

ЦЕПНЫЕ ТРАНСПОРТЕРЫ

4.1 Пластинчатые конвейеры

Пластинчатыми конвейерами называют машины непрерывного действия, грузонесущим элементом которых является жесткий металлический или деревянный, пластмассовый, резиноканевый настил (полотно), состоящий из отдельных пластин; тяговым элементом является одна или две пластинчатые цепи, огибающие концевые (приводную и натяжную) звездочки.

Пластинчатые конвейеры используют для транспортирования в горизонтальном и наклонном направлениях насыпных и штучных грузов в машиностроительной, химической, горнорудной, энергетической и других отраслях промышленности.

На пластинчатых конвейерах можно перемещать крупнокусковые и абразивные материалы, а также тяжелые штучные грузы. Одновременно с процессом транспортирования грузы-изделия могут подвергаться технологическим операциям (закалке, отпуску, охлаждению, мойке, окраске, сушке и др.)

Пластинчатые конвейеры классифицируют по конструкции настила, конфигурации трассы и назначению. По назначению различают стационарные и передвижные пластинчатые конвейеры.

4.1.1 Пластинчатые конвейеры общего назначения

В зависимости от конструкции настила и тяговой цепи и конфигурации трассы (рис. 4.1) различают пластинчатые конвейеры общего назначения (вертикально замкнутые); изгибающиеся (с пространственной трассой) и специального назначения (разливочные машины, эскалаторы, пассажирские, конвейеры с настилом сложного профиля).

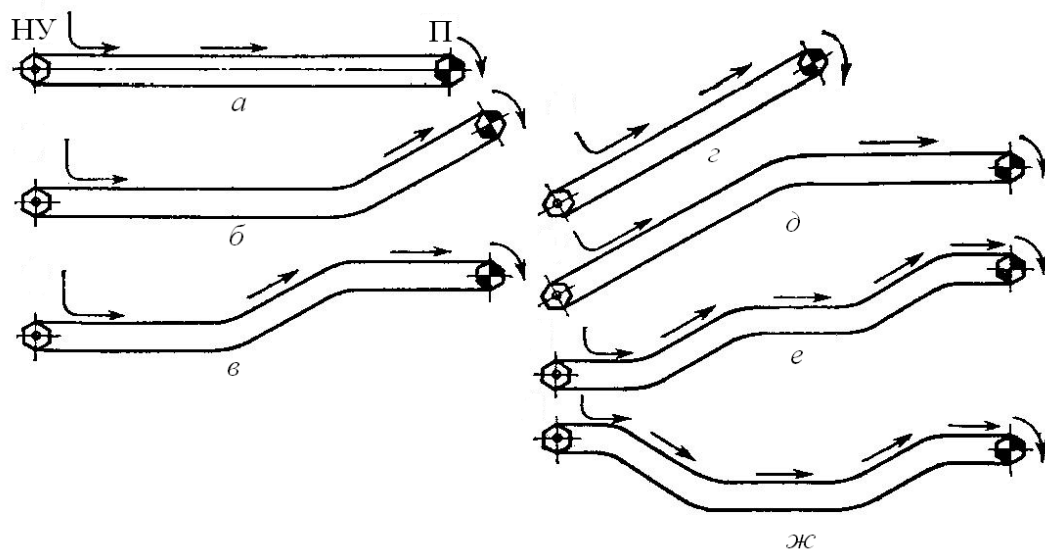


Рис. 4.1. Схемы трасс пластинчатых конвейеров:
а – горизонтальная; б – горизонтально-наклонная; г – наклонная;
д – наклонно-горизонтальная; в, е, ж – сложная

Наиболее широкое применение получили пластинчатые стационарные, вертикально замкнутые конвейеры с прямолинейными трассами, которые являются конвейерами общего назначения. В металлургической промышленности их используют для подачи крупнокусковой руды и горячего агломерата; на химических заводах и при производстве строительных материалов – для перемещения крупнокусовых нерудных материалов; на тепловых электростанциях – при подаче угля; в машиностроении – для транспортирования горячих поковок, отливок, опок, отходов штамповочного производства; на поточных линиях сборки, охлаждения, сушки, сортирования и химической обработки.

Передвижные пластинчатые конвейеры используют на складах, погрузочно-разгрузочных, сортировочных и упаковочных пунктах для перемещения тарно-штучных грузов.

Специальные пластинчатые конвейеры, в том числе и изгибающиеся с пространственной трассой, используют в горно-рудной и угольной промышленности для транспортирования на дальние расстояния руды и угля.

4.1.1.1 Общее устройство, назначение и области применения

К преимуществам пластинчатых конвейеров по сравнению с ленточными относятся: возможность транспортирования тяжелых крупнокусовых, острокромочных и горячих грузов; спокойный и бесшумный ход; возможность загрузки без применения питателей; большая продолжительность трассы с наклонными участками и малыми радиусами переходов и обеспечение бесперегрузочного транспортирования; возможность установки промежуточных приводов; высокая производительность при небольшой скорости движения; возможность использования конвейеров в технологических процессах и поточных линиях при высоких и низких температурах.

Недостатками пластинчатых конвейеров являются: большая масса настила и цепей и их высокая стоимость; наличие большого количества шарниров цепей, требующих дополнительного обслуживания; сложность замены изношенных катков тяговых цепей; большие сопротивления движению.

Пластинчатый конвейер (рис. 5.2) имеет станину, на концах которой установлены две звездочки – приводная 3 с приводом и натяжная с натяжным устройством 4. Бесконечный настил 1, состоящий из отдельных пластин, закрепляется к ходовой части, состоящей из одной или двух тяговых цепей 2, которые огибают концевые звездочки и находятся в зацеплении с их зубьями.

Вертикально замкнутые тяговые цепи движутся вместе с настилом по направляющим путям станины вдоль продольной оси конвейера. Конвейер загружается через одну или несколько воронок 5 в любом месте трассы, а разгружается через концевую звездочку и воронку. Промежуточная разгрузка возможна только для пластинчатых конвейеров с безбортовым плоским настилом. Скорость их движения составляет до 1,25 м/с.

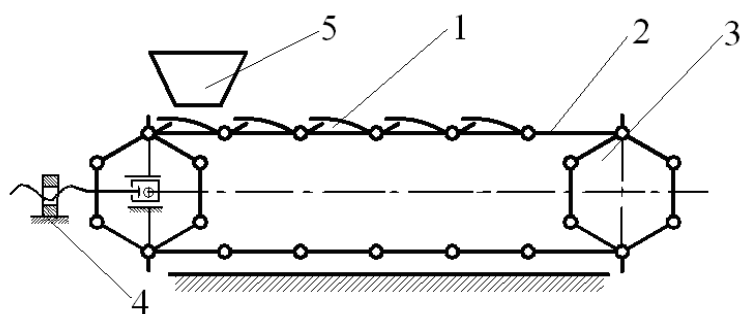


Рис. 4.2. Пластинчатый конвейер:

1 – настил; 2 – тяговая цепь; 3 – приводная звездочка;
4 – натяжное устройство; 5 – загрузочный бункер

Основные параметры пластинчатых конвейеров общего назначения установлены ГОСТ 22281-92: ширина настила: 400; 500; 650; 800; 1000; 1200; 1400; 1600 мм; число зубьев звездочек: 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; скорость движения: 0,01; 0,016; 0,025; 0,04; 0,05; 0,063; 0,08; 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0 м/с.

Угол наклона полотна пластинчатого конвейера обычно составляет 35–60° и зависит от характеристики транспортируемого груза и типа настила. При транспортировании штучных грузов и наличии на настиле поперечных грузодерживающих планок угол наклона конвейера может быть увеличен.

4.1.1.2 Элементы пластинчатых конвейеров

Тяговым элементом обычно служат пластинчатые цепи:

ПВ – пластинчатые втулочные;

ПВР – пластинчатые втулочно-роликовые;

ПВК – пластинчатые втулочно-катковые с гладкими катками;

ПВКГ – пластинчатые втулочно-катковые с гребнями на катках;

ПВКП – пластинчатые втулочно-катковые с подшипниками качения у катков

В качестве тягового элемента могут быть использованы втулочные, роликовые и круглозвенные цепи. Конвейеры с шириной настила более 400 мм имеют две тяговые цепи, легкие конвейеры (с шириной настила менее 400 мм) – одну цепь.

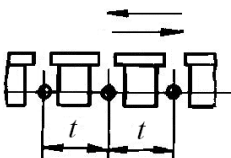
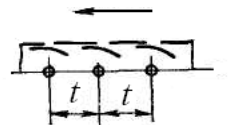
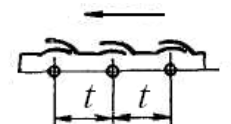
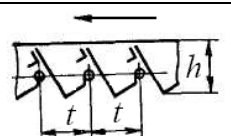
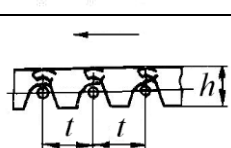
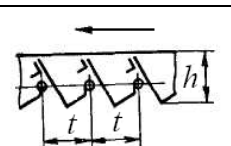
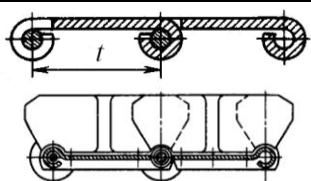
Опорными элементами у пластинчатых втулочно-катковых цепей являются ходовые катки, передающие нагрузку от настила и транспортируемого груза на направляющие пути (на конвейерах тяжелых типов применяют катки на подшипниках качения).

В конвейерах с втулочными и роликовыми цепями и гладким настилом опорными элементами служат стационарные роликовые опоры, закрепленные на станине конвейера. В конвейерах легкого типа с шириной настила 80–200 мм цепь могут объединять с настилом, скользящим по направляющим металлическим или пластмассовым путям.

Настил является грузонесущим элементом конвейера. Настил выполняется с бортами и без бортов и имеет различную конструкцию в зависимости от характеристики транспортируемого груза (табл. 4.1) [2].

Таблица 4.1

Типы настилов пластинчатых конвейеров

Конструктивная схема настила	Тип конвейера	Область применения
1	2	3
	Плоский разомкнутый ПР	Транспортирование штучных грузов
	Плоский сомкнутый ПС	Транспортирование штучных и насыпных (кусковых) грузов
	Безбортовой волнистый В	
	Бортовой волнистый БВ	Транспортирование насыпных и штучных грузов
	Коробчатый мелкий КМ	Транспортирование насыпных грузов
	Коробчатый глубокий КГ	
	Плоский петлевой	Транспортирование стальных листовых отходов и металлической стружки

Плоский настил изготавливают из деревянных планок, стальных или полиуретановых пластин; для обеспечения надежного положения груза настил снабжают фасонными накладками или упорами. Волнистый настил обеспечивает надежное перекрытие соседних пластин, увеличивает жесткость и прочность полотна, повышает сцепление грузов с поверхностью конвейера, уменьшает их просыпание между пластинами и обеспечивает перемещение грузов под большими углами наклона.

Швеллерный настил применяется для транспортирования крупных горячих отливок и штамповок, обеспечивает прочность и жесткость полотна и

облегчает его очистку. Настил изготавливают методом штамповки и сварки стальных листов толщиной 4–10 мм. Пластины настила крепят на болтах, заклепках или приваривают к специальным уголкам, которые крепятся к пластинам тяговых цепей.

Основными размерами настила являются его ширина B и высота бортов h . Нормальный ряд ширины настила: 400, 500, 650, 800, 1000, 1200, 1400, 1600 мм; высота бортов: 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 450 и 500 мм.

Привод пластинчатого конвейера – угловой или прямолинейный (гусеничный) (разд. 2.4), состоит из приводных звездочек, передаточного механизма (редуктора или редуктора с дополнительной передачей) и электродвигателя. На конвейерах, имеющих наклонный участок трассы, устанавливают стопорное устройство или электромагнитный тормоз. Передаточным механизмом привода служит один редуктор или редуктор с зубчатой или цепной передачей. Мощные конвейеры большой производительности и длины имеют несколько приводов.

Натяжные устройства. На пластинчатых конвейерах устанавливаются винтовые (наибольшее распространение) или пружинно-винтовые натяжные устройства (на тяжело нагруженных конвейерах значительной длины со скоростями более 0,25 м/с). НУ устанавливаются на концевых звездочках и имеют ход равный не менее 1,6–2 шага цепи, $X = 320–2000$ мм.

Одна из звездочек НУ закрепляется на валу на шпонке, другая – свободно для возможности самоустановки по положению шарниров цепи.

Станина пластинчатого конвейера изготавливается из угловой или швеллерной стали. Концевые части выполняют в виде отдельных рам для привода и НУ, среднюю часть – в виде отдельных секций металлоконструкции длиной 4–6 м.

4.1.1.3 Расчет пластинчатых конвейеров

Расчет пластинчатых конвейеров проводится в два этапа: предварительное (ориентировочное) определение основных параметров; поверочный расчет. Исходными данными для расчета являются:

- производительность;
- конфигурация трассы;
- характеристика транспортируемого груза;
- скорость движения полотна;
- режим работы.

В соответствии с ГОСТ22281–92 выбирается тип конвейера и тип настила. Настил применяется трех типов:

- легкий – при насыпной плотности транспортируемого груза $\rho < 1 \text{ т/м}^3$;
- средний – при $\rho = 1–2 \text{ т/м}^3$;
- тяжелый – при $\rho > 2 \text{ т/м}^3$.

Высота бортов h бортового настила для насыпных грузов выбирается из нормального ряда (по справочнику), для штучных грузов $h = 100–160$ мм.

Угол наклона конвейера зависит от типа настила и характеристики перемещаемого груза (табл. 4.2), выбранный угол наклона конвейера должен удовлетворять условию $\beta \leq \varphi_1 - (7-10^\circ)$, где φ_1 – угол естественного откоса груза в движении.

Таблица 4.2

Рекомендации к выбору типа настила
пластинчатого конвейера

Тип настила	Угол наклона конвейера β (°)
Гладкий без бортов	$\beta' - 9$
Волнистый без бортов	$\beta' - 5$
Коробчатый без бортов	35
Гладкий с бортами	$\beta' - 6$
Волнистый с бортами	$\beta' - 3$
Коробчатый с бортами	35

β' – угол трения груза о настил

На настиле без бортов насыпной груз располагается по треугольнику (рис. 4.3) так же, как на ленточном конвейере с прямыми роликоопорами; B – ширина настила, $b = 0,85B$, φ – угол естественного откоса груза в покое (угол естественного откоса груза в движении $\varphi_1 = 0,4 \varphi$).

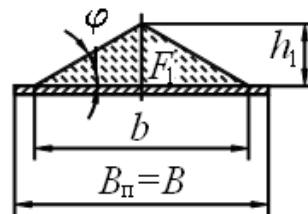


Рис. 4.3. Расположение насыпного груза на плоском настиле

Площадь сечения насыпного груза на настиле без бортов

$$F_1 = \frac{bh_1c_2}{2} = \frac{c_2b^2tg\varphi_1}{4} \quad (4.1)$$

где h_1 – высота треугольника;

c_2 – коэффициент, учитывающий уменьшение площади на наклонном конвейере (табл. 4.3).

Производительность конвейера

$$Q_n = 3600F_1\rho v = 648B_n^2c_2v\rho tg\varphi_1, \quad (4.2)$$

где ρ – плотность груза, т/м³;

v – скорость конвейера, м/с;

B_n – ширина настила без бортов.

Значения коэффициента c_2

Угол наклона конвейера, град	Тип настила	
	Без бортов	С бортами
До 10	1,00	1,00
10–20	0,90	0,95
Более 20	0,85	0,90

Ширина настила без бортов

$$B_n = \sqrt{\frac{Q_n}{648c_2vtg\varphi_1}} \quad (4.3)$$

Производительность при настиле с бортами (рис. 4.4)

$$Q_6 = 3600Fv\rho \quad (4.4)$$

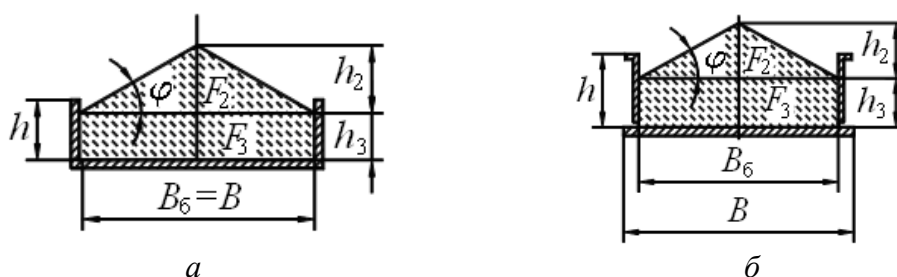


Рис. 4.4. Типы бортовых настилов:
 а – с подвижными бортами; б – с неподвижными бортами

Площадь сечения груза на настиле с бортами

$$F = F_2 + F_3 = 0,25B_6^2k_\beta tg\varphi_1 + B_6h\psi, \quad (4.5)$$

где B_6 – ширина настила с бортами, м;

$\psi = 0,65–0,8$ – коэффициент наполнения сечения настила.

Полученную ширину настила проверяют по условию кусковатости $B \geq X_2a + 200$ мм, где X_2 – коэффициент кусковатости. Для сортированного груза $X_2 = 2,7$; для рядового груза $X_2 = 1,7$.

Окончательно выбранные значения ширины настила округляются до ближайших значений в соответствии с нормальным рядом.

Для штучных грузов ширину настила выбирают по габаритным размерам груза, способу его укладки и количеству, при этом зазор между грузами должен составлять 100–300 мм.

Тяговый расчет. В ходе тягового расчета определяют силы сопротивления и натяжения цепей на отдельных участках трассы.

Максимальное натяжение цепей рассчитывается путем последовательного определения сопротивлений на отдельных участках, начиная от точки наименьшего натяжения.

Минимальное натяжение принимают равным не менее 500 Н на одну цепь (обычно $S_{\min} = 1-3$ кН) [1].

Линейную силу тяжести настила с цепями q_0 (Н/м) определяют по справочникам и каталогам, обычно

$$q_0 \approx 600 B + A, \quad (4.6)$$

где A – коэффициент, принимаемый в зависимости от типа и ширины настила.

Линейная сила тяжести груза (Н/м)

$$q_{\Gamma} = \frac{gQ}{3,6v} = \frac{2,73Q}{v}. \quad (4.7)$$

Максимальное статическое натяжение цепей

$$S_{\max} = 1,05 \{ S_{\min} + \omega [(q_{\Gamma} + q_0)L_{\Gamma} + q_0 L_x] \pm (q_{\Gamma} + q_0)H \}, \quad (4.8)$$

где L_{Γ} и L_x – длины горизонтальной проекции загруженной и незагруженной ветвей конвейера, м;

H – высота подъема груза, м.

Знак «+» в формуле – для участков подъема, «-» – для участков спуска.

Полное расчетное усилие

$$S_{\max} = S_{\text{ст}} + S_{\text{дин}}, \quad (4.9)$$

где $S_{\text{ст}}$ – статическое натяжение тяговых цепей, Н;

$S_{\text{дин}}$ – динамические нагрузки в тяговых цепях, Н.

Если тяговый элемент состоит из двух цепей, то расчетное усилие на одну цепь учитывается коэффициентом неравномерности ее распределения $C_n = 1,6-1,8$.

Расчетное усилие одной цепи $S_{\text{расч}} = S_{\max}$, двух цепей $S_{\text{расч}} = (1,5S_{\max}) / 2$.

Окружное усилие на звездочке

$$P = \sum W = S_{\text{ст}} - S_0, \quad (4.10)$$

где $S_{\text{ст}}$ – наибольшее статическое усилие в тяговых цепях в точке набегания на приводные звездочки, полученное методом обхода по контуру, Н;

S_0 – натяжение цепей в точке сбегания с приводной звездочки, Н.

Мощность привода конвейера

$$N_b = Q L_r \omega / 367, \quad (4.11)$$

где Q – производительность, т/ч;

L_r – горизонтальная проекция длины, м;

ω_0 – обобщенный коэффициент сопротивления движению.

Далее производится выбор двигателя, определение передаточного числа и выбор редуктора; определение фактической скорости движения и уточнение производительности; определение статического тормозного момента (для наклонных конвейеров); расчет тормозного момента; определение хода натяжного устройства [5].

Поверочный расчет включает уточненный тяговый расчет методом обхода по контуру; проверку выбранной тяговой цепи; проверку рассчитанной мощности привода; выбор типа натяжного устройства.

4.1.1.4 Монтаж пластинчатых конвейеров.

Последовательность этапов монтажа пластинчатого конвейера [7]:

- разбивка осей и установка средней части става конвейера;
- установка опорных конструкций или рельсов (для катков цепи) при обеспечении допусков не более 1–2 мм;
- установка привода и натяжной станции при обеспечении горизонтальности и перпендикулярности осей конвейера и приводного вала;
- по приводному валу ориентируют другие элементы привода (открытые передачи, редуктор и электродвигатель), обеспечивая строгую соосность валов;
- тщательной проверке подлежит ходовая часть;
- опробование начинают продвижением ходовой части на 5–10 м вручную или от электродвигателя;
- обкатка конвейера вхолостую в течение 3–4 часов:
 - конвейер должен работать плавно, без стуков, ударов и вибраций;
 - зацепление цепи должно быть плавным;
 - соседние пластины должны свободно проворачиваться на звездочках и криволинейных участках;
 - температура нагрева редуктора и подшипников скольжения должна быть не более 70°, нагрева подшипников качения не должно быть;
- обкатка под нагрузкой (в течение 12 часов)
 - производят те же проверки, что и при обкатке вхолостую;
 - регулируют расположение загрузочного устройства;
 - устраняют просыпание грузов на рабочие поверхности рельсов и в зазоры между пластинами;
 - регулируют работу НУ для предотвращения смещения полотна

4.1.1.5 Технический осмотр и ремонт элементов пластинчатых конвейеров.

Технический осмотр (ТО) тяговых цепей предусматривает их систематический осмотр, текущий ремонт, очистку и смазку. В процессе осмотра выявляют: состояние деталей, посадок в соединениях; подвижность роликов и катков [7].

Невращающиеся ролики и катки с лысками на поверхности качения подлежат замене, ослабленные болтовые соединения звеньев и креплений рабочих органов должны быть затянуты.

ТО звездочек выявляет износ по боковым поверхностям зубьев: звездочка подвергается ремонту или замене; устраняется сбеги полотна.

ТО грузонесущих элементов предусматривает их осмотр и устранение повреждений, затрудняющих эксплуатацию: выявляют наличие остаточных деформаций, надежности крепления к тяговому органу, износ; деформированные пластины исправляют или заменяют, регулируют зазоры между ними, ослабленные соединения подтягивают.

4.1.2 Пластинчатые конвейеры специального назначения

4.1.2.1 Общее устройство, назначение, области применения.

Пластинчатые конвейеры специального назначения состоят из тех же основных элементов, что и пластинчатые конвейеры общего назначения (тяговые элементы, полотно или настил, привод, натяжное устройство), однако, имеют некоторые конструктивные особенности в зависимости от применения и использования в производственных и технологических процессах.

4.1.2.2 Изгибающиеся пластинчатые конвейеры с пространственной трассой.

Перемещают насыпные и штучные грузы по трассе с перегибами настила, как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях (рис. 4.5). Применяются в угледобывающей и других отраслях промышленности, в аэропортах для перемещения багажа [2].

Основным преимуществом изгибающихся пластинчатых конвейеров является бесперегрузочное транспортирование по сложной трассе; недостатком – сложность конструкции и эксплуатации.

Тяговым элементом изгибающегося пластинчатого конвейера являются одна или две специальные пластинчатые или круглозвенные цепи (рис. 4.6).

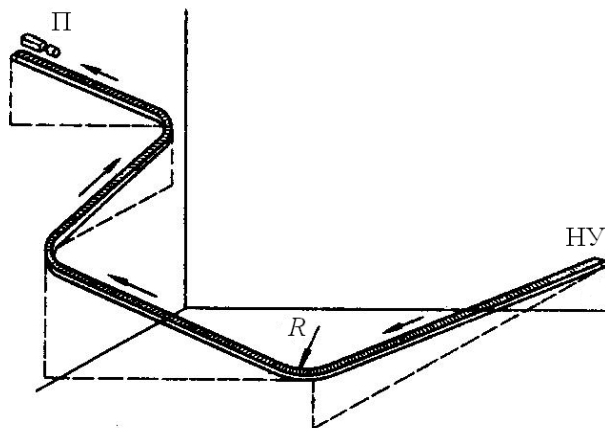


Рис. 4.5. Схема трассы изгибающегося пластинчатого конвейера

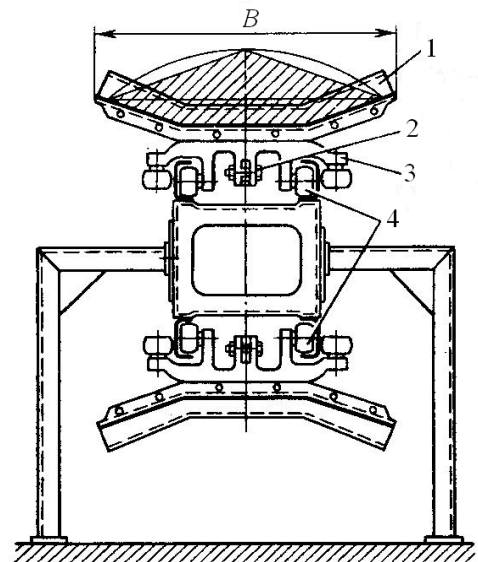


Рис. 4.6. Пластинчатый конвейер с пространственной трассой:
1 – настил; 2 – цепь;
3 – опорное устройство; 4 – каток

Настил изготавливают из металлических пластин с резиновыми элементами, имеющими плоские фрагменты и фигурные складки, что обеспечивает малые радиусы поворота и большие углы наклона трассы. Опорные катки обеспечивают движение настила на горизонтальных участках, направляющие катки – повороты настила.

Основные параметры изгибающихся пластинчатых конвейеров: радиусы горизонтальных поворотов для одноцепных конвейеров составляют 4–7,5 м, для двухцепных – 10–15 м; ширина настила 400–1400 мм; привод – угловой или гусеничный; НУ – пружинно-винтовое.

Промежуточная разгрузка может выполняться путем поперечного наклона настила.

4.1.2.3 Разливочные машины.

Представляют собой конвейер, в котором настил состоит из литых мульд, последовательно заливаемых жидким металлом при медленном движении конвейера [2].

Разливочные машины используют для разливки цветных металлов (меди, олова, свинца), а также чугуна в доменных цехах.

Длина и скорость движения выбирается таким образом, чтобы к подходу мульд к концу конвейера залитый металл (в виде чушек) успел охладиться и был готовым к разгрузке. Для охлаждения в процессе перемещения мулды поливают водой.

Основные параметры разливочных машин: длина транспортирования – до 45 м, скорость перемещения $v = 0,1–0,2$ м/с, производительность до 120 т/ч.

4.1.2.4 Пассажирские транспортирующие машины.

Пассажирские транспортирующие машины классифицируют на машины циклического и непрерывного действия.

К пассажирским транспортирующим машинам циклического действия относятся лифты пассажирские, грузопассажирские, больничные и специальные, шахтные подъемники, маятниковые канатные дороги, фуникулеры; к машинам непрерывного действия: эскалаторы, пассажирские конвейеры, многокабинные подъемники, патерностеры, кресельные канатные дороги и др.

Скорость кабин и вагонов машин циклического действия значительно выше, чем у машин непрерывного действия; однако, производительность и пропускная способность машин непрерывного действия значительно выше, чем машин циклического действия.

Пассажирский лифт представляет собой кабину (купе), подвешенную на стальных канатах в вертикальной шахте. Канат приводится в движение лебедкой, установленной в машинном отделении, кабина и поднимаемый груз уравниваются противовесом. Кабина движется по направляющим, укрепленным на стенках шахты со скоростью 1–4 м/с, вместимость кабины 4–20 человек.

Скоростные лифты могут поднимать до 60 человек со скоростью 5–7 м/с. Основным показателем комфорта лифта являются виброакустические характеристики кабины во время движения, зависящие от качества лебедки.

Грузовые лифты имеют повышенную прочность кабины и предназначены для перевозки крупногабаритного груза в производственных и административных зданиях, складах, гаражах, магазинах, ресторанах и др.

Фуникулер – это подъемник циклического действия, состоящий из двух вагонов подвешенных на канатах к лебедке, совершающих маятниковое движение по наклонному рельсовому пути. Фуникулер используется на крутых подъемах (до 35°).

Патерностер представляет собой многокабинный пассажирский подъемник непрерывного действия, состоящий из движущихся друг за другом кабин без дверей, подвешенных шарнирно на двух цепях, расположенных по диагонали кабины. Посадка и высадка пассажиров происходит во время движения. Вместимость кабины составляет 1–3 чел, скорость движения не более 0,3 м/с.

Пассажирские конвейеры представляют собой ленточные конвейеры с обрешеченной с двух сторон стальной лентой или пластинчатые конвейеры с сомкнутым безбортовым настилом (рис. 4.7).

Используются в местах больших и разветвленных пассажиропотоков (аэропортах, супермаркетах, выставочных комплексах).

Основными характеристиками пассажирских конвейеров являются: угол наклона – до 12°; скорость движения настила 0,4–0,95 м/с; ширина настила 0,8–1,2 м; ресурс до 100-150 тыс. км; уровень звукового давления не более 80 дБ.

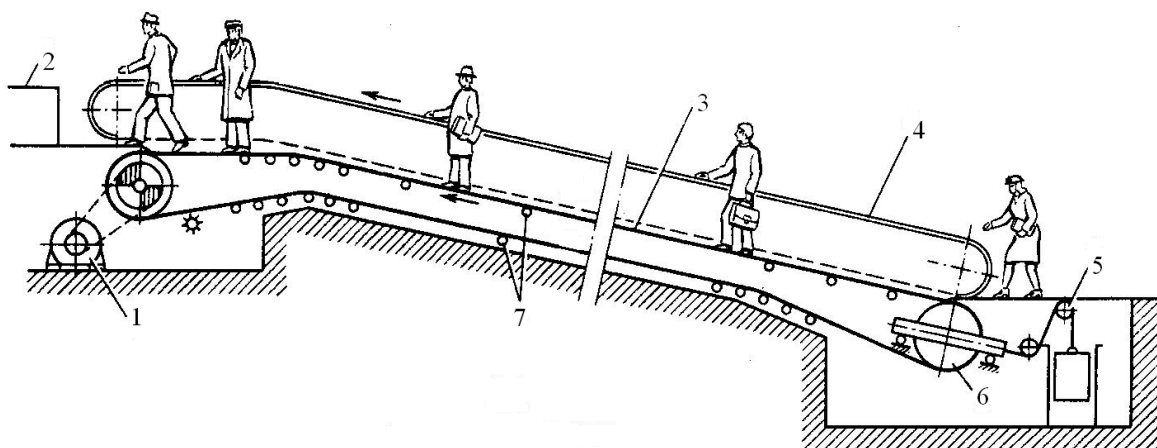


Рис. 4.7. Схема пассажирского конвейера:
 1 – привод; 2 и 5 – входные площадки; 3 – лента (полотно); 4 – поручень;
 6 – натяжное устройство; 7 – роlikоопоры

4.1.3 Эскалаторы

Прототипом современного эскалатора является обычный конвейер для перемещения различных грузов.

Первый патент на изобретение «непрерывной лестницы» получил Натан Эймс из американского штата Массачусетс в 1859 г.

Впервые «движущаяся лестница для транспорта людей» была запатентована в Нью-Йорке в 1882 году. Она представляла собой наклонное полотно, состоящее из ряда пластин с продольными рейками, и имела только наклонный участок. Входные площадки были установлены непосредственно с торцов наклона.

Почти сорок лет создавались технологии для реализации увлекательной идеи непрерывного перемещения людей между этажами зданий. И как только в 1896 г. Джесси В. Рено продемонстрировал миру наклонный (25°) пассажирский конвейер, произошел качественный скачок: на Всемирной выставке в Париже в 1900 г. было представлено 29 аналогичных подъемников, в их числе машина, изготовленная лифтовой компанией «Otis», названная необычным красивым словом эскалатор (от лат. *scala* – лестница, и *elevator* – поднимающий).

Большинство представленных подъемников имело плоское полотно, образующее наклонную движущуюся дорожку. Исключение составляло ступенчатое полотно эскалаторов. Однако эти эскалаторы не имели настилов на ступеньках, и пассажиры должны были выходить не с торца, а сбоку эскалатора. Уже до первой мировой войны новинкой охотно пользовались крупные универсальные магазины США, Франции, Англии. А в 1911 г. первые эскалаторы были установлены в метрополитене на Лондонской линии Пикадилли.

Началом отечественного эскалаторостроения можно считать принятие в 1931 году решения о сооружении метрополитена в г. Москве. В России об эскалаторах впервые задумались тогда, когда стало ясно, что первая линия строящегося Московского метро пройдет на глубине от 10 до 30 м. Как доставлять пассажиров к поездам на такую глубину? В условиях метрополитена с его колоссальной пропускной способностью обычные лестницы выглядели бы смешно.

Лифт также не удовлетворял проектировщиков. Движение его прерывисто, он захлебнулся бы в условиях огромных людских потоков, стремящихся вверх и вниз. Известен был, скорее понаслышке, еще один вид механического подъемника – самодвижущаяся лестница – эскалатор. Движение его непрерывно, интервалов между подъемом и спуском отдельных групп людей нет совершенно. Каждую секунду освобождается новая ступенька, готовая принять двух человек, лестница движется плавно и мерно, как река.

Эскалатор привлекал к себе строителей еще одним преимуществом: он не требовал сооружений запасных пешеходных лестниц, потому что он сам по себе – лестница. Это значительно сокращало объем строительных работ. При всех своих достоинствах эскалатор имел в глазах строителей метрополитена один серьезный недостаток: никто не знал, как его нужно строить.

Переговоры о поставках эскалаторов с немецкой фирмой «Karl Flohr» и Лондонским отделением «Otis» оказались безрезультатными, т. к. за поставку эскалаторов для первой очереди Московского метро они запросили непомерную для того времени цену – 4 млн. рублей золотом (200 тыс. золотых рублей за один эскалатор, 500 тыс. немецких марок за документацию). Советское правительство приняло решение – ориентироваться на собственные силы, что и стало толчком для развития отечественного эскалаторостроения.

Задача действительно была трудной: эскалатор был совершенно неизвестной машиной, литературы о нем достать не удалось. Несколько иностранных проспектов, картинки в рекламных каталогах, рассказы людей, повидавших эскалаторы за границей, – вот все, чем располагала группа советских инженеров, сумевшая в короткий срок создать отечественные эскалаторы, не имеющие равных аналогов по высоте подъема.

Эскалаторы предстояло соорудить очень солидные, самые крупные в мире, их высота по вертикали составляла от 22 до 30 метров. Любая ошибка в расчете даже маленькой детали могла нарушить взаимодействие всех узлов, тем более что монтаж эскалаторов производился уже в Москве, на самих станциях метрополитенов.

Однако сомнения оказались напрасными. В мае 1935 года состоялся торжественный пуск первой очереди метрополитена – все эскалаторы были запущены под пассажирскую нагрузку: эскалатор жил, двигался без скрежета, дребезжания и лязга.

Эти эскалаторы работают в Московском метро до сих пор. За рубежом подобные эскалаторы появились только в конце 50-х годов. На сложность выполненной работы указывает то, что эскалатор имеет более 150 тысяч уз-

лов и деталей, такое же количество единиц крепления, 5 тыс. монтажных прокладок, а в изготовлении эскалаторов принимали участие 60 заводов.

Эскалатор является разновидностью пластинчатых конвейеров, относится к вертикальным подъемникам (горизонтальное перемещение является вынужденным) и представляют собой конвейер для перемещения пассажиров с одного уровня на другой. Рабочий орган эскалатора состоит из лестничного полотна и поручней, движущихся по замкнутой трассе (рис. 4.8).

Основные требования, предъявляемые к эскалаторам: минимальные габариты, малошумность, эффектная внешняя отделка, гармонирующая с интерьером здания.

Тоннельные эскалаторы предназначены для установки в метрополитенах и специальных объектах, имеют большую высоту, высокую скорость движения полотна и большую провозную способность, значительную массу и большие габаритные размеры.

Поэтажные эскалаторы предназначены для установки в административных зданиях, торговых центрах используются для подъема и спуска людей на небольшую высоту.

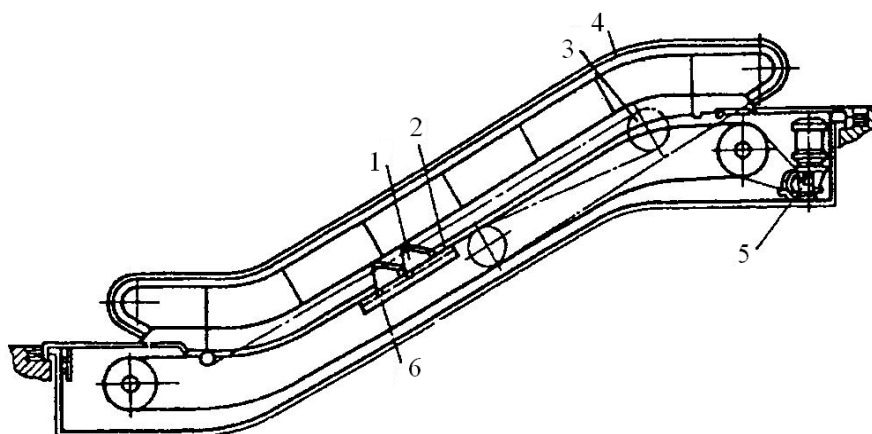


Рис. 4.8. Схема поэтажного эскалатора:

1 – ступени; 2 – тяговые цепи; 3 – привод поручней; 4 – поручневое устройство; 5 – привод лестничного полотна; 6 – направляющие ходовых катков ступеней

Привод эскалатора – редукторный, односторонний (в тоннельных – двухсторонний) с дополнительной цепной или зубчатой передачей. Тормоза должны обеспечивать плавную остановку загруженного эскалатора, ускорение при пуске и замедление при торможении – не более $0,6 \text{ м/с}^2$. В приводном механизме имеется вспомогательный привод для ремонта, натяжное устройство – пружинно-винтовое.

Все механизмы эскалатора монтируются на металлоконструкции (рис. 4.9). Привод тоннельных эскалаторов размещается в специальных машинных помещениях, натяжная станция – в натяжной камере; у поэтажных эскалаторов привод находится под входной площадкой или между ветвями лестничного полотна, натяжная камера отсутствует.

Управление приводом тоннельного эскалатора производится из машинного зала (с помощью панели управления), с верхнего и нижнего настенного пульта или кабины оператора. Станции управления поэтажного эскалатора расположены в специальном пульте под верхней площадкой, пуск производится с пультов, находящихся в балюстраде.

Основными параметрами эскалатора являются: угол наклона полотна, равный $30\text{--}35^\circ$; длина входных и выходных площадок $0,8\text{--}1,2$ м; глубина (проступь) и шаг ступеней $400\text{--}405$ мм, высота ступеней – 200 мм, ширина ступеней – $500\text{--}1000$ мм (для тоннельных $750\text{--}1200$ мм); скорость полотна $0,5\text{--}1,0$ м/с; расчетная пассажирская нагрузка $800\text{--}2400$ Н.

Особенностью конструкции тяговой цепи эскалатора (рис. 4.10) является наличие упоров на наружных пластинах, которые обеспечивают возможность перегиба цепи только в одну сторону [2]. Эти упоры совместно с направляющими путями – ограничителями против складывания обеспечивают неизменное положение цепи в случае ее обрыва на любом участке трассы.

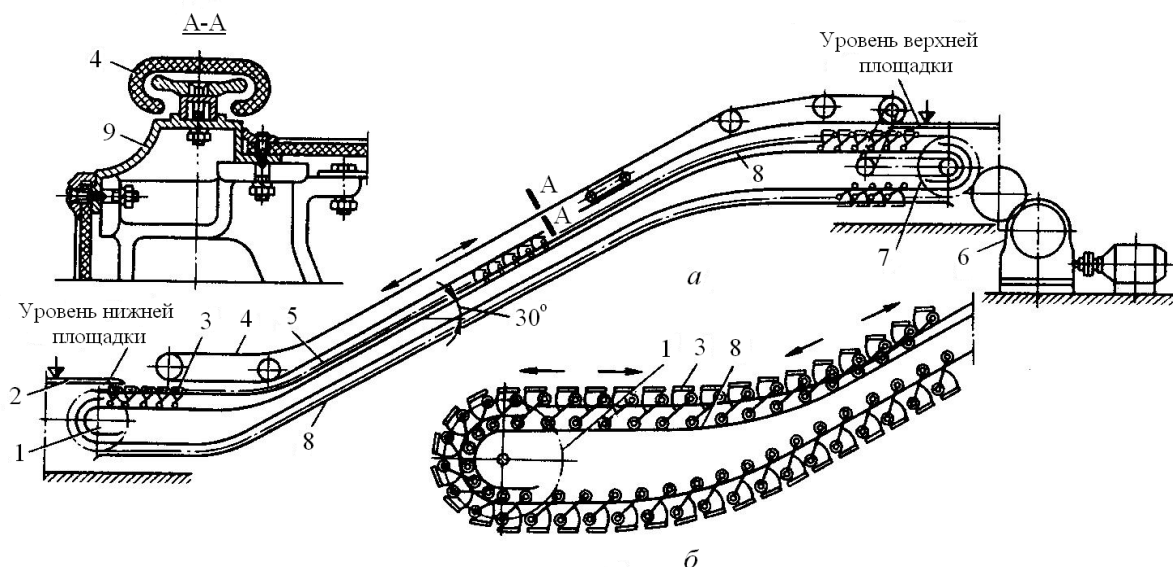


Рис. 4.9. Конструктивная схема эскалатора:

- 1 – натяжная звездочка; 2 – входная площадка; 3 – ступенчатый настил;
- 4 – поручень; 5 – тяговые цепи; 6 – привод; 7 – приводная звездочка;
- 8 – направляющие пути; 9 – балюстрада

Настилом (полотном) эскалатора являются ступени, установленные на двух тяговых цепях. Каждая ступень опирается на четыре катка, два из которых (основные) связаны осью с тяговыми цепями, два других являются вспомогательными.

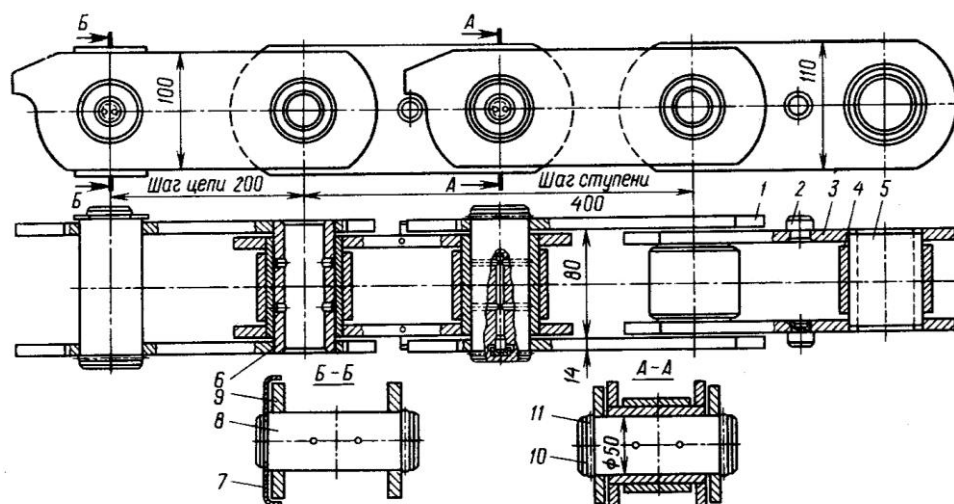


Рис. 4.10. Тяговая цепь эскалатора:

- 1 – наружная пластина; 2 – упор цепи; 3 – внутренняя пластина; 4 – ролик; 5 – втулка;
 6 – полый валик; 7 – стопорная шайба; 8 – соединительный валик;
 9 – соединительная пластина; 10 – сплошной валик; 11 – пружинное кольцо

Катки (основные и вспомогательные) имеют разные колеи и движутся по четырем направляющим путям, что обеспечивает горизонтальное положение ступеней на всем протяжении рабочей ветви эскалатора.

Ступень эскалатора (рис. 4.11) состоит из металлического каркаса с опорной гребенчатой плитой, подступенка и четырех катков, выполненных из пластмассы или из стали с футеровкой из резины или полимерных материалов, что обеспечивает снижение шума во время движения эскалатора. Катки установлены на шарикоподшипниках.

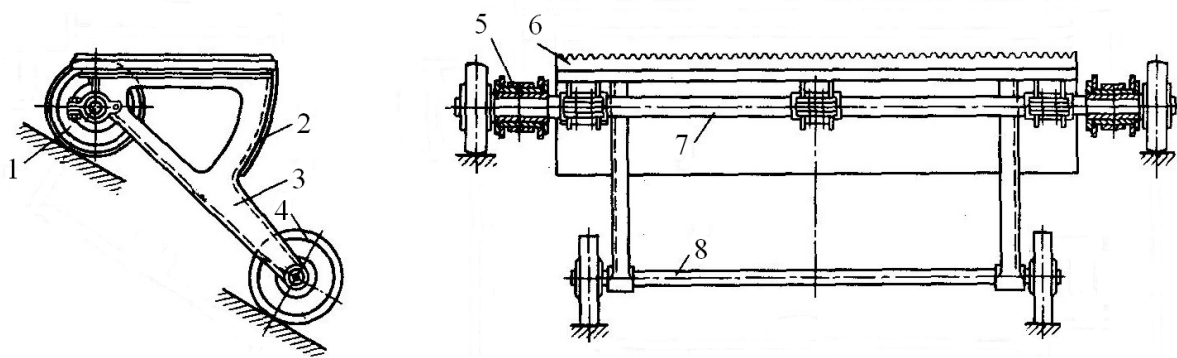


Рис. 4.11. Ступень эскалатора:

- 1 – основные катки; 2 – подступенок; 3 – каркас; 4 – вспомогательные катки;
 5 – тяговые цепи; 6 – гребенчатая плита; 7 и 8 – оси катков

Поручневое устройство (рис. 4.12) представляет собой два вертикально замкнутых конвейера, тяговым и грузонесущим элементами которых являются резиноканевые поручни, движущиеся по металлическим направляющим и предназначенные для опоры рук пассажиров. Трасса поручней повторяет

конфигурацию лестничного полотна, НУ – грузовое, линейная расчетная нагрузка составляет 50 Н/м.

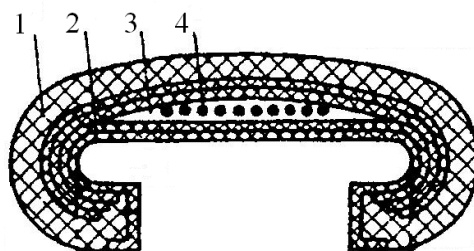


Рис. 4.12. Устройство поручня армированного резиновотросового:

1 – обкладка; 2 – тканевый сердечник; 3 – наполнитель резиновый; 4 – стальные тросы

К преимуществам эскалатора относятся: большая провозная способность – до 10000 пассажиров в час; удобство для пассажиров; использование эскалатора в качестве обычной лестницы в случае неполадок или отсутствия энергии. Недостатками эскалатора являются: большая стоимость, а для тоннельных – высокая стоимость сооружения (тоннеля); большие затраты времени при подъеме на большую высоту, чем при использовании высокоскоростного лифта; большие затраты энергии.

Расчет эскалатора.

Производительность (пропускная способность) эскалатора

$$Z = \frac{3600\psi Av}{a_c} = 9000A\psi v \quad , \quad , \quad (4.12)$$

где $\psi = 0,6-0,96$ – коэффициент заполнения ступени (наибольшее значение при $v = 0,5$ м/с, наименьшее при $v = 1$ м/с);

$A = 1-2$ – число пассажиров на одной ступени;

$a_c = 0,4-0,405$ м – шаг ступеней эскалатора.

Тяговый расчет эскалатора выполняют в том же порядке, как для пластинчатого конвейера с построением диаграммы натяжения цепей. Тяговый расчет поручня производится так же как расчет ленточного конвейера.

4.2 Скребковые конвейеры

К скребковым конвейерам относятся разнообразные по конструкции транспортирующие машины, в которых груз перемещается волочением по неподвижному открытому или закрытому желобу или трубе прямоугольного или круглого сечения при помощи движущихся скребков, прикрепленных к тяговому элементу. Скребковые конвейеры применяют для транспортирования пылевидных, зернистых и крупнокусковых сыпучих грузов, а также для охлаждения горячих грузов: золы, шлака и др.

В качестве гибких тяговых элементов в основном используются цепи (реже ленты и канаты). При цепном тяговом элементе шаг скребков кратен шагу цепи. Рабочей ветвью конвейера обычно является нижняя, реже – верх-

няя ветвь, используются конвейеры с двумя рабочими ветвями, по которым груз может перемещаться одновременно в обе стороны. Нижняя грузонесущая ветвь цепи проходит внутри каркаса и огибает концевые звездочки, обратная (холостая) ветвь располагается в верхней части каркаса и движется по направляющим путям или роликам.

Скребковые конвейеры нашли широкое применение в угольных шахтах, на обогатительных фабриках, на предприятиях химической и пищевой промышленности, на животноводческих комплексах.

Скребковые конвейеры классифицируют по:

форме скребков: со сплошными и контурными скребками;

высоте скребков: с высокими и низкими скребками (конвейеры с низкими скребками имеют вертикально замкнутое расположение цепи).

Отдельную группу составляют трубчатые скребковые конвейеры с пространственной трассой.

По характеру движения скребковые конвейеры выполняют с непрерывным поступательным движением и с возвратно-поступательным движением: штанговые скребковые конвейеры с шарнирно закрепленными на жесткой штанге сплошными скребками или с жестко закрепленными скребками-шипами.

В скребковых конвейерах с низкими скребками груз перемещается в желобе конвейера сплошным слоем, высота которого в 2–6 раз больше высоты скребков.

Преимуществами скребковых конвейеров являются: простота конструкции и устройства промежуточной загрузки и разгрузки; возможность герметичного транспортирования пылящих и горячих грузов.

К недостаткам скребковых конвейеров относятся: интенсивный износ ходовой части и желоба; значительный расход энергии (из-за трения ходовой части о желоб); заклинивание кусков груза между скребками и желобом (при перемещении грузов с трудно дробимыми кусками).

Конвейеры со скребками шириной 200–320 мм имеют скорости движения $v = 0,1–1,0$ м/с; со скребками шириной 400–1200 мм $v = 0,5–0,63$ м/с.

Основным параметром скребкового конвейера является ширина скребка или скребковой цепи, для трубчатых скребковых конвейеров – наружный диаметр трубы [2].

4.2.1 Конвейеры со сплошными высокими скребками

Перемещают груз в горизонтальном, наклонном, наклонно-горизонтальном и горизонтально-наклонном направлениях (рис. 4.13), при этом груз перемещается по нижней (обычное исполнение) или верхней ветви или одновременно по обеим ветвям в противоположных направлениях.

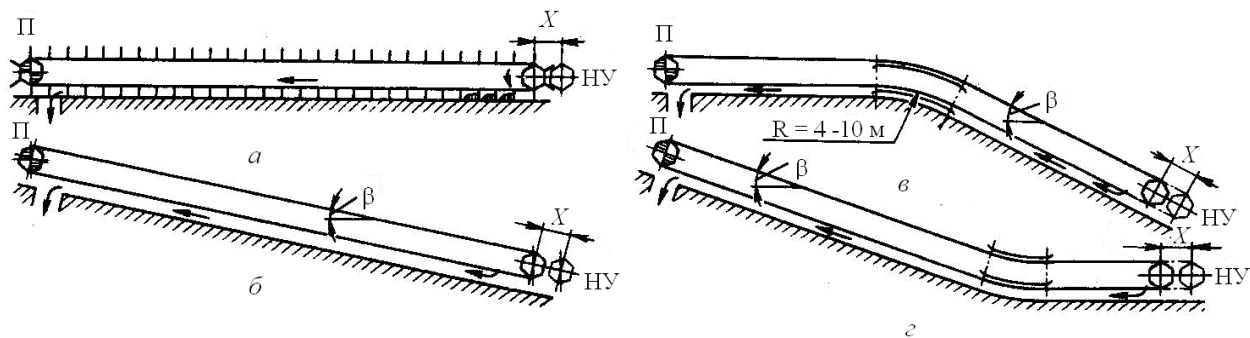


Рис. 4.13. Схемы скребковых конвейеров со сплошными высокими скребками:
a – горизонтальная; *б* – наклонная; *в* – горизонтально-наклонная;
г – комбинированная; П – привод; НУ – натяжное устройство;
X – ход натяжного устройства

Угол наклона скребковых конвейеров составляет 30–40°.

Конвейеры с высокими скребками выпускают в открытом и закрытом исполнениях. Ходовая часть перемещается при скольжении цепи со скребками по желобу или при качении катков цепи по направляющим путям.

4.2.1.1 Общее устройство, основные элементы и основные параметры

Скребковый конвейер со сплошными высокими скребками (рис. 4.15) состоит из открытого желоба 1, укрепленного на станине, вдоль которого перемещается тяговая цепь 3 с закрепленными на ней скребками 2, огибающая натяжную 5 и приводную 6 звездочки.

Движение тяговая цепь получает от привода, а первоначальное натяжение – от натяжного устройства. Транспортируемый груз 4 засыпается в желоб в любом месте трассы, разгрузка может производиться в любом месте по его длине с помощью люков в днище желоба, перекрываваемых шиберными затворами.

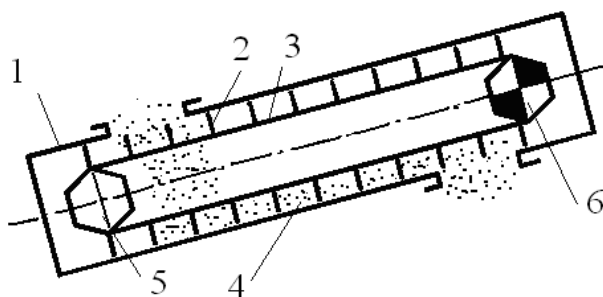


Рис. 4.15. Схема скребкового конвейера со сплошными высокими скребками:
 1 – желоб; 2 – скребки; 3 – тяговая цепь (цепи); 4 – груз;
 5 – натяжное устройство; 6 – привод

Груз 6 движется в неподвижном желобе 5 (рис. 4.16) и проталкивается отдельными порциями перед скребками 1, которые закреплены на тяговой цепи 4, опирающейся ходовыми катками 3 на направляющие 2.

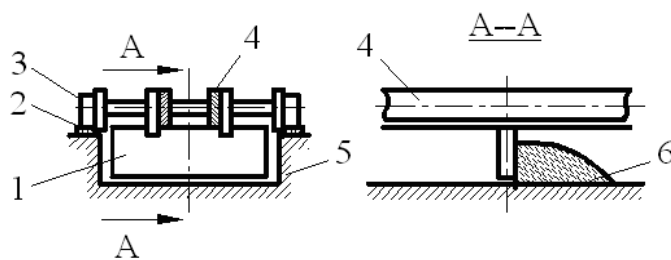


Рис. 4.16. Схема движения материала по желобу в конвейере со сплошными высокими скребками:

1 – скребок; 2 – направляющие пути; 3 – катки цепи; 4 – тяговая цепь; 5 – желоб; 6 – груз

Тяговым элементом конвейера с высокими сплошными скребками является одна или две пластинчатые катковые цепи с шагом 160; 200; 250; 315; 400 мм: в одноцепном конвейере тяговая цепь располагается посередине ширины скребка над ним; у двухцепного конвейера тяговые цепи располагаются по бокам скребков. Для скребков шириной до 400 мм применяют одну тяговую цепь, при большей ширине – две цепи.

Грузонесущим элементом конвейера являются скребки, которые выполняют трапецидальной, полукруглой или прямоугольной формы (по форме желоба или трубы), скребки изготавливают из листовой стали толщиной 3–8 мм. Ширина плоских скребков составляет до 650 мм, ящичных – 500–1200 мм; высота скребка принимается в 2–3 раза меньше его ширины.

При перемещении кусковых грузов шаг скребков должен выбираться большим, чем размер наибольшего куска груза.

Шаг скребков

$$a_c = 2t_{ц} \text{ или } a_c = (2-4)h_c,$$

где $t_{ц}$ – шаг цепи;

h_c – высота скребка).

Желоб конвейера изготавливают сварным или штампованным из листовой стали толщиной 4–6 мм прямоугольного, трапецидального или круглого (по форме скребка) сечения. Желоб собирают по секциям длиной 3–6 м, зазор между скребком и желобом составляет 5–15 мм на сторону.

Привод конвейера – редукторный, устанавливается на концевой звездочке. На конвейерах среднего и тяжелого типа устанавливают муфту предельного момента.

Натяжное устройство – винтовое или пружинно-винтовое, ход НУ составляет $X = 1,6 t_{ц}$.

Важным преимуществом конвейеров с высокими скребками является движение ходовой части на катках. Основным недостатком является неудобство загрузки и разгрузки желоба.

4.2.1.2 Расчет скребковых конвейеров

Производительность скребкового конвейера

$$Q_m = 3600 F \rho v = 3600 B_{\text{ж}} h_{\text{ж}} \psi c_{\text{и}} \rho v, \quad (4.13)$$

где F – расчетная площадь сечения груза в желобе, м^2 (рис. 4.17);

ρ – плотность груза, $\text{т}/\text{м}^3$;

v – скорость транспортирования, $\text{м}/\text{с}$;

ψ – коэффициент заполнения желоба, для легкосыпучих грузов $\psi = 0,5-0,6$, для плохосыпучих $\psi = 0,7-0,8$;

$c_{\text{и}}$ – коэффициент использования объема желоба, который учитывает уменьшение объема груза перед скребком при увеличении угла наклона конвейера, определяется по табл. 4.4.

Площадь поперечного сечения желоба

$$F = B_{\text{ж}} h_{\text{ж}} \psi C_{\text{и}}, \quad (4.14)$$

где $B_{\text{ж}}$ и $h_{\text{ж}}$ – ширина и высота желоба, м .

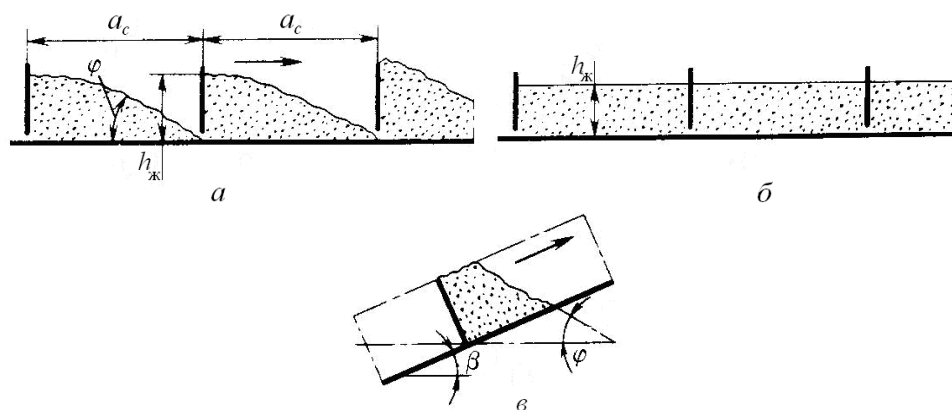


Рис. 4.17. Схема расположения насыпного груза перед высокими сплошными скребками: a – при транспортировании легкосыпучего зернистого и пылевидного груза; $б$ – плохосыпучего кускового; $в$ – на наклонном конвейере

Таблица 4.4

Значения коэффициента $c_{\text{и}}$

Транспортируемый груз	Угол наклона конвейера, град					
	0	10	20	30	35	40
Легкосыпучий	0,5–0,6	0,42–0,51	0,32–0,39	0,25–0,3	–	–
Плохосыпучий	0,7–0,8	0,69–0,75	0,59–0,68	0,52–0,6	0,42–0,48	0,35–0,4

Высоту скребка принимают на 25–50 мм больше высоты желоба, скорость движения скребка 0,1–0,63 м/с. Ширина желоба

$$B_{\text{ж}} = k_{\text{ж}} h_{\text{ж}}, \quad (4.15)$$

где $k_{\text{ж}} = 2–4$ – коэффициент соотношения ширины и высоты желоба.

Полученную ширину желоба и шаг скребка проверяют по гранулометрическому составу груза по условию

$$B_{\text{ж}} \geq X_{\text{с}} a, \quad (4.16)$$

где a – размер наибольшего куска груза; $a_{\text{с}} \geq 1,5 a$ ($a_{\text{с}}$ – шаг скребка).

Шаг скребка $a_{\text{с}} = 2t_{\text{ц}}$ или $a_{\text{с}} = (2–4)h_{\text{с}}$, $h_{\text{с}}$ – высота скребка.

Для двухцепных конвейеров при сортированном грузе коэффициент $X_{\text{с}} = 3–4$, при рядовом грузе $X_{\text{с}} = 2–2,5$.

Для одноцепных конвейеров при сортированном грузе $X_{\text{с}} = 5–7$, при рядовом грузе $X_{\text{с}} = 3 \div 3,5$.

Объем груза, находящегося в промежутке между скребками, зависит от характеристики груза и скорости движения скребков.

Фактическая производительность конвейера

$$Q_{\text{ф}} = [3,6 k_{\text{г}} v m_{\text{г}}] / a_{\text{с}}, \quad (4.17)$$

где $k_{\text{г}}$ – коэффициент, учитывающий гранулометрический состав груза (для пылевидных грузов $k_{\text{г}} = 0,8$; для кусковых и зернистых $k_{\text{г}} = 0,9$);

$m_{\text{г}}$ – масса порции груза перед скребком, кг.

Тяговый расчет скребкового конвейера.

Соппротивление движению груза и ходовой части на рабочей ветви [1]

$$S_n = S_{n-1} + (\omega q_0 + \omega_{\text{г}} q_{\text{г}}) \ell \pm (q_{\text{г}} + q_0) h, \quad (4.18)$$

где S_n и S_{n-1} – натяжение цепи в конце и начале прямолинейного участка, Н;

ω и $\omega_{\text{г}}$ – коэффициенты сопротивления движению ходовой части и груза;

q_0 и $q_{\text{г}}$ – линейные силы тяжести ходовой части и груза, Н/м.

Соппротивление перемещению груза на наклонном участке

$$W_{\text{н}} = g m_{\text{г}} (\omega_{\text{г}} \cos \beta + \sin \beta), \quad (4.19)$$

где $\omega_{\text{г}}$ – коэффициент сопротивления движению груза по желобу;

β – угол наклона конвейера.

Соппротивление перемещению груза на горизонтальном участке (рис. 4.18)

$$W_{\text{г}} = g m_{\text{г}} \omega_{\text{г}}. \quad (4.20)$$

Необходимое первоначальное натяжение тягового элемента

$$S_0 \geq Wh \operatorname{ctg}(\varepsilon / t), \quad (4.21)$$

где ε – угол отклонения звена цепи, к которому прикреплен скребок;
 t – шаг звена цепи, м.

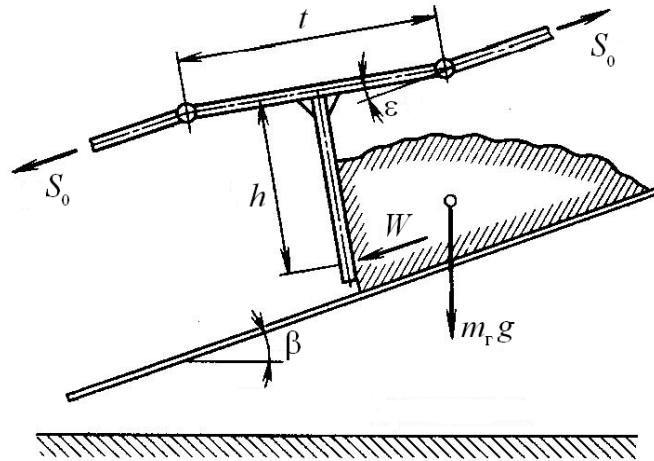


Рис. 4.18. Схема сил, действующих на скребок

Подробный тяговый расчет производится методом обхода по контуру, начиная с точки минимального натяжения цепи $S_{\min} = 10\text{--}50$ кН, которое выбирается в зависимости от длины и производительности конвейеров (рис. 4.19). У горизонтальных конвейеров S_{\min} (точка 1) находится в точке сбегания цепи с приводной звездочки. У наклонных и наклонно-горизонтальных конвейеров S_{\min} может находиться в точках 1 и 2 в зависимости от соотношения L_r , ω и H (ω – коэффициент сопротивления движению опорных элементов тяговой цепи; $\omega = 0,1\text{--}0,13$ – для цепей с ходовыми катками, $\omega = 0,25$ – для цепей без катков).

Для комбинированных конвейеров с горизонтальным хвостовым участком трассы S_{\min} находится в точке 1 при $L' \omega > H$ и в точке 2 при $L' \omega < H$; L' – проекция длины участка от привода до горизонтального участка [1].

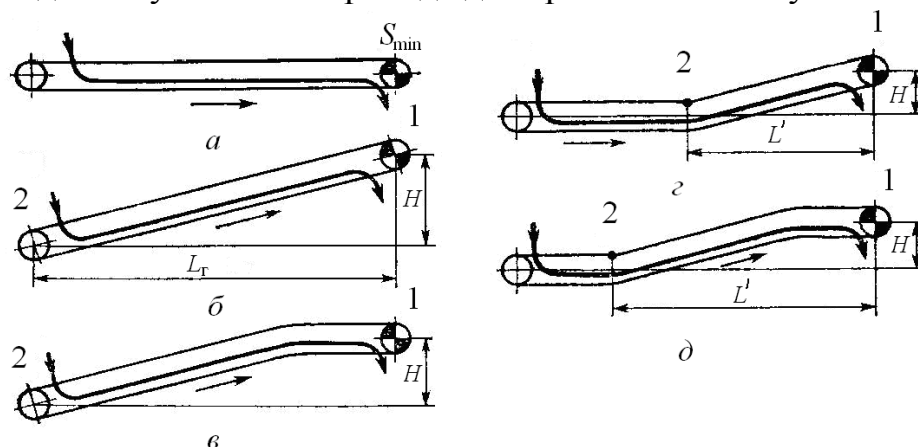


Рис. 4.19. Схемы к расчету скребковых конвейеров

Если $L_T \omega > H$, то S_{\min} находится в точке 1; если $L_T \omega < H$, то S_{\min} находится в точке 2; при $L_T \omega = H$ натяжения в точках 1 и 2 будут равны.

Максимальное натяжение цепи

$$S_{\max} = q_T (\omega'_{\text{ж}} L_T + H) + S_{\min} + S_{\text{х.в.}}, \quad (4.22)$$

где $\omega'_{\text{ж}}$ – коэффициент сопротивления движению груза в желобе; для катковых цепей $\omega'_{\text{ж}} = 0,8-2,0$; для скользящих цепей $\omega'_{\text{ж}} = 1-4,5$;

$S_{\text{х.в.}}$ – натяжение от веса холостой ветви;

q_0 – линейная нагрузка от скребковой цепи;

ω – коэффициент сопротивления опорных элементов тяговой цепи.

Натяжение от веса холостой ветви

$$S_{\text{х.в.}} = q_0(H - L_T \omega). \quad (4.23)$$

Сопротивление очистительных устройств

$$W_{\text{оч}} = q_{\text{оч}} z_{\text{оч}} B_{\text{ж}}, \quad (4.24)$$

где $q_{\text{оч}} = 300-500$ Н/м – линейная нагрузка от очистительных устройств;

$z_{\text{оч}}$ – число очистительных устройств, шт.

Сопротивление от загрузочного устройства

$$W_3 = 0,7 q_T \ell_3, \quad (4.25)$$

где ℓ_3 – длина загрузки, м.

Полное сопротивление движению

$$W = \Sigma W, \quad (4.26)$$

Мощность двигателя

$$P = [v k_3 \Sigma W] / \eta, \quad (4.27)$$

где $k_3 = 1,1-1,35$ – коэффициент запаса.

4.2.2 Конвейеры со сплошными низкими скребками

Скребковые конвейеры с низкими скребками имеют закрытый каркас, нижняя часть которого образует желоб, цепь имеет вертикально замкнутое расположение, она огибает приводную и натяжную звездочки и опирается ходовыми катками на направляющие. Груз перемещается в желобе конвейера сплошным слоем, высота h которого в 2–6 раз больше высоты скребков, и образует сплошное тело волочения высотой, превышающей высоту скребка. Высота скребков в несколько раз меньше высоты бортов желоба. Груз засы-

пается в желоб через холостую ветвь и отверстие в крышке. Нижняя ветвь цепи является рабочей, обратная (верхняя) ветвь движется по направляющим путям или роликам. Возможно исполнение с двумя рабочими ветвями, которые перемещают груз в разных направлениях. Конвейеры с низкими скребками имеют углы наклона до 60° .

Применяются для горизонтального и наклонного транспортирования хорошо сыпучих, пылевидных, зернистых, мелкокусковых грузов при нормальных и повышенных (до 700°C) температурах, имеют вертикально замкнутое расположение цепи.

Основные параметры конвейеров со сплошными низкими скребками: углы наклона трассы до 60° ; длина транспортирования до 100 м; производительность до 700 т/ч; ширина желоба 125–1000 мм; скорость транспортирования 0,1–0,4 м/с.

Преимуществами конвейеров с низкими скребками являются: герметичность процесса транспортирования; сложность трассы; широкий диапазон производительности; возможность перемещения горячих грузов.

К недостаткам относятся: изнашивание цепей, скребков и желоба; возможность всплывания цепи над перемещаемым грузом.

Тяговым элементом скребковых конвейеров с погруженными скребками являются пластинчатые втулочные и роликовые или специальные вильчатые цепи с шагом 160 и 200 мм.

Скребки изготавливают из плоской, профильной и листовой полосы. В одноцепных конвейерах скребки приваривают к звену цепи перпендикулярно или под углом 85° к его продольной оси. В двухцепных конвейерах скребки крепят к звеньям с помощью толстых шплинтов.

Желоб конвейера выполняется в виде единого сварного каркаса из листовой стали толщиной 2–4 мм или в виде двух отдельных желобов, изготовленных из швеллеров и листовой стали.

Привод конвейеров – редукторный. Поворотными и отклоняющими устройствами являются направляющие блоки, звездочки и неподвижные шины. Натяжное устройство – винтовое или пружинно-винтовое.

При транспортировании горячего груза для сохранения его температуры каркас конвейера выполняют с двойными стальными стенками, между которыми находится теплоизоляционный материал. Для охлаждения горячего груза дно желоба конвейера оснащают охладительной камерой, в секции которой непрерывно подается холодная вода, при этом горячие грузы перемещаются тонким слоем при небольшой скорости ($0,01$ – $0,16$ м/с²).

Цепь, скребки, отклоняющие блоки и звездочки имеют такую же конструкцию, как и у скребковых конвейеров обычного исполнения, но изготавливаются из специальных сталей. Смотровые и ремонтные люки имеют асбестовые прокладки.

4.2.3 Конвейеры с контурными скребками

Конвейеры с контурными скребками имеют закрытый желоб, разделенный на две части, внутри которых движутся рабочая и обратная ветви цепи с фигурными скребками, повторяющими три стенки контура сечения желоба (рис. 4.20). Применяются для перемещения насыпных грузов в горизонтальной, круто наклонной и вертикальной плоскостях. Фигурные (контурные) скребки, армируя насыпной груз, перемещают его не отдельными порциями, а сплошной массой, заполняющей на горизонтальных участках почти все сечение желоба. Контурные скребки более эффективно, чем низкие сплошные скребки, передают движущую силу на все сечение насыпного груза, позволяя перемещать груз в крутонаклонной и вертикальной плоскостях.

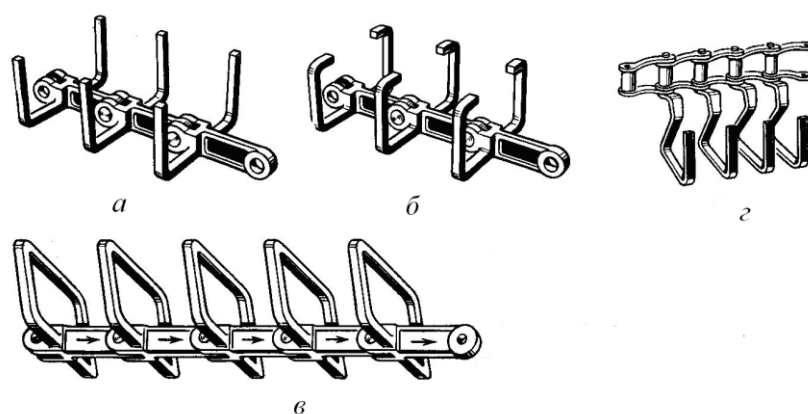


Рис. 4.20. Ходовая часть конвейеров с контурными скребками:
a, б, в – вертикально замкнутых; *г* – горизонтально замкнутых

Конвейеры с контурными скребками имеют вертикально и горизонтально замкнутое расположение ходовой части (рис. 4.21).

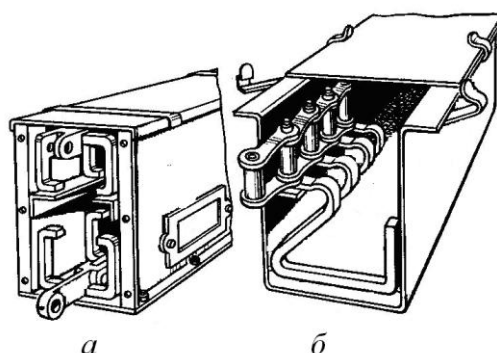


Рис. 4.21. Поперечные сечения конвейеров с контурными скребками:
a – вертикально замкнутых; *б* – горизонтально замкнутых

Горизонтально замкнутые конвейеры (рис. 4.21, *б*) используют как распределительные, вертикально замкнутые конвейеры могут иметь трассы с горизонтальными, наклонными вертикальными участками (рис. 4.22) и приме-

няются для перемещения пылевидных, легкосыпучих, зернистых и сортированных мелкокусковых грузов. Основными параметрами конвейеров с контурными скребками являются: производительность до 60 т/ч; длина трассы до 50 м; высота подъема до 15–20 м; скорость перемещения – 0,1–0,25 м/с.

Конвейерами с контурными скребками (рис. 4.23) не рекомендуется перемещать абразивные, влажные и липкие грузы, а также грузы с трудно дробимыми кусками, которые могут заклинивать между скребками и желобом, создавая значительные сопротивления движению и провоцируя выход из строя всей установки.

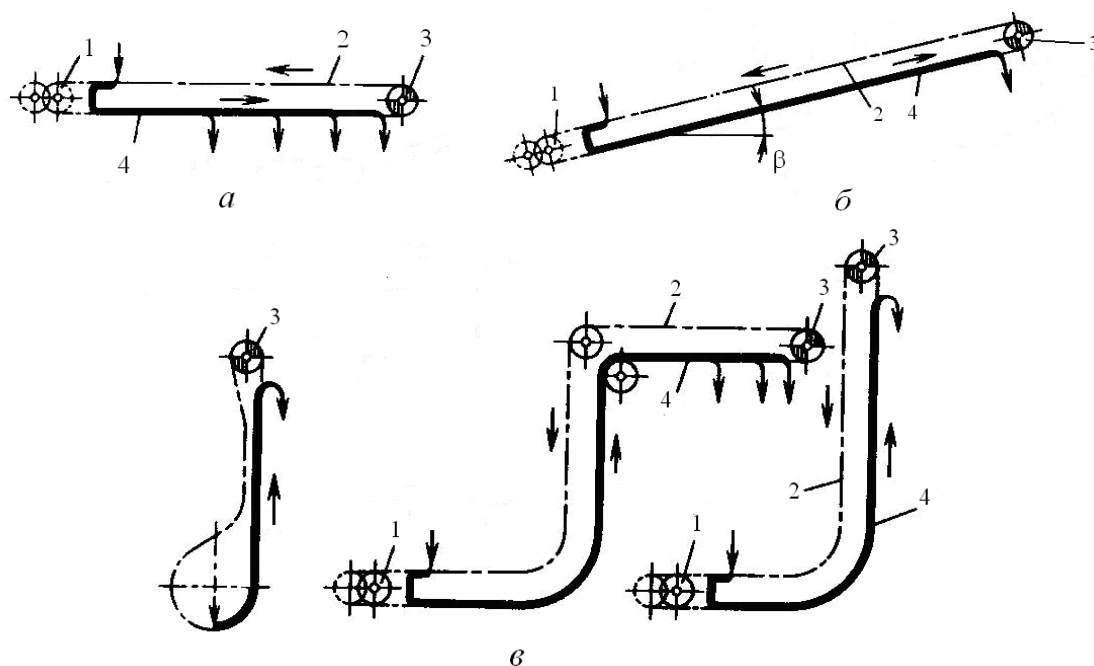


Рис. 4.22. Схемы трасс вертикально замкнутых конвейеров с контурными скребками:
а – горизонтальная; *б* – наклонная; *в* – комбинированная;
 1 – натяжное устройство; 2 – нерабочая ветвь; 3 – привод; 4 – рабочая ветвь

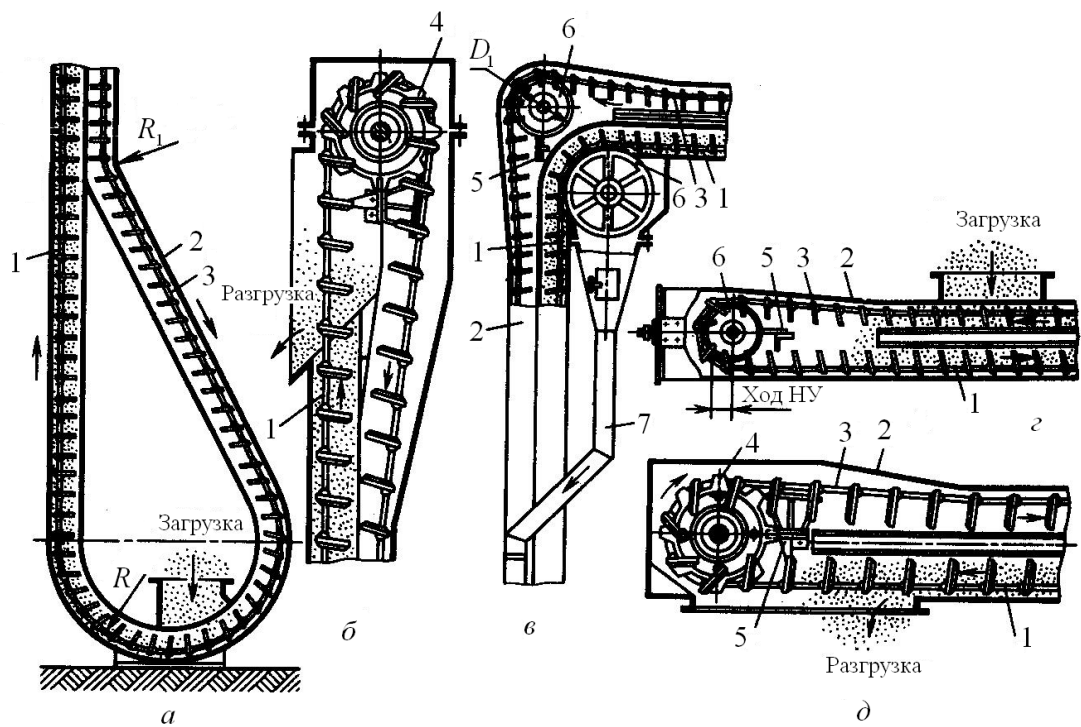


Рис. 4.23. Элементы конвейеров с контурными скребками:
а, б – расположение зон загрузки и разгрузки на конвейере с вертикальными участками;
в – участок поворота трассы; *г, д* – расположение зон загрузки и разгрузки на конвейере с горизонтальными участками; 1 – рабочая ветвь; 2 – желоб; 3 – холостая ветвь; 4 – приводная звездочка; 5 – скребок; 6 – поворотный барабан; 7 – патрубок для возврата просыпавшегося груза

К преимуществам конвейеров с контурными скребками относятся: герметичность трассы; возможность промежуточной загрузки; разнообразие трасс перемещения; саморегулирование загрузки без использования питателей. Недостатками конвейеров с контурными скребками являются: интенсивное изнашивание скребков, цепи и желоба; невозможность транспортирования липких грузов и грузов с твердыми включениями.

Тяговым элементом конвейеров является пластинчатая, разборная или вильчатая цепь. Контурные скребки изготавливают из стали, чугуна или пластмассы, прикрепляют к цепям или изготавливают заодно со звеньями цепи.

4.2.4 Трубчатые скребковые конвейеры

Имеют трассы разнообразной конфигурации в вертикальной и горизонтальной плоскостях и в пространстве (рис. 4.24). Используются для перемещения пылевидных, порошкообразных, зернистых и мелкокусковых грузов (с частицами малой прочности в 5–10 раз меньше внутреннего диаметра трубы): строительные материалы, продукты пищевой или химической промышленности и др.

Трубчатые скребковые конвейеры используются не только как самостоятельные транспортирующие установки, но и как элементы технологических

линий различных производств. Герметичность трубчатых конвейеров позволяет перемещать сыпучие, вязкие, горячие, пахучие и ядовитые грузы, а также жидкие и полужидкие нелипкие грузы при производстве пищевых продуктов и комбикормов; строительных материалов; продукции химической и нефтехимической промышленности; в металлургическом производстве. Не пригодны для транспортирования крепких, липких и слеживающихся грузов.

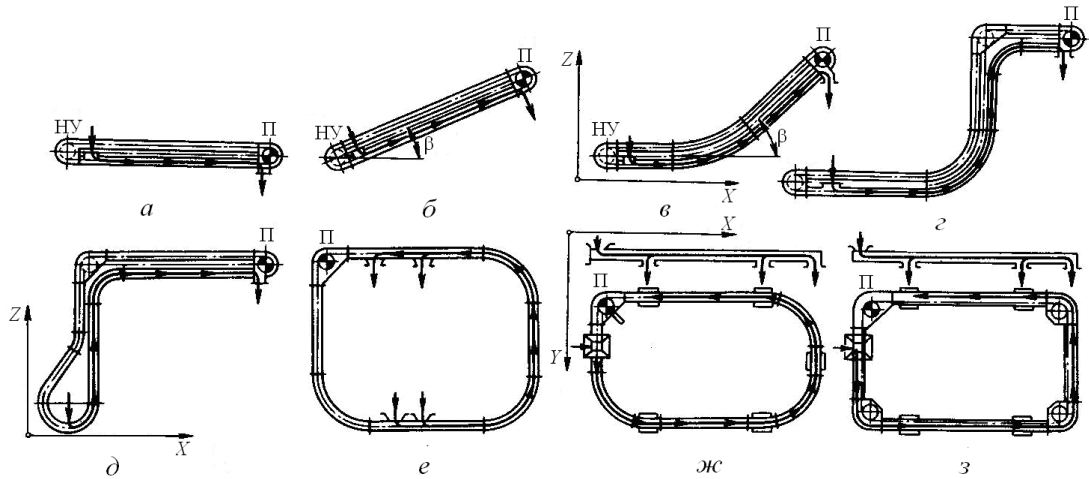


Рис. 4.24. Схемы вертикально и горизонтально замкнутых трубчатых скребковых конвейеров

Цепь со скребками круглого или прямоугольного сечения (по форме трубы) движется внутри герметичной трубы и перемещает непрерывным потоком насыпной груз. Скребки полностью перекрывают сечение трубы, обеспечивая эффективное перемещение сыпучего груза.

Цепь получает движение от привода, а первоначальное натяжение – от натяжного устройства, расположенного на поворотных участках трубы (рис. 4.25). Зоны загрузки и разгрузки располагаются в любом месте горизонтальных участков конвейера, в местах загрузки устанавливают решетки для предотвращения попадания кусков в трубу и заклинивания скребков, у последнего места разгрузки устанавливается вибрационное очистное устройство.

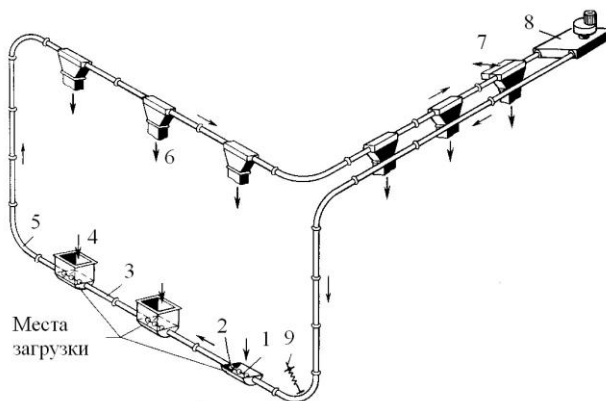


Рис. 4.25. Схема трубчатого скребкового конвейера:

1 – цепь; 2 – скребки; 3 – труба; 4 – загрузочное устройство; 5 – поворотные устройства; 6 – разгрузочный бункер; 7 – очистное устройство; 8 – привод; 9 – натяжное устройство

Повороты в горизонтальной и вертикальной плоскостях обеспечиваются поворотными блоками, звездочками или криволинейными участками трубы.

Основными параметрами трубчатых скребковых конвейеров являются: производительность 4–35 м³/ч; скорость движения 0,16–0,4 м/с; длина прямолинейных участков до 60 м, высота до 20 м, общая длина трассы до 80 м; углы наклона трассы до 40°.

Преимуществами трубчатых конвейеров являются: простота конструкции; герметичность; разнообразие трасс перемещения; возможность использования стандартных труб и цепей; высокий коэффициент заполнения трубы. К недостаткам относятся: повышенный износ трубы и скребков, особенно на криволинейных участках при транспортировании абразивных грузов.

Тяговым элементом трубчатых скребковых конвейеров служит одна разборная пластинчатая втулочная цепь с шагом 80 или 100 мм; калиброванная круглозвенная цепь; в редких случаях используется канат.

Скребки являются грузонесущим элементом трубчатого скребкового конвейера, изготавливаются из стали, чугуна, пластмассы или резины толщиной 10–20 мм, соединяются с цепью с помощью сварки или болтового соединения. Крепление скребков к тяговой цепи может быть центральным, симметричным или асимметричным.

Шаг скребков a_c выбирается в зависимости от шага тяговой цепи $t_{ц}$ и диаметра трубы D . Шаг скребков должен быть кратным двум шагам цепи. Диаметр скребка принимают на 10–15 мм меньше внутреннего диаметра трубы. Шаг скребков [1]

$$a_c = k_1 t_{ц} = k_2 D, \quad (4.28)$$

где k_1 , k_2 – конструктивные коэффициенты.

Привод трубчатых скребковых конвейеров обычного типа со звездочкой и редуктором. Электродвигатель с редуктором соединяют упругой муфтой или клиноременной передачей.

Натяжное устройство – винтовое, пружинно-винтовое и грузовое, ход натяжного устройства – не менее 1,6 шага цепи. Поворотными устройствами конвейеров (рис. 4.26) являются блоки с гладким ободом или звездочки, установленные в герметичном кожухе со смотровыми люками или плавные закругления неподвижной трубы по радиусу 1,2–2 м.

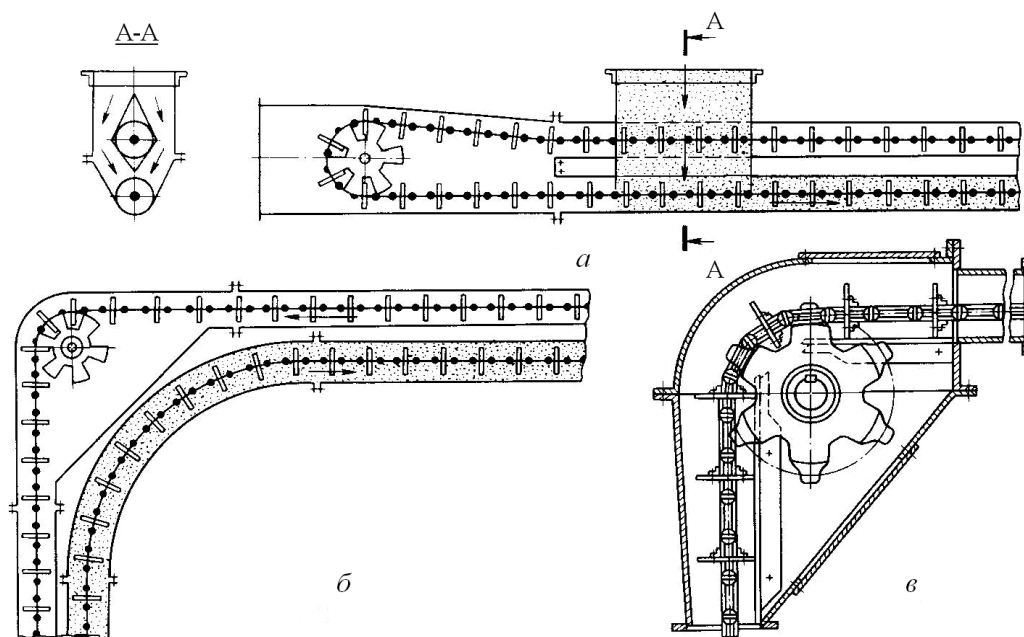


Рис. 4.26. Схемы элементов трубчатых скребковых конвейеров:
а – загрузочное устройство; *б, в* – поворотное устройство

Секции средней части конвейера изготавливают из стандартных труб длиной 4–6 м и соединяют между собой болтовыми соединениями. В секциях и кожухах устанавливают герметичные люки для осмотра и ремонта ходовой части.

Очистное устройство – вибрационное с эксцентриком, внутреннюю поверхность трубы очищают специальными очистными скребками из резины или с резиновым бандажом увеличенного диаметра.

При расчете трубчатых скребковых конвейеров по заданной расчетной производительности определяется внутренний диаметр трубы конвейера, который округляется до ближайшего большего значения в соответствии с нормальным рядом.

Тяговый расчет выполняется методом обхода по контуру. Первоначальное натяжение цепи S_0 для конвейеров с прямолинейной трассой принимают $S_0 = 500–1000$ Н; для конвейеров с комбинированной трассой $S_0 = 1500–2000$ Н [1].

4.2.5 Канатно-дисковые конвейеры и штанговые конвейеры

Канатно-дисковые конвейеры применяются для транспортирования в горизонтальном и наклонном направлениях (до 35°) разнообразных насыпных грузов (древесные опилки, уголь). Конвейер представляет собой стальной неподвижный желоб, в котором движутся на тяговом стальном канате диски, укрепленные на равных расстояниях. Желоб имеет наклонные или вертикальные стенки со скругленным дном (рис. 4.27). Диски крепятся к канату зажимами. Канат приводится в движение приводным блоком. Загруз-

ка канатно-дискового конвейера осуществляется в любой точке желоба, а разгрузка – через люки, перекрываемые задвижками.

Длинномерные грузы перемещаются волочением в открытом желобе при помощи каната (рис. 4.28) с прикрепленными к нему скребками в виде разъемных дисков [3].

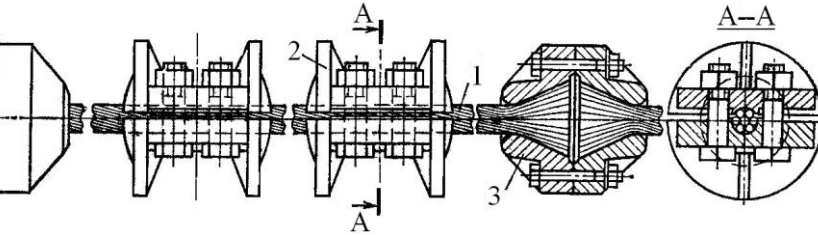
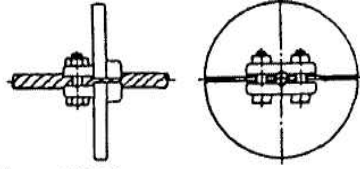


Рис. 4.27. Крепление дисков к канату

Рис. 4.28 Тягово-несущий элемент канатно-дисковых конвейеров для перемещения длинномерных грузов:
1 – канат; 2 – скребки; 3 – полумуфты

Канатно-дисковые конвейеры для транспортирования длинномерных грузов изготавливают длиной до 600 м, обе ветви могут быть рабочими.

Для перемещения витой металлической стружки, которая является одним из наиболее трудно транспортируемых грузов, разработан штанговый (ершовый) скребковый конвейер (рис. 4.29).

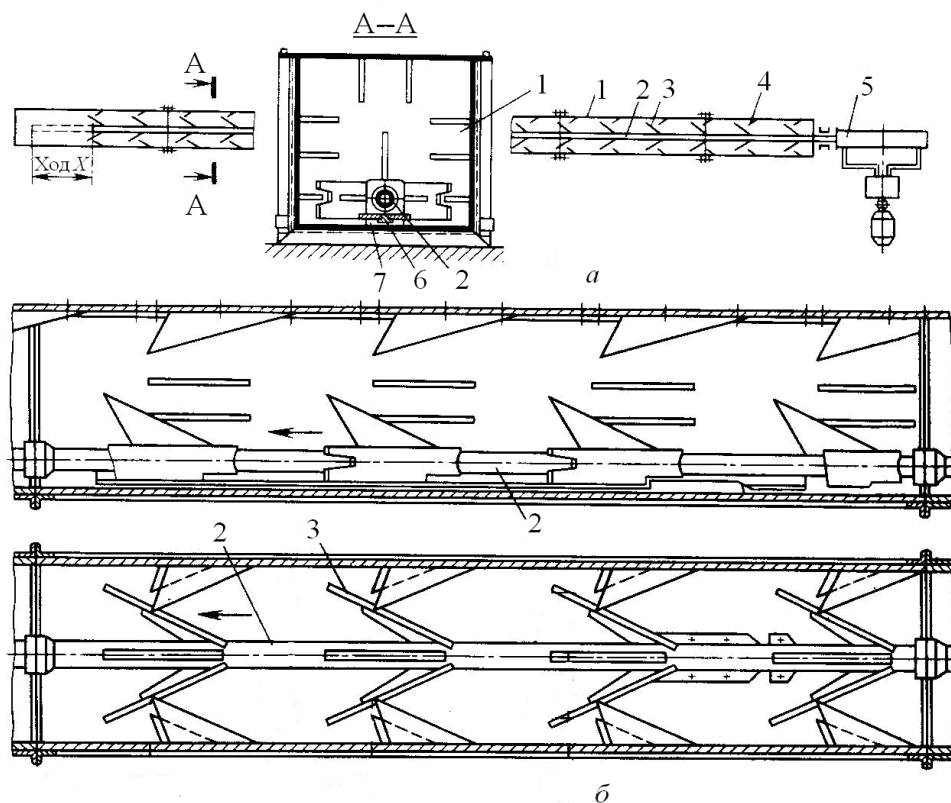


Рис. 4.29. Штанговый скребковый конвейер для перемещения витой стружки:
a – схема; *б* – секция; 1 – желоб; 2 – штанга; 3 – скребки; 4 – шипы;
 5 – гидротолкатель; 6 – опорная балка; 7 – направляющие

Груз транспортируется по желобу квадратного сечения, внутри которого движется штанга, к ней под острым углом с определенным шагом прикреплены скребки. На верхней и боковых стенках желоба установлены остроугольные шипы. Штанга перемещается по направляющим, совершая возвратно-поступательные движения с помощью гидротолкателя.

Витая металлическая стружка захватывается скребками и шипами штанги и перемещается вперед на величину рабочего хода. При обратном движении штанги заостренные скребки и шипы выскальзывают из стружки, а шипы желоба препятствуют обратному движению стружки. В каждый рабочий ход штанга проталкивает стружку вперед, которая постепенно перемещается по желобу.

Основными параметрами штанговых конвейеров являются: длина до 100 м, производительность 0,5–3 т/ч, скорость перемещения 5–10 м/мин, ход штанги 1,5–1,75 м, сечение желоба 600х600 мм.

К преимуществам штангового скребкового конвейера относятся простота конструкции, возможность транспортирования стружки, смоченной маслом или эмульсией; недостатком является невозможность перемещения дробленой стружки, т. к. она затрудняет движение, засоряя направляющие.

Штанговый скребковый конвейер для перемещения мелкой дробленой стружки (рис. 4.30) имеет открытый желоб, рабочим органом является штан-

га с шарнирно закрепленными скребками, которая перемещается на ползунах или опирается катками на направляющие.

Возвратно-поступательное движение штанги обеспечивает привод с кривошипно-шатунным механизмом. Скребок при движении вперед по ходу перемещения груза занимает перпендикулярное положение к штанге и транспортирует порцию груза в заданном направлении; при движении назад скребок поворачивается, приближаясь к тяговому элементу, и свободно проходит сквозь груз. При повторном движении вперед скребок увлекает следующую порцию груза.

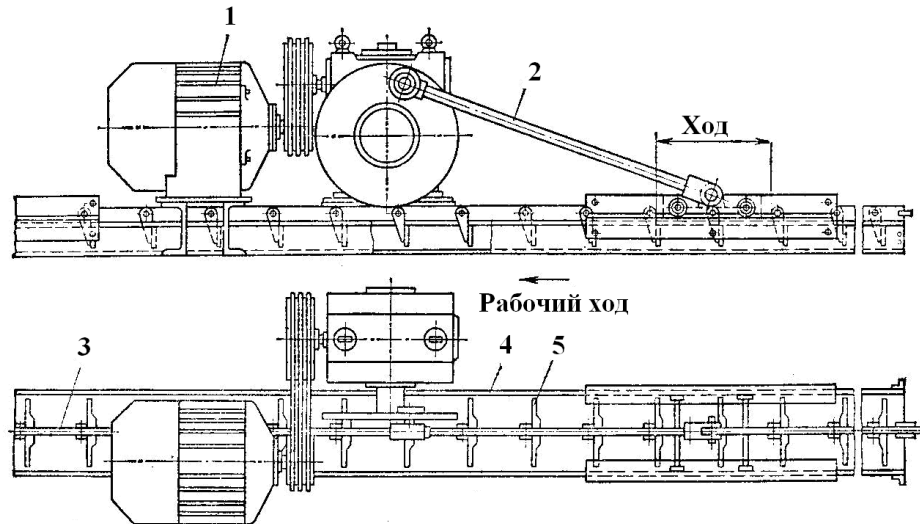


Рис. 4.30. Штанговый скребковый конвейер для перемещения дробленой стружки:
1 – привод; 2 – кривошипно-шатунный механизм; 3 – штанга; 4 – желоб; 5 – скребки

Основными параметрами конвейеров являются: глубина желоба 150–200 мм; ширина желоба 200–300 мм; шаг скребков 200–250 мм; угол наклона до 30° [1].