»  
(Россия).*

**ПОГРУЗЧИК ВИЛЬЧАТЫЙ «Амкодор-451А»**

Погрузчик «Амкодор-451А» предназначен для механизации погрузочно-разгрузочных работ, транспортировки и штабелирования штучных грузов, пакетированных и уложенных на поддоны, а также тяжеловесных грузов на складах, транспортных узлах автомобильного речного и железнодорожного транспорта, промышленных предприятиях. На рис. 5 представлен его общий вид.

Техническая характеристика:

Вид двигателя	колесный;
Грузоподъемность, т	5;
Высота подъема, мм	3300;
Двигатель:	
модель	Д-245;
мощность, кВт (л.с.)	73,5(100);

*Продолжение*

рабочий объем, см <sup>3</sup>	4750;
Конструкционная масса, кг	7400;
Конструктивная скорость, км/ч	20;
Габаритные размеры, мм	5080x2000x2630;
Категория самоходной машины	«С».



Рисунок 5 – Погрузчик «Амкодор-451А».

*Изготовитель – концерн «Амкодор».*

### ПОГРУЗЧИК ВИЛЬЧАТЫЙ ВП-1,6

Предназначен для механизации подъемно-транспортных операций на производственных и складских площадках с твердым и ровным покрытием.

Состоит из шасси на пневматических шинах, ведущего и управляемого мостов, двигателя, сцепления с коробкой передач, грузоподъемника и систем управления. Грузоподъемным устройством являются вилы, вместо них могут быть установлены различные грузоподъемные приспособления. Общий вид погрузчика ВП-1,6 представлен на рис. 6.

*Продолжение*



Рисунок 6 – Погрузчик ВП-1,6.

Техническая характеристика:

Вид движителя	колесный;
Грузоподъемность, т	1,6;
Высота подъема, мм	2800;
Двигатель:	
модель	«Perkins 404C-22»;
мощность, кВт (л.с.)	30(41);
рабочий объем, см <sup>3</sup>	н.д;
Конструкционная масса, кг	2800;
Конструктивная скорость, км/ч	20;
	<i>Продолжение</i>
Габаритные размеры, мм	2970x1100x2060;
Категория самоходной машины	«С».

*Изготовитель – ОАО «Тверской экскаватор».*

*Продолжение*

## ПОГРУЗЧИК ВИЛЬЧАТЫЙ ХТЗ-25ПВ1

Предназначен для механизации погрузочно-разгрузочных работ в промышленности, сельском и коммунальном хозяйствах. Эксплуатируется на открытых грунтовых площадках, вентилируемых складских помещениях. Высокая производительность, хорошая обзорность и высокая маневренность, простота в обслуживании и ремонте.

Состоит из шасси на пневматических шинах, ведущего и управляемого мостов, двигателя, сцепления с коробкой передач, грузоподъемника и систем управления. Грузоподъемным устройством являются вилы, вместо них могут быть установлены различные грузоподъемные приспособления. Общий вид погрузчика ХТЗ-25ПВ1 представлен на рис. 7.



Рисунок 7 – Погрузчик ХТЗ-25ПВ1.

## *Продолжение*

### Техническая характеристика:

Вид движителя	колесный;
Грузоподъемность, т	1;
Высота подъема, мм	2800;
Двигатель:	
модель	Д-120;
мощность, кВт (л.с.)	21,4(29);
рабочий объем, см <sup>3</sup>	2080;
Конструкционная масса, кг	2800;
Конструктивная скорость, км/ч	16;
Габаритные размеры, мм	3945x1420x2315;
Категория самоходной машины	«В».

*Изготовитель – ОАО «Харьковский тракторный завод».*

## **2. Мини-погрузчики фронтальные отечественного и зарубежного производства**

Предназначены для механизации погрузочно-разгрузочных работ с грунтом, сыпучими и мелкокусковыми материалами, как в стесненных, так и обычных условиях, транспортно-складских работ со штучными грузами, специальных работ (очистки от снега дорог и тротуаров). Мини-погрузчики (рис.8-11) имеют грузоподъемность в среднем, до 1000 кг. Состоят из шасси на пневматических шинах с индивидуальным приводом на каждое из 4-ех ведущих колес, двигателя с гидрообъемной трансмиссией, грузоподъемника и систем управления. Рабочим органом является прямая лопата или ковш.

МИНИ-ПОГРУЗЧИК «Амкодор-208В»



Рисунок 8– Мини-погрузчик «Амкодор-208В».  
Техническая характеристика:

Вид движителя	колесный;
Грузоподъемность, т	1,05;
Объем ковша, м <sup>3</sup>	0,52;
Высота разгрузки, мм	2400;
Двигатель:	
модель	Д-242;
мощность, кВт (л.с.)	44,16(60);
рабочий объем, см <sup>3</sup>	4750;
Конструкционная масса, кг	3700;
Конструктивная скорость, км/ч	10;
Габаритные размеры, мм	3479x 1800x2120;

*Продолжение*

Категория самоходной машины

«С».

*Изготовитель – концерн «Амкодор».*

### МИНИ-ПОГРУЗЧИК ПУМ-800/1000



Рисунок 9 – Мини-погрузчик ПУМ-800/1000.

#### Техническая характеристика:

Вид движителя	колесный;
Грузоподъемность, т	0,8/1,0;
Объем ковша, м <sup>3</sup>	0,38;
Высота разгрузки, мм	2,15;
Двигатель:	
модель	Д-144-06;
мощность, кВт (л.с.)	44(60);
рабочий объем, см <sup>3</sup>	4150;

*Продолжение*

Конструкционная масса, кг	3700;
Конструктивная скорость, км/ч	10;
Габаритные размеры, мм	3700x1600x2450;
Категория самоходной машины	«С».

*Изготовитель – ГУП ПО «Уралвагонзавод».*

**МИНИ-ПОГРУЗЧИК «Komatsu SK714-5»**



Рисунок 10 – Мини-погрузчик «Komatsu SK714-5».

**Техническая характеристика:**

Вид движителя	колесный;
Грузоподъемность, кг	650;
Высота подъема, мм	2850;
Двигатель:	
модель	4D88E-1FD;

*Продолжение*

мощность, кВт (л.с.)	34,7 (47,2);
объем, см <sup>3</sup>	2400;
Конструкционная масса, кг	2530;
Конструктивная скорость, км/ч	16;
Габаритные размеры, мм	3200x1550x1960;
Категория самоходной машины	«С».

*Изготовитель – фирма «Komatsu» (Япония).*

**МИНИ-ПОГРУЗЧИК «Cat 232»**



Рисунок 11 – Мини-погрузчик «Cat 232».

**Техническая характеристика:**

Вид двигателя	колесный;
Грузоподъемность, кг	794;
Высота подъема, мм	3010;

## *Продолжение*

Двигатель:

модель	3024С;
мощность, кВт (л.с.)	36 (48);
объем, см <sup>3</sup>	2200;
Конструкционная масса, кг	2998;
Габаритные размеры, мм	3437x1524x1953;
Категория самоходной машины	«С».

*Изготовитель – фирма «Caterpillar» (США).*

### **3. Погрузчики фронтальные отечественного и зарубежного производства**

Одноковшовый колесный погрузчик представляет собой самоходную погрузочно-транспортную машину, оборудованную навесным рабочим оборудованием – шарнирно-закрепленным ковшом на стреле. Ковш разгружается через переднюю режущую кромку, отсюда и родилось название данного вида погрузчиков – фронтальные. Колесный или гусеничный фронтальный погрузчик способен развивать высокое напорное усилие при горизонтальном внедрении ковша за счет использования ходовой системы машины.

Фронтальные погрузчики (рис.12-31) предназначены для широкого спектра землеройных, погрузочно-разгрузочных, перевалочных, такелажных и транспортных работ, планировки площадок, перемещения щебня, гравия, песка и других материалов в строительстве, промышленности, заготовке леса (со сменными рабочими органами), коммунальном хозяйстве и других сферах.

Погрузчики в настоящее время почти полностью заменили экскаваторы на погрузочных работах на складах (на примере

## *Продолжение*

минеральных удобрений, зерна, а также сыпучих строительных и дорожных материалов) благодаря следующим преимуществам:

- высокая скорость передвижения, мобильность, что позволяет обслуживать несколько площадок (забоев) на складах или карьерах одной машиной;

- высокая маневренность, что позволяет работать в относительно стесненных условиях (например, строительные площадки, склады);

- универсальность применения, способность к качественной зачистке площадки или подошвы забоя, возможность использования разнообразного сменного рабочего оборудования.

Эти преимущества позволяют колесным погрузчикам успешно конкурировать с карьерными экскаваторами при разработке сыпучих грунтов, в том числе хорошо взорванных скальных пород. Речь в первую очередь идет о машинах с ковшем вместимостью от 4 до 20 м<sup>3</sup> и более (рис.17,29-31). Погрузчики в отличие от других экскавационных машин применяют и в качестве основного погрузочного оборудования, и в качестве погрузочно-доставочного оборудования с эффективной дальностью транспортировки до 500 м. С каждым годом растет доля этих универсальных машин среди прочего карьерного транспорта. Конструкция рабочего оборудования фронтального погрузчика не приспособлена для разработки плотных и связных грунтов и не позволяет использовать данный вид погрузочных машин для замены карьерных экскаваторов непосредственно в тяжелых забоях.

В настоящее время разработаны погрузочные машины, совмещающие в себе преимущества колесных экскаваторов (как ковшовых, так и грейферных) и фронтальных погрузчиков (рис.21,22).

Базовые машины погрузчиков компонуются в основном по четырехколесной схеме со всеми ведущими колесами, рама

## *Продолжение*

выполняется шарнирно-сочлененной и состоит из двух секций. Ломающаяся рама погрузчика позволяет добиться наилучшей маневренности машины. Более прогрессивным является применение бескамерных шин низкого давления, что повышает надежность и долговечность ходовой части. Трансмиссия может быть гидромеханической или гидростатической, существуют и дизель-электрические схемы. Все рабочее оборудование современных погрузчиков выполняется с гидравлическим приводом.

Кроме стандартного погрузочных ковша и ковшей различной вместимости (для сыпучих материалов небольшой удельной плотности типа угля и для снега), большинство производителей предлагает обилие (более 30 видов) дополнительного навесного оборудования, причем замена одного устройства другим происходит за считанные секунды, благодаря удобной конструкции крепежа с гидравлически приводом, управляемым из кабины. Таким образом, фронтальный погрузчик может быть оборудован грейферным захватом, челюстным ковшом, устройством для перемещения штучных грузов на поддонах, подъемными вилами, и даже грузоподъемной стрелой, гидромолотами и другим оборудованием в зависимости от модели.

В зависимости от того, как фронтальный погрузчик будет использован, применяют два типа механизмов поворота ковша: Z-образный, с повышенной силой отрыва (рис.19,23,30), и H-образный, с увеличенной высотой поднятия ковша (рис.12-17).

В конструкцию фронтальных погрузчиков последнего поколения внесен ряд новшеств, которые имеют своей целью повысить эксплуатационные качества. Большое внимание уделяется рабочему месту оператора – кабине. Кабина современного погрузчика напоминает кабину пилота: такое же удобное кресло, эргономичный салон, приборная доска.

## *Продолжение*

Передачи переключаются автоматически, что освобождает оператора от бесконечных переключений и ошибок; управление рабочими органами осуществляется при помощи джойстиков. Подвеска кабины поглощает вибрацию от двигателя и агрегатов трансмиссии. Для обеспечения безопасности оператора кабина снабжена защитой при опрокидывании (ROPS – rollover protective structure) и защитой от падающих предметов (FOPS – falling protective structure).

подавляющее большинство фронтальных погрузчиков оборудуются низкооборотными, экономичными и малошумными двигателями, которые показывают прекрасные тяговые показатели, а запас крутящего момента достигает 28%, что увеличивает срок службы агрегата. Электронный контроль работы двигателя, гидравлики и тормозной системы позволяет работать машине в оптимальном режиме, что положительно сказывается на экономии топлива и сроке службы погрузчика.

Кроме того, фронтальные погрузчики оснащаются системой централизованной смазки, автоматически подающей смазку прямо к узлам трения, для этой системы созданы специальные сорта

## *Продолжение*

смазок для различных климатических условий. Одним словом, разработчики сделали все возможное для того, что бы увеличить эффективность машины, обеспечить максимальный комфорт работы оператора и свести временные затраты на обслуживание погрузчика к минимуму.

Современный погрузчик представляет собой дорогостоящую высокотехнологичную машину, в которой применены современные электронные системы управления приводами, системы диагностики, установлены сложные гидравлические агрегаты.

Электронная система контроля рабочих параметров позволяет добиваться оптимальных условий эксплуатации, не допуская

## *Продолжение*

перегрузок оборудования. Автоматический контроль работы двигателя и главных гидронасосов способствует более экономичной работе, меньшему расходу топлива. В то же время применение данных новшеств снижает ремонтпригодность машин и требует периодического присутствия высококвалифицированных сервисных служб с соответствующим диагностическим оборудованием.

Для нужд сельского, и коммунального хозяйства разработаны следующие конструкции погрузчиков и самопогрузчиков (рис. 18-21) простых по конструкции и обладающих высокой ремонтпригодностью и дешевизной.

Погрузчики на гусеничном ходу приспособлены для работы на грунтах с низкой несущей способностью, помимо этого на слабосвязанных грунтах обеспечивают более высокое вырывное усилие (рис. 23-25). С целью устранения такого недостатка как невысокая скорость выполнения маневров по сравнению с колесными машинами с ломающейся рамой, создан гусеничный погрузчик с перекидным ковшом ПФП-1,2 (рис. 25).

Шасси с телескопической стрелой предназначено для выполнения погрузочно-разгрузочных работ с сыпучими и кусковыми материалами и штучными грузами, и грузами на поддонах, а также монтажных работ (рис.26-28).

К его достоинствам можно также отнести малые габариты и, как следствие, большую маневренность.

Область применения шасси значительно расширяется за счет применения сменных рабочих органов.

Шасси может эксплуатироваться в промышленном, гражданском и дорожном строительстве, а также в сельском и складском хозяйствах в диапазоне температур окружающего воздуха от -20 до +35 °С.

## *Продолжение*

Тяжелые колесные погрузчики (рис. 17,29-31) используют для разработки небольших карьеров при погрузке породы в самосвал грузоподъемностью до 70 т.

### ПОГРУЗЧИК «Амкодор-333А»



Рисунок 12 – Погрузчик «Амкодор-333А».

#### Техническая характеристика:

Вид двигателя	колесный;
Грузоподъемность, кг	3400;
Объем ковша, м <sup>3</sup>	1,9;
Высота разгрузки, мм	2800;
Двигатель:	
модель	А-01МКС;
мощность, кВт (л.с.)	95 (130);
рабочий объем, см <sup>3</sup>	11150;
Конструкционная масса, кг	10700;
Конструктивная скорость, км/ч	40;
Габаритные размеры, мм	7100x2500x3400;
Категория самоходной машины	«D».

*Изготовитель – концерн «Амкодор».*

ПОГРУЗЧИК JCB 407 ZX



Рисунок 13 – Погрузчик «JCB 407 ZX».

Техническая характеристика:

Вид движителя	колесный;
Грузоподъемность, кг	2550;
Высота подъема, мм	3000;
Двигатель:	
модель	JCB 1004-42;
мощность, кВт (л.с.)	47 (63);
объем, см <sup>3</sup>	4232;
Конструкционная масса, кг	4710;
Конструктивная скорость, км/ч	30;
Габаритные размеры, мм	4960x1750x2600;
Категория самоходной машины	«С».

*Изготовитель - фирма «JCB» (Великобритания).*

ПОГРУЗЧИК «Volvo L45B»



Рисунок 14 – Погрузчик «Volvo L45B».

Техническая характеристика:

Вид движителя	колесный;
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	1,3-2,5;
Высота подъема, мм	3650;
Двигатель:	
модель	BF4M 1013E;
мощность, кВт (л.с.)	73 (99);
объем, см <sup>3</sup>	4760;
Конструкционная масса, кг	8500;
Конструктивная скорость, км/ч	35;
Габаритные размеры, мм	6630x2250x2930;
Категория самоходной машины	«С».

*Изготовитель – фирма «Volvo» (Швеция).*

ПОГРУЗЧИК «Hitachi LX80»



Рисунок 15 – Погрузчик «Hitachi LX80».

Техническая характеристика:

Вид движителя	колесный;
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	1,6;
Высота подъема, мм	3,61;
Двигатель:	
модель	ISUZUDD-4BG1T;
мощность, кВт (л.с.)	78 (106);
объем, см <sup>3</sup>	4300;
Конструкционная масса, кг	8290;
Конструктивная скорость, км/ч	34,5;
Размеры, мм:	
длина	6420;
высота	3150;
Категория самоходной машины	«D».

*Изготовитель – фирма «Hitachi» (Япония).*

ПОГРУЗЧИК К-700Т-04-ПК-6



Рисунок 16 – Погрузчик К-700Т-04-ПК-6.

Техническая характеристика:

Вид движителя	колесный;
Грузоподъемность, т	6;
Объем ковша, м <sup>3</sup>	3,4;
Высота разгрузки, мм	3260;
Двигатель:	
модель	ЯМЗ-238 НД5/ЯМЗ-238 НД4;
мощность, кВт (л.с.)	220 (300)/184(250);
рабочий объем, см <sup>3</sup>	14860;
Конструкционная масса, кг	20000;
Конструктивная скорость, км/ч	35;
Габаритные размеры, мм	8860x2970x3740;
Категория самоходной машины	«D»;

*Изготовитель ЗАО Тихвинский тракторный завод «ТИТРАН-ВЭПС».*

ПОГРУЗЧИК «Volvo L70E»



Рисунок 17 – Погрузчик «Volvo L70E».

Техническая характеристика:

Вид движителя	колесный;
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	2-6,4;
Высота подъема, мм	3870;
Двигатель:	
модель	Volvo D6D LB E2;
мощность, кВт (л.с.)	112(152);
объем, см <sup>3</sup>	5700;
Конструкционная масса, кг	12700-14300;
Конструктивная скорость, км/ч	44;
Габаритные размеры, мм	8220x2750x3260;
Категория самоходной машины	«D».

*Изготовитель – фирма «Volvo» (Швеция).*

ПОГРУЗЧИК ПГТ-360 (55А)



Рисунок 18 – Погрузчик ПГТ-360 (55А).

Техническая характеристика:

Вид движителя	колесный;
Грузоподъемность, т	0,8;
Объем ковша, м <sup>3</sup>	0,36/1,0;
Высота разгрузки, мм	3100;
Двигатель:	
модель	Д-144;
мощность, кВт (л.с.)	36,8 (50);
рабочий объем, см <sup>3</sup>	4150;
Конструкционная масса, кг	3720;
Конструктивная скорость, км/ч	30;
Габаритные размеры, мм	3725x1710x2560;
Категория самоходной машины	«С».

*Изготовитель – ОАО «Липецкий тракторный завод».*

ПОГРУЗЧИК ПМФ-03



Рисунок 19 – Погрузчик ПМФ-03.

Техническая характеристика:

Вид движителя	колесный
Грузоподъемность, т	0,3;
Объем ковша, м <sup>3</sup>	0,8;
Высота разгрузки, мм	2,4;
Двигатель:	
модель	Д-120;
мощность, кВт (л.с.)	23,5(32);
рабочий объем, см <sup>3</sup>	2080;
Конструкционная масса, кг	2500;
Конструктивная скорость, км/ч	21,9;
Габаритные размеры, мм	3200x1500x2477;
Категория самоходной машины	«В».

*Изготовитель – ОАО «Владимирский тракторный завод».*

САМОПОГРУЗЧИК УНИВЕРСАЛЬНЫЙ НФМ-05



Рисунок 20 – Самопогрузчик НФМ-05.

Техническая характеристика:

Вид движителя	колесный;
Грузоподъемность, т	0,5;
Объем ковша, м <sup>3</sup>	0,5;
Высота разгрузки, мм	2,85;
Двигатель:	
модель	Д-21А1;
мощность, кВт (л.с.)	18(25);
рабочий объем, см <sup>3</sup>	2080;
Конструкционная масса, кг	2550;
Конструктивная скорость, км/ч	8,57;
Габаритные размеры, мм	4900x1800x2500;
Категория самоходной машины	«В».

*Изготовитель — ОАО «Уманьферммаш».*

ПОГРУЗЧИК-ЭКСКАВАТОР ПЭ-Ф-1Б



Рисунок 21 – Погрузчик-экскаватор ПЭ-Ф-1Б.

Техническая характеристика:

Вид движителя	колесный;
Грузоподъемность, т	0,8;
Объем ковша, м	0,32;
Высота разгрузки, мм	2600;
Двигатель:	
модель	Д-65Н;
мощность, кВт (л.с.)	45,6(62);
рабочий объем, см <sup>3</sup>	4940;
Конструкционная масса, кг	5800;
Конструктивная скорость, км/ч	25;
Габаритные размеры, мм	5800x2500x3350;
Категория самоходной машины	«С».

*Изготовитель – ПО «Завод транспортного машиностроения».*

ПОГРУЗЧИК – ЭКСКАВАТОР «Cat 438С»



Рисунок 22 – Погрузчик «Cat 438С».

Техническая характеристика:

Вид движителя	колесный;
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	1;
Высота подъема, мм	2670;
Двигатель:	
модель	3054 DIT;
мощность, кВт (л.с.)	66 (90);
объем, см <sup>3</sup>	4000;
Конструкционная масса, кг	7560;
Конструктивная скорость, км/ч	32,3;
Габаритные размеры, мм	5740x2396x3765;
Категория самоходной машины	«С».

*Изготовитель – фирма «Caterpillar» (США).*

ПОГРУЗЧИК П 4.02.01



Рисунок 23 – Погрузчик П 4.02.01.

Техническая характеристика:

Вид движителя	гусеничный;
Грузоподъемность, т	4,5;
Объем ковша, м <sup>3</sup>	2,25;
Высота подъема, мм	3,1;
Двигатель:	
модель	160;
мощность, кВт (л.с.)	132,4 (180);
рабочий объем, см <sup>3</sup>	14480;
Конструкционная масса, кг	22500;
Конструктивная скорость, км/ч	10;
Габаритные размеры, мм	7600x2950x3150;
Категория самоходной машины	«Е».

*Изготовитель – ОАО «Челябинский тракторный завод».*

ПОГРУЗЧИК «Caterpillar 973C»



Рисунок 24 – Погрузчик «Caterpillar 973C».

Техническая характеристика:

Вид движителя	гусеничный;
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	2,5-3,2;
Высота подъема, мм	3650;
Двигатель:	
модель	3306T;
мощность, кВт (л.с.)	168 (228);
объем, см <sup>3</sup>	10500;
Конструкционная масса, кг	27000;
Конструктивная скорость, км/ч	10,5;
Габаритные размеры, мм	2920x2580x3390;
Категория самоходной машины	«Е».

*Изготовитель – фирма «Caterpillar» (США).*

ПОГРУЗЧИК ПЕРЕКИДНОЙ ПФП-1,2



Рисунок 25 – Погрузчик ПФП-1,2.

Техническая характеристика:

Вид движителя	гусеничный;
Объем ковша, м <sup>3</sup>	0,9;
Грузоподъемность, т	1,5;
Высота подъема, мм	2440;
Двигатель:	
модель	А-01М;
мощность, кВт (л.с.)	95,5 (130);
рабочий объем, см <sup>3</sup>	1 1 150;
Конструкционная масса, кг	12565;
Конструктивная скорость, км/ч	9;
Габаритные размеры, мм	5930x2340x2572;
Категория самоходной машины	«Е».

*Изготовитель – АО «Алтайский трактор».*

*Продолжение*

ПОГРУЗЧИК ФРОНТАЛЬНЫЙ С КОВШОМ  
НА ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ СТРЕЛЕ «Амкодор-525»



Рисунок 26 – Погрузчик «Амкодор-525».

Техническая характеристика:

Вид движителя	колесный;
Грузоподъемность, т	3,0;
Высота подъема, мм	5000;
Двигатель:	
модель	Д-245.391;
мощность, кВт (л.с.)	73,5 (100);
рабочий объем, см <sup>3</sup>	4750;
Конструкционная масса, кг	6700;
Конструктивная скорость, км/ч	20;
Габаритные размеры, мм	5675x2325x2950;
Категория самоходной машины	«С».

*Изготовитель – концерн «Амкодор».*

*Продолжение*

## ПОГРУЗЧИК С ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ СТРЕЛОЙ

«Амкодор-535»



Рисунок 27 – Погрузчик «Амкодор-535».

### Техническая характеристика:

Вид движителя	колесный;
Грузоподъемность, т	3,5/1,5;
Высота подъема, мм	5100/6600;
Двигатель:	
модель	Д-245;
мощность, кВт (л.с.)	70 (95,2);
рабочий объем, см <sup>3</sup>	4750;
Конструкционная масса, кг	10400;
Конструктивная скорость, км/ч	24;
Габаритные размеры, мм	7040x2500x2790;
Категория самоходной машины	«С».

*Изготовитель – концерн «Амкодор».*

ПОГРУЗЧИК JCB 520-50  
с телескопической стрелой



Рисунок 28 – Погрузчик «JCB 520-50».

Техническая характеристика:

Вид движителя	колесный;
Грузоподъемность, кг	2000;
Высота подъема, мм	5000;
Двигатель:	
мощность, кВт (л.с.)	52 (70);
объем, см <sup>3</sup>	3990;
Конструкционная масса, кг	4870;
Конструктивная скорость, км/ч	32;
Габаритные размеры, мм	3590x1840x2120;
Категория самоходной машины	«С».

*Изготовитель – фирма «JCB» (Великобритания).*

ПОГРУЗЧИК БелАЗ-8722



Рисунок 29 – Погрузчик БелАЗ-8722.

Техническая характеристика:

Вид двигателя	колесный;
Грузоподъемность, т	10;
Объем ковша, м <sup>3</sup>	6;
Высота разгрузки, мм	3800;
Двигатель:	
модель	ЯМЗ-8424.10.06;
мощность, кВт (л.с.)	312 (425);
рабочий объем, см	17240;
Конструкционная масса, кг	53000;
Конструктивная скорость, км/ч	38,4;
Габаритные размеры, мм	11640x3900x4050;
Категория самоходной машины	«D».

*Изготовитель — ПО «БелАЗ».*

ПОГРУЗЧИК БелАЗ-7823



Рисунок 30 – Погрузчик БелАЗ-7823.

Техническая характеристика:

Вид движителя	колесный;
Грузоподъемность, т	10;
Объем ковша, м <sup>3</sup>	6;
Высота разгрузки, мм	3800;
Двигатель:	
модель	ЯМЗ-8424.10.06;
мощность, кВт (л.с.)	312 (425);
рабочий объем, см <sup>3</sup>	17240;
Конструкционная масса, кг	51000;
Конструктивная скорость, км/ч	38,4;
Габаритные размеры, мм	10500x4900x4150;
Категория самоходной машины	«D».

*Изготовитель — ПО «БелАЗ».*

ПОГРУЗЧИК «Volvo L330E»

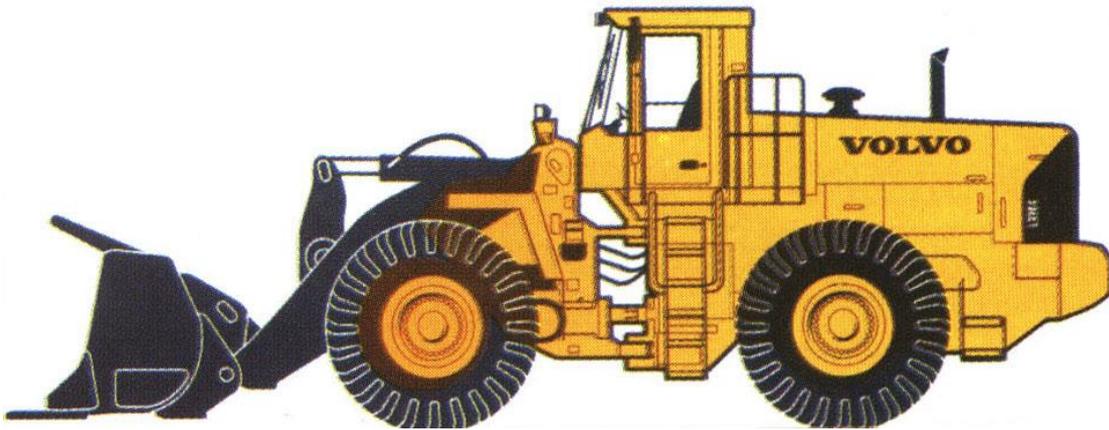


Рисунок 31 – Погрузчик «Volvo L330E».

Техническая характеристика:

Вид движителя	колесный;
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	6,6-13,5;
Высота подъема, мм	5060;
Двигатель:	
модель	Volvo D16B LA E2;
мощность, кВт (л.с.)	369 (502);
объем, см <sup>3</sup>	16120;
Конструкционная масса, кг	50000-52000;
Конструктивная скорость, км/ч	31,8;
Габаритные размеры, мм	10230-11080 х 3970 х 4200;
Категория самоходной машины	«D».

*Изготовитель – фирма «Volvo» (Швеция).*

## **Библиографический список**

### **Основная литература:**

1. Грузоподъемные механизмы. Сборник нормативных документов – М.: НЦ ЭНАС, 2006.
2. Котельников В.С., Шишков Н.А. Комментарии к правилам безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов – 2-е изд., перераб. и доп.– М.: МЦФЭР, 2009.
3. Машины и оборудование для грузообработки продукции производственно-технического назначения. Каталог – Рязань: ГНУ ВНИМС, 2005.
4. Шилкин В.И., Кузьмюк В.Р., Любченко В.Б. Зональная система технологий, машин и оборудования для механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работ на предприятиях ресурсного обеспечения АПК. – Рязань: ГНУ ВНИМС, 2002.
5. Шилкин В.И. Ленточные транспортеры. Расчет. Основы проектирования. – Рязань: ГНУ ВНИМС, 2002.
6. Ерохин М.Н., Карп А.В., Выскребенцев Н.А. и др. Проектирование и расчет подъемно-транспортирующих машин сельскохозяйственного назначения. – М.: Колос, 1999.

### **Дополнительная литература:**

1. Бойко Н.И., Чередниченко С.П. Транспортно-грузовые системы и склады: учебное пособие. – Ростов н/Д.: Феникс, 2007.
2. Сарафанова Е.В., Евсеева А.А., Кощеев Б.П., Грузовые автомобильные перевозки. – М.: ИКЦ «МарТ», 2006.
3. Майборода М.Е., Бернарский В.В. Грузовые автомобильные перевозки – 2-е изд., перераб. и доп. – Ростов н/Д.: Феникс, 2008.
4. Заднипренко Н.М., Костенко Е.М., Кулева Л.И. Погрузочно-разгрузочные работы: для стропальщика. – М.: ЭНАС, 2008.

5. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины. Учебник для вузов. – М.: Высш. школа, 1979.

6. Каталог подъемно-транспортное и складское оборудование, рекомендуемое для предприятий снабжения агропромышленного комплекса ч. 1 и ч. 2. – М.: ВНПО «АГРОПРОМСНАБ», 1989.

7. Израйлевич М.Л. Современное оборудование для транспортировки насыпных грузов. Подъемно-транспортное оборудование. – М.; ЦНИИТЭИтяжмаш, 1981, №32.

8. Израйлевич М.Л. Состояние и перспективы развития конвейерного транспорта для насыпных грузов. – Подъемно-транспортное оборудование и механизация погрузочно-разгрузочных работ. – М.; НИИинформтяжмаш, 1976.

9. Израйлевич М.Л. Конвейерные машины для загрузки, и разгрузки судов и барж с насыпными грузами за рубежом. – Подъемно-транспортное оборудование. – М.; НИИинформаш, 1978.

10. Подъемно-транспортное и складское оборудование, рекомендуемое для предприятий снабжения агропромышленного комплекса. Каталог – М.; 1989.

11. Усов П.В. Подъемно-транспортные машины. – М.; Высшая школа, 1967.

12. Перелыгин В. Современный колесный погрузчик // Основные средства №7/2007, <http://www.os1.ru>.

13. Fördern und Heben, 1977, 27, №6; 1978, №5/6, 1979, №4 Materials handling news, June 1979.

14. Проспекты и каталоги фирм: "Bühler" (Швейцария), "AZA" (Италия), "Jeffrey Dresser" (США), "Techmatrons" (Польша), "Ammeriaal" (Нидерланды), "Möller" и "РНВ" (Германия), и др.

**Машины и оборудование для транспортирования грузов  
сельскохозяйственной и перерабатывающей промышленности  
(обзор, теория, расчет)  
учебное пособие**

Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать ризографическая.  
Усл. печ. л. 14,2 Тираж 500 экз. Заказ № 1415  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Рязанский государственный агротехнологический университет  
имени П.А. Костычева  
390044 г. Рязань, ул. Костычева, 1  
Отпечатано в издательстве учебной литературы и учебно-методической пособий  
ФГБОУ ВО РГАТУ  
390044 г. Рязань, ул. Костычева, 1

