

Лекция 5 ПЛАСТИНЧАТЫЕ КОНВЕЙЕРЫ

1. Общая характеристика

Пластинчатые конвейеры (рис. 1.) применяются для перемещения различных насыпных и штучных грузов в горизонтальном и наклонном направлениях в различных отраслях промышленности (табл. 1).

К достоинствам пластичных конвейеров следует отнести возможность использования полотна из различных материалов и разной формы, что дает возможность перемещать тяжелые и абразивные грузы; применение высокопрочных тяговых цепей позволяет выполнять конвейеры большой длины (до 2 км). При определенной форме полотна угол наклона конвейера может достигать 70°.

Одновременно с транспортированием, грузы могут подвергаться различным технологическим операциям (мойка, окраска, сушка, нагрев и т.п.).

При длине конвейера более 1000 м помимо головного и хвостового приводов применяют промежуточные приводные станции и уравнильные устройства.

Конвейер оснащают ловителями при наклонной установке, загрузочным устройством, тормозами, очистными устройствами, комплексом средств управления, автоматизации и контроля, приспособлениями для укорачивания цепи, периодически осуществляемого в связи с её вытяжкой при эксплуатации.

К недостаткам следует отнести значительную металлоемкость и высокую стоимость изготовления.

Пластинчатые конвейеры классифицируют по конструкции полотна, конфигурации трассы (рис. 2) и назначению.

Основные параметры стационарных пластинчатых конвейеров общего назначения установлены ГОСТом 22281-76 и выбираются из следующих рядов:

Ширина полотна ходовой части:	400; 500; 650; 800; 1000; 1200; 1400; 1600
Высота бортов (внутренний размер) h , мм	80; 100; 125; 160; 200; 250; 365; 305; 355; 400; 450; 500
Шаг тяговой цепи, мм	80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800
Число зубьев звездочек	6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13
Скорость движения ходовой части, м/с	0,010; 0,016; 0,025; 0,040; 0,050; 0,063; 0,080; 0,100; 0,125; 0,160; 0,200; 0,250; 0,315; 0,400; 0,500; 0,630; 0,800; 1,000
Номинальная производительность по насыпному грузу, м ³ /ч	10; 16; 25; 32; 40; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 320; 400; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000.

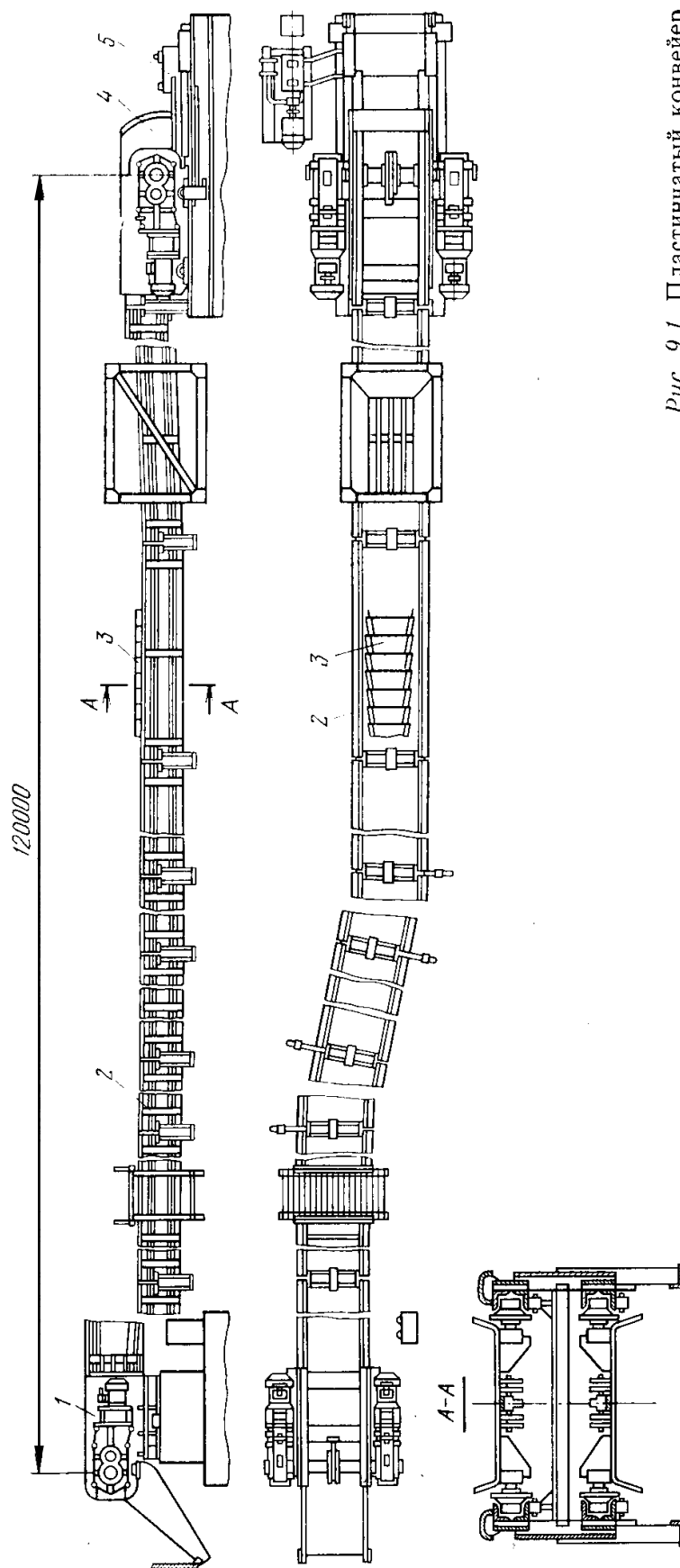


Рис. 9.1. Пластинчатый конвейер

Рисунок 1. Пластинчатый конвейер:

1-головная приводная станция; 2-металлоконструкция става; 3-полотно с тяговой цепью; 4-хвостовая приводная станция; 5-натяжное устройство.

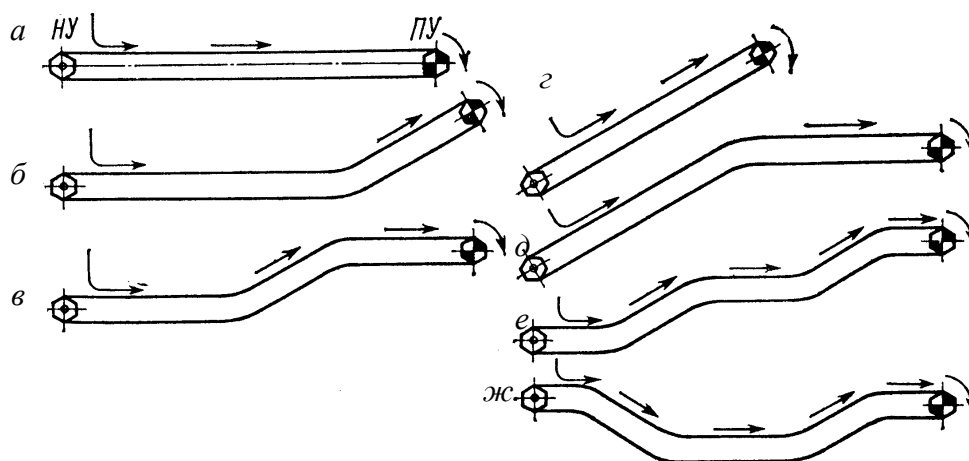


Рисунок 2. Трассы пластинчатых конвейеров:

а, г – горизонтальная и наклонная трассы;
б, д – горизонтально – наклонные трассы;
в, е, ж – сложные трассы

Типы пластинчатых стационарных конвейеров в зависимости от конструкции полотна ходовой части устанавливаются в соответствии с табл. 1.

2. Устройство пластинчатых конвейеров

В стандартных пластинчатых конвейерах общего назначения тяговыми элементами служат пластинчатые тяговые цепи (ГОСТ 588-81) следующих типов:

ПВ – пластинчатые втулочные; *ПВР* – пластинчатые втулочно-роликовые; *ПВК* – пластинчатые втулочно-катковые с гладкими катками; *ПВКГ* – пластинчатые втулочно-катковые с ребрами (гребнями) на катках; *ПВКП* – пластинчатые втулочно-катковые с подшипниками качения у катков.

В некоторых конструкциях пластинчатых конвейеров применяют круглозвенные сварные цепи.

Большинство конвейеров имеет две тяговые цепи и только легкие конвейеры шириной до 650 мм имеют одну цепь.

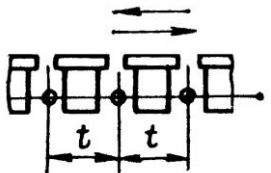
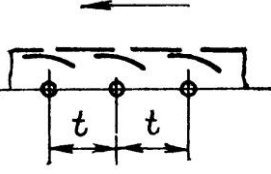
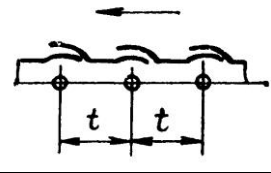
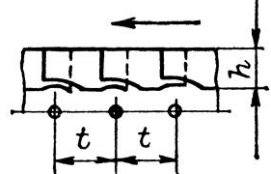
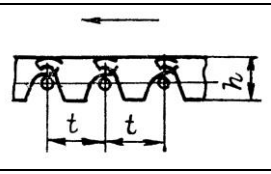
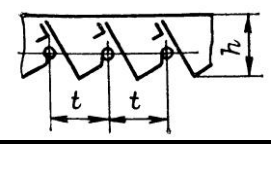
В специальных конвейерах легкого типа для транспортирования штучных легких грузов (пищевая и легкая промышленность) с шириной полотна 80...200 мм цепь могут объединять с полотном, скользящим по металлическим или пластмассовым направляющим.

Плоское полотно выполняют с разомкнутыми или сомкнутыми пластинами с бортами или без бортов (рис. 3)

Плоское полотно применяют для транспортирования различных штучных грузов. Полотно выполняют из стальных пластин, пластмассовых или деревянных планок.

Таблица 1

Пластинчатые стационарные конвейеры общего назначения

Конструктивная схема настила	Тип конвейера	Область применения
	Плоский разомкнутый ПР	Транспортирование штучных грузов
	Плоский сомкнутый ПР	Транспортирование штучных и насыпных (кусовых) грузов
	Безбортовой волнистый В	
	Бортовой волнистый	Транспортирование насыпных и штучных грузов
	Коробчатый мелкий КМ	Транспортирование насыпных грузов
	Коробчатый глубокий КГ	

Волнистое полотно выполняют с бортами и без бортов (рис. 4)

Волнистая форма способствует надежному перекрытию соседних пластин не только на прямолинейных участках, но и на поворотах вокруг звездочек. Такое полотно обеспечивает перемещение грузов под большими углами наклона и уменьшает просыпание груза между пластинами. Основные размеры волнистого полотна показаны в табл. 2.

Коробчатое полотно (рис. 5) выполняют ковшеобразной формы, что обеспечивает транспортирование сыпучих грузов под большими углами наклона (45...60°). Полотно выполняют методом штамповки и сварки из стальных листов.

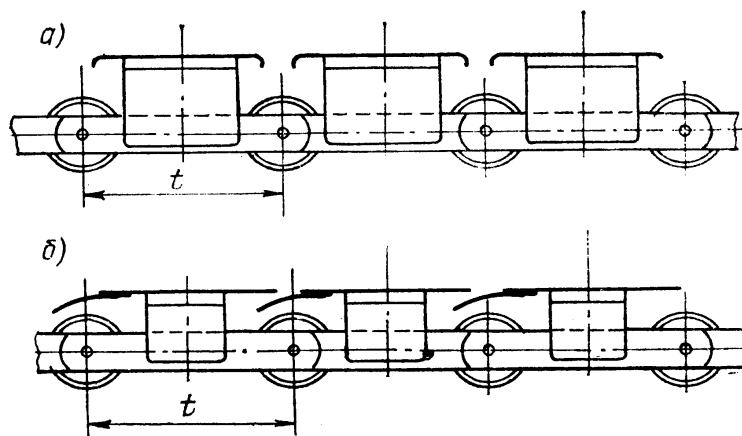


Рисунок 3 Плоское полотно: а – разомкнутое; б – сомкнутое

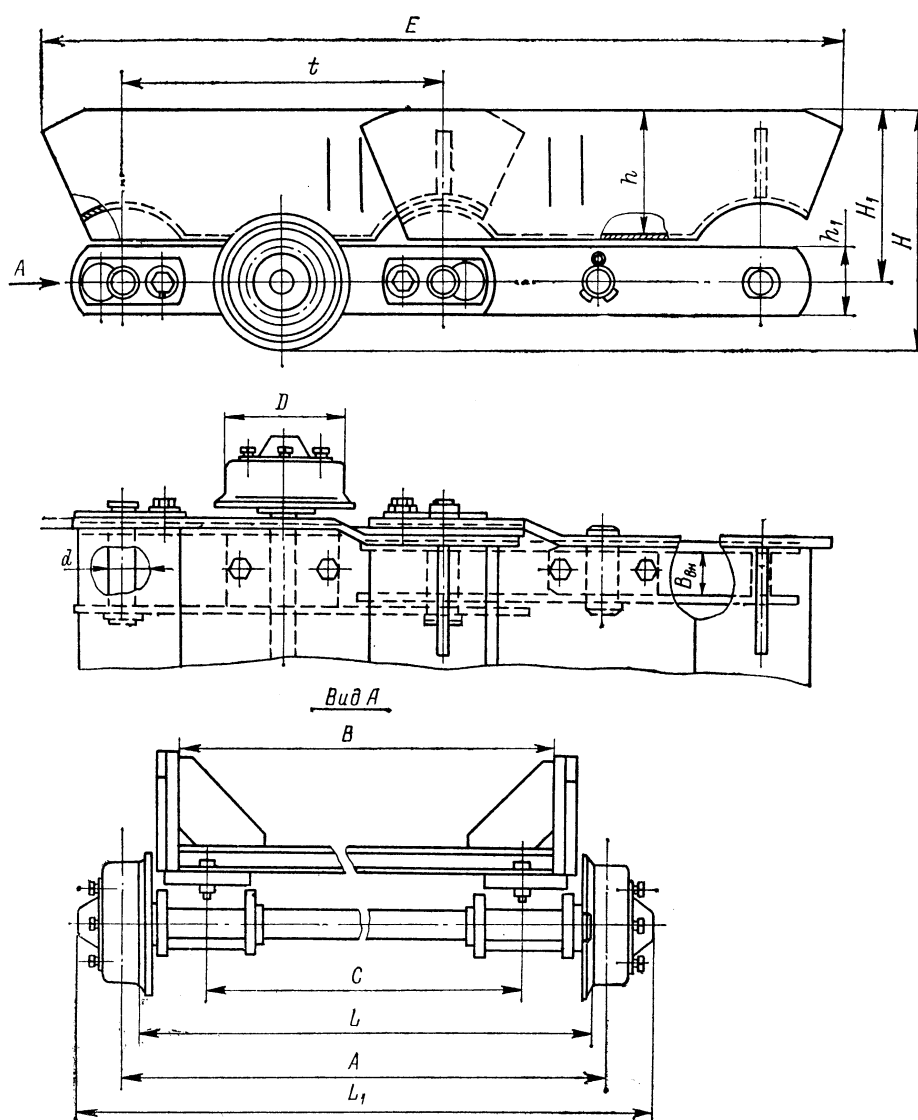


Рисунок 4. Конструкция волнистого полотна

Таблица 2

Ширина полотна B , мм	A	B_{BH}	C	D	E	H	H_1	L	L_1	d	h	h_1	t	Масса, кг
500	600	47	428	110	850	279	211	558	682	25	160	60	315	68
650	750		578					708	832					73
800	930	65	720	150	1050	361	271	884	1024	36	200	85	400	169
1000	1130		920					1084	1224					178
1200	1330		1120					1284	1424					192

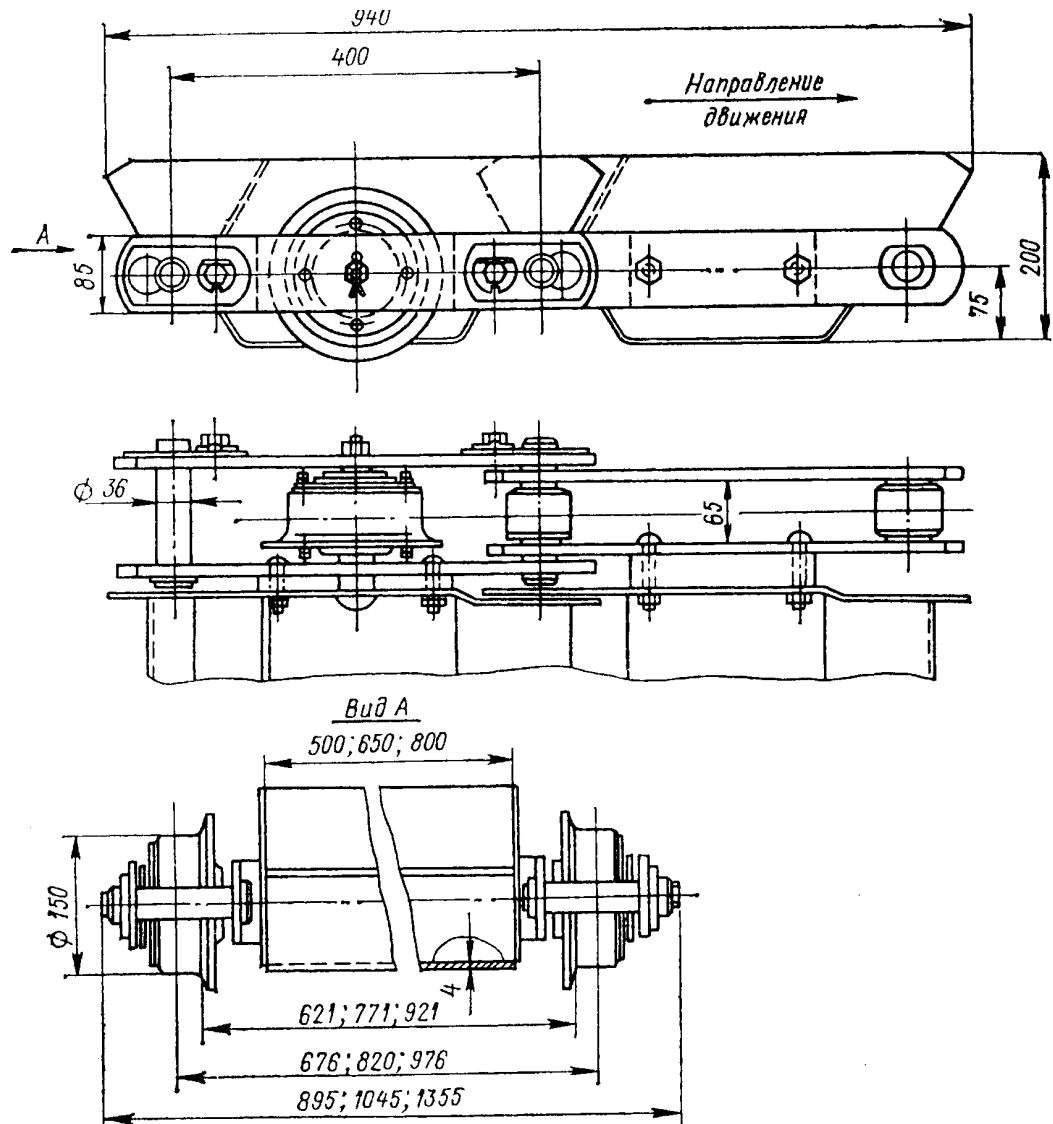


Рисунок 5 Коробчатое полотно

Существуют и другие типы полотна.

Натяжные устройства, по способу действия делятся на жесткие (рис. 6) и автоматически регулируемые (рис. 7).

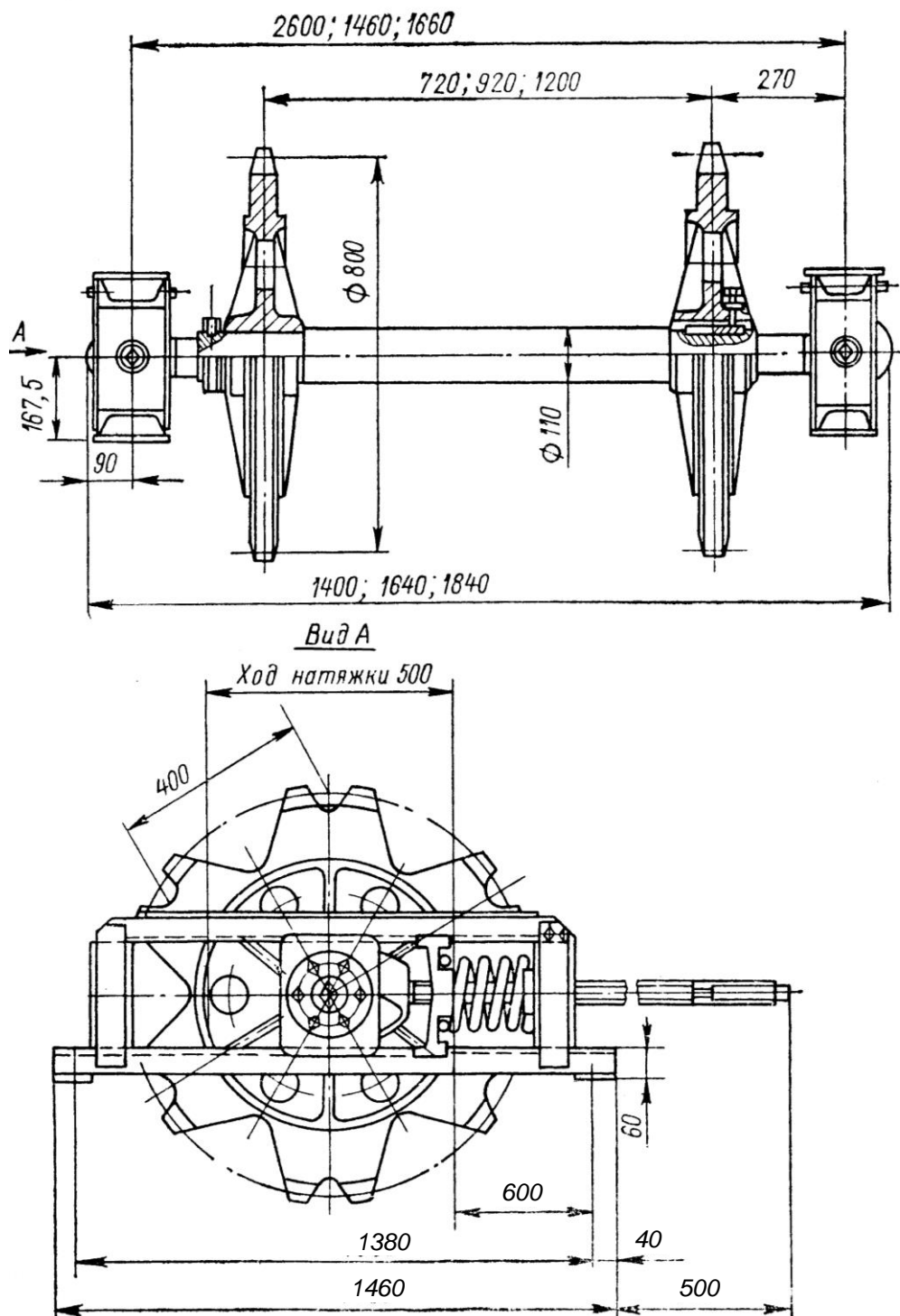


Рисунок 6. Пружинно-винтовое натяжное устройство

Первые характеризуются фиксированным положением вала звездочек натяжного устройства. Основной недостаток заключается в постепенном ослаблении натяжений тягового органа из-за его вытяжки, возникающей вследствие износа в шарнирах.

Приводные устройства пластинчатых конвейеров выбираются в зависимости от длины, угла наклона, характера трассы и производительности.

Пластинчатые конвейеры в зависимости от длины, угла наклона, характера трассы и производительности снабжаются одним или двумя концевыми приводными устройствами, концевым и промежуточным концевым приводными устройством или только промежуточными приводами.

Концевые приводные устройства могут быть одинарными или сдвоенными. Устанавливают их в голове и хвосте конвейера. Между двигателями и редукторами устанавливают тяговые гидравлические муфты. Возможно применение в пластинчатых конвейерах регулируемого электропривода постоянного тока или объемного гидропривода для регулирования скорости движения полотна.

На рис. 8 показана конструкция привода пластинчатого конвейера П-65.

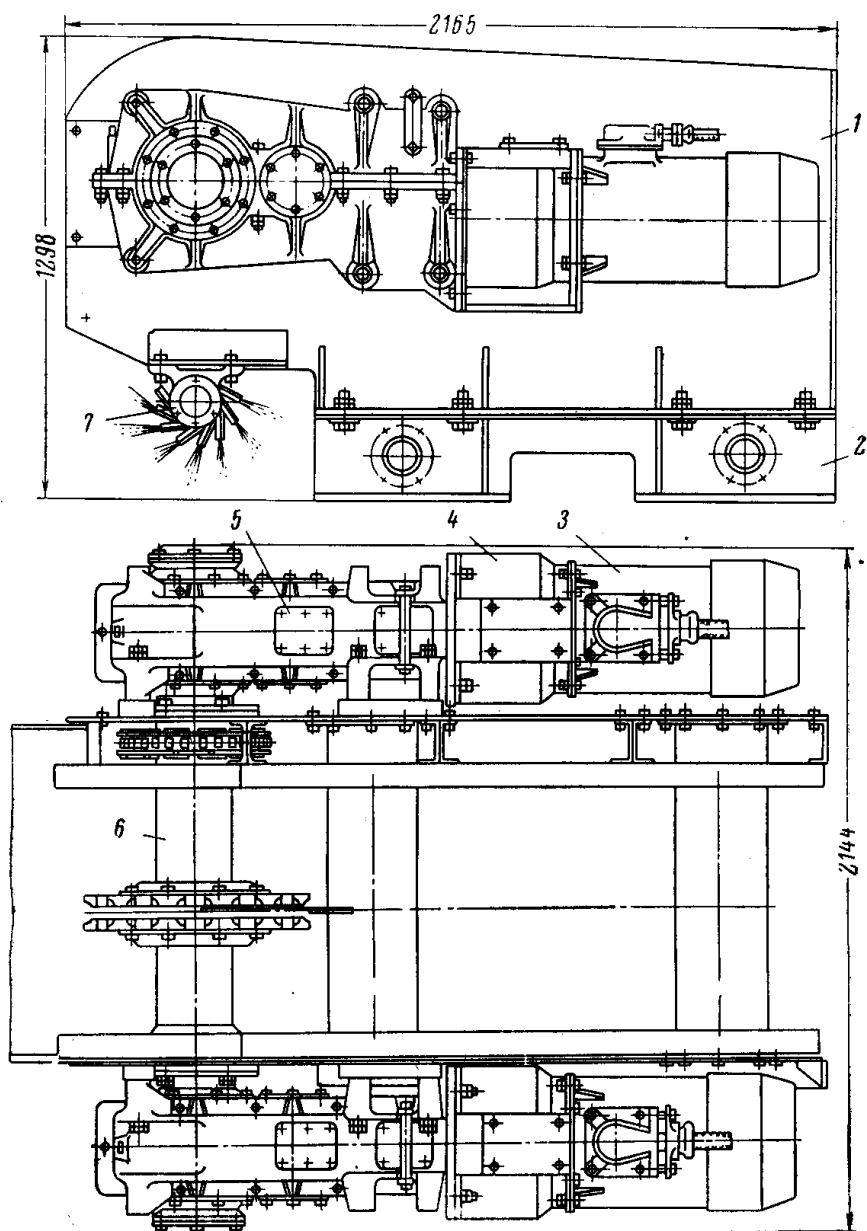


Рисунок 8. Привод пластинчатого конвейера П-65:

1-рама основная; 2-рама подставная; 3-электродвигатели; 4-гидромуфты; 5-редукторы трехступенчатые, двухскоростные; 6- приводной вал со звездочкой приводной; 7-очиститель

Редукторы в приводах пластинчатых конвейеров обычно имеют три ступени передач и две скорости.

Для защиты конвейера от перегрузок в современных конвейерах используют предохранительные гидромуфты. Роль их многофункциональна. Они не только защищают от перегрузок электродвигатель и всю трансмиссию конвейера, но и обеспечивают плавный запуск приводных станций, снижают динамические усилия в элементах конвейера во всех режимах работы, рационально распределяют нагрузку между приводными блоками многоприводных конвейеров (рис. 9).

Центробежным насосом гидромуфты является её внешняя оболочка, приводимая во вращение электродвигателем. Рабочая жидкость (эмульсия, содержащая около 2% соответствующей присадки и 98% воды) насосным колесом подается на лопатки турбинного колеса, связанного с входным валом редуктора приводного блока. При работе гидромуфты с номинальной нагрузкой её скольжение составляет около 3...5%. При этом теряемая энергия выделяется в виде тепла. Нагрев жидкости в рабочем режиме не превышает 80°C.

Принцип действия гидромуфты состоит в следующем. При поступлении жидкости в рабочую полость создается вихревое гидравлическое кольцо, вращающееся одновременно вокруг оси муфты в радиальной плоскости и вокруг оси кольца. Вращающееся вихревое гидравлическое кольцо является средой, передающей мощность от ведущего вала к ведомому. Частицы жидкости, запасая кинетическую энергию в насосном колесе, отдают её турбинному колесу, а затем снова попадают в насосное колесо.

С увеличением крутящего момента на вторичном валу гидромуфты уменьшается число его оборотов, что происходит за счет уменьшения заполнения рабочего объема гидромуфты. По мере увеличения нагрузки и снижения в связи с этим скорости вращения турбинного колеса уменьшается давление в камере дополнительного объема и увеличивается в рабочей плоскости. Это вызывает переливание жидкости из рабочей полости в камеру дополнительного объема; при этом растет скольжение муфты. С уменьшением нагрузки и увеличением скорости вращения ведомого вала происходит обратное явление: жидкость постепенно переливается из камеры дополнительного объема в рабочую полость. С уменьшением объема масла в муфте скольжение увеличивается, а максимальный момент уменьшается. И

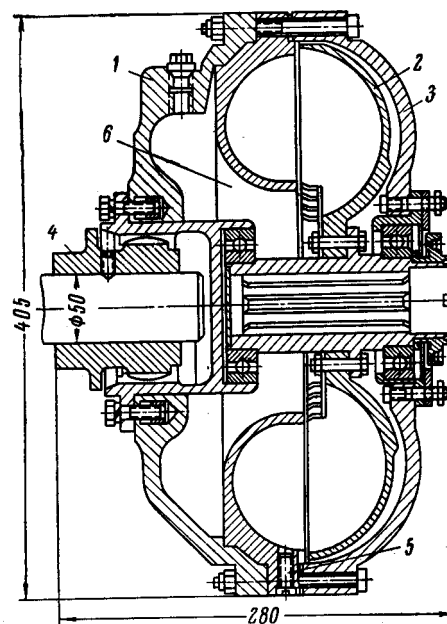


Рисунок 9 Гидромуфта:

- 1-насосное колесо; 2-турбинное колесо;
- 3-корпус турбинного колеса;
- 4-зубчатая муфта; 5-плавкая пробка;
- 6-камера дополнительного объема

наоборот, с увеличением объема залитого масла увеличивается жесткость характеристики и максимальный момент.

Некоторые муфты имеют двух- или трехступенчатую защиту. Например, при двухступенчатой защите рабочей является первая ступень с температурой плавления пробки около 130°C , вторая ступень – аварийная; манометрическая крышка срабатывает при температуре нагрева жидкости до $179...203^{\circ}\text{C}$.

В конвейерах большой длины устанавливают дополнительные промежуточные приводы. Число приводов зависит от производительности и длины конвейера.

Промежуточные приводы имеют рабочие органы, которые передают движение тяговым цепям зацеплением или трением (рис. 10). Возможно также бесконтактная передача с помощью движущегося электромагнитного поля.

С тяговой цепью зацепляются зубья звездочек обычного и специального (цевочного) профиля или кулаки, закрепленные на гусеничных цепях.

3 Расчет и проектирование пластинчатых конвейеров

Пластинчатые конвейеры рассчитывают в два этапа: первый этап – предварительное определение основных параметров конвейера; второй – проверочный расчет. Исходными данными для расчета являются: заданная производительность конвейера; схема трассы; физико-механические свойства транспортируемого груза; скорость движения полотна конвейера и режим его работы.

В соответствии ГОСТ 22281-76 (см. табл. 1) выбирается тип конвейера для транспортирования груза с заданными свойствами и тип полотна. Полотно

применяется трех типов: легкое – при насыпной плотности транспортируемого груза $\rho < 1 \text{ т/м}^3$; среднее – при $\rho = 1...2,0 \text{ т/м}^3$ и тяжелое – при $\rho > 2,0 \text{ т/м}^3$.

Для насыпных грузов высота бортов h выбирается из нормального ряда или из табл. 3, для штучных грузов принимают $h = 100...160 \text{ мм}$.

При передаче движущей силы только одной ветви тяговой цепи приводные звездочки применяют одинакового диаметра. Приводы, передающие движущую силу одновременно обеим ветвям тяговой цепи, а также уравнивающие устройства наклонных конвейеров, снабжены неуправляемыми кулаками, имеют звездочки разного диаметра. Направляющие воспринимают отжимающие усилия, действующие на кулаки со стороны тяговой цепи конвейера.

Таблица 3.

Высота бортов пластинчатого конвейера

Ширина полотна B , мм	Высота бортов h , мм	Производительность (м ³ /ч) при скоростях ходовой части, м/с						Ширина полотна B , мм	Высота бортов h , мм	Производительность (м ³ /ч) при скоростях ходовой части, м/с					
		0,125	0,16	0,2	0,25	0,315	0,4			0,125	0,16	0,2	0,25	0,315	0,4
400	100	16	20	25	30	40	50	800	200	65	80	100	125	160	200
500	125	25	30	40	50	65	80	1000	250	100	125	160	200	250	320
650	160	40	50	65	80	100	125	1200	320	160	200	250	320	400	500

Широкое применение пластинчатые конвейеры находят в угольной и рудной промышленности (табл. 4).

Наибольший угол наклона конвейера β (град) в зависимости от типа настила и угла трения β' груза о полотно:

Гладкое полотно без бортов	$\beta'-9$
Волнистое полотно без бортов	$\beta'-5$
Коробчатое полотно без бортов	35
Гладкое полотно с бортами	$\beta'-6$
Волнистое полотно с бортами	$\beta'-3$
Коробчатое полотно с бортами	35

Выбранный угол наклона должен удовлетворять условию

$$\beta \leq \varphi' - (7...10^\circ),$$

где φ' – угол естественного откоса груза в движении ($\varphi' \approx 0,7\varphi$).

Радиус перегиба конвейера принимается из условия $R=5...8$ м. Скорость движения полотна в зависимости от ширины полотна и назначения конвейера выбирается по ГОСТ 22281-76 в пределах от 0,01 до 1,0 м/с.

Таблица 4

Техническая характеристика пластинчатых конвейеров
в горнорудной промышленности

Тип конвейера	Производительность, т/ч	Скорость движения полотна, м/с	Ширина полотна, мм	Максимальная длина, м	Тяговая цепь
П-50	250	1,00	500	-	Круглозвенная
П-65	350	1,06	650	1200	
П-80	750	1,20	800	1100	
ПН-65	250	1,14	650	1000	
КПР	520	0,17	660	42	Пластинчатая Круглозвенная
П-80Д	2000	1,25	800	300	
П-80Е	200	1,25	800	300	
П-100	3000	3,00	1000	1200	
П-140	8000	3,00	1400	1200	
ПКС-140	5000	2,50	1400	1500	

Наиболее употребительные скорости стационарных пластинчатых конвейеров общего назначения 0,1...0,4 м/с. При повышении скорости увеличивается производительность, уменьшается масса и стоимость конвейера, что является положительными факторами, однако, наряду с этим возрастает неравномерность движения ходовой части и динамическая нагрузка на цепи, нежелательные при работе конвейера. Поэтому при длиннозвенных цепях с шагом 250...400 мм. и малом числе зубьев звездочек ($z \leq 6$) скорости конвейеров не превышают 0,3 м/с. При больших скоростях следует увеличить число зубьев. При короткозвенных цепях с подшипниками качения скорость достигает 1,25 м/с.

Скорость конвейеров, связанных с технологическими операциями (сортировка, сушка и т.п.), выбирают с учетом требований производства.

В конвейерах общего назначения в качестве тяговых элементов применяются преимущественно пластинчатые цепи (ГОСТ 589-81) втулочные, втуочно-роликовые, втуочно-катковые с гладкими катками (ГОСТ 588-74) и с катками, имеющими реборды. Наибольшее распространение получили втуочно-катковые цепи с ребордами.

Предварительный расчет пластинчатых конвейеров приводится ниже.

По заданной производительности конвейера определяют необходимую ширину полотна. Для насыпных грузов ширина полотна вычисляется по формулам:

при полотне без бортов

$$B = \sqrt{\frac{Q}{648 \nu \rho k_{\beta} \operatorname{tg}(0,4\varphi)}}; \quad (1)$$

при полотне с бортами

$$B = \sqrt{\frac{Q}{900 \nu \rho k_{\beta} \operatorname{tg}(0,4\varphi)} + \left(\frac{2h_{\delta}\psi}{k_{\beta} \operatorname{tg}(0,4\varphi)} \right)^2} - \frac{2h_{\delta}\psi}{k_{\beta} \operatorname{tg}(0,4\varphi)}; \quad (2)$$

где Q – производительность конвейера, т/ч; ν – скорость движения полотна, м/с; φ – угол естественного откоса груза в покое, град; k_{β} – коэффициент угла наклона конвейера (табл. 5); h – высота бортов, м; ψ – коэффициент использования высоты борта ($\psi = 0,65 \dots 0,8$).

Таблица 5

Значение коэффициента k_{β}

Угол наклона конвейера, град	Тип полотна	
	Без бортов	С бортами
≤ 10	1,00	1,00
10-20	0,90	0,95
> 20	0,85	0,90

Для кусковых грузов необходима проверка ширины полотна по условию: при содержании крупных кусков в грузе до 10%

$$B \geq (1,7a_{max} + 200),$$

где a_{max} – наибольший размер крупных кусков.

При содержании крупных кусков до 100%

$$B \geq (2,7a_{max} + 200).$$

При транспортировании штучных грузов ширина полотна принимается из условия

$$B \geq b + b',$$

где b – наибольшая ширина опорной поверхности груза, мм; b' – запас ширины полотна (для безбортового полотна $b' = 50 \dots 100$ мм; для бортового $b' = 100 \dots 150$ мм).

Полученные размеры полотна и высоты бортов округляют до ближайших больших размеров (ГОСТ 22281-76).

Максимальное натяжение цепей можно определить по приближенной формуле

$$S_{max} \cong 1,1 \{ S_0 + \omega [(q_{\text{зр}} + q_0)L_{\text{в}} + q_0 L_{\text{н}}] + (q_{\text{зр}} + q_0)H \}, \quad (3)$$

где S_0 – начальное натяжение цепей, можно принимать в пределах: $S_0=1000\dots2000$ Н; L_g – горизонтальная проекция полной длины загруженной ветви конвейера, м; L_n – то же для порожней ветви, м; q_0 – линейная нагрузка от ходовой части конвейера, Н/м; q_{zp} – линейная нагрузка от насыпного груза, Н/м; ω – коэффициент сопротивления движению ходовой части на прямолинейных участках.

Для металлического полотна можно принять

$$q_0 = 60B + A,$$

где A – эмпирический коэффициент (табл. 6) .

Для деревянного полотна

$$q_0 = 2q_u + q_n,$$

где q_u – линейная нагрузка от цепей, Н/м; q_n – то же от полотна, Н/м.

Таблица 6

Значение коэффициента A

Тип полотна	Ширина полотна B , м		
	0,4-0,5	0,65-0,8	0,8
Легкий	40	50	70
Средний	60	70	100
Тяжелый	80	110	150

Линейная нагрузка от полотна

$$q_0 = B\delta r q,$$

где δ – толщина деревянных планок полотна, $\delta = 20\dots40$ мм.

Коэффициент ω принимается в зависимости от конструкции ходовой части и условий работы конвейера. Для катков на втулках скольжения $\omega=0,08\dots0,11$, на подшипниках качения $\omega=0,025\dots0,04$.

Линейная нагрузка от насыпного груза

$$q_{zp} = \frac{Q}{3,6v} g$$

от штучного груза –

$$q_{шт} = \frac{m}{t} g,$$

где m – масса единицы груза, кг; t – расстояние между грузами, м.

Расстояние между грузами

$$t = l_z + (100\dots150),$$

где l_z – длина опорной поверхности груза, расположенного на полотне, измеренная вдоль оси конвейера, м.

При известных производительности Q и скорости v

$$t = \frac{3,6mv}{Q}.$$

При одной тяговой цепи $S_{max}=S_{расч}$.

При двух цепях усилие на одну цепь с учетом неравномерности распределения нагрузок определяется по формуле

$$S_{расч} = 1,5 \frac{S_{max}}{2}. \quad (4)$$

По величине $S_{расч}$ выбирают тяговую цепь.

Поверочный расчет производится после выбора цепи на основе предварительного расчета основных элементов ходовой части конвейера. В поверочном расчете выполняют подробные вычисления сил сопротивления движению на всех участках трассы.

Сопротивление на прямолинейных горизонтальных участках:

для загруженной ветви

$$W_{зр.в} = (q_{зр} + q_0)L_в\omega; \quad (5)$$

для порожней ветви

$$W_{з.н} = q_0L_н\omega. \quad (6)$$

Сопротивление на прямолинейных наклонных участках:

для загруженной ветви

$$W_{н.в} = (q_{зр} + q_0)(L_в\omega \pm H); \quad (7)$$

для незагруженной ветви

$$W_{н.н} = q_0(L_н\omega \pm H). \quad (8)$$

Сопротивление на звездочках определяется по формуле

$$W_{зв} = S_{зв}(k-1), \quad (9)$$

где $S_{зв}$ – натяжение в точке набегания цепи на звездочку, Н; k – коэффициент сопротивления на звездочках, для звездочек на подшипниках качения $k=1,03 \dots 1,05$; на подшипниках скольжения $k=1,05 \dots 1,07$.

Методом обхода по контуру конвейера определяются натяжения в каждой точке, в том числе и наибольшее статическое натяжение тяговых цепей.

В тяговых цепях конвейеров, получающих движение от звездочек, вследствие неравномерного движения цепей возникают динамические нагрузки, которые приближенно можно определить по формуле

$$S_{дин} = \frac{6}{t_ц} m \left(\frac{\pi \omega}{z} \right)^2, \quad (10)$$

где $t_ц$ – шаг цепи, м; z – число зубьев звездочек;

$m = \frac{q_{зр} + \psi q_0}{g} L_к$ – приведенная масса движущихся частей конвейера и груза.