

Г л а в а 5

Машины и устройства непрерывного транспорта

5.1. Транспортируемый материал и его свойства

В качестве транспортирующих устройств непрерывного действия на строительстве применяются конвейеры различных типов (ленточные, скребковые, пластинчатые, винтовые, вибрационные), ковшовые элеваторы, установки пневматического транспорта. Эти устройства используются часто совместно с другими машинами, а иногда входят в состав более сложных машин, например экскаваторов непрерывного действия или самоходных погрузчиков. Средства непрерывного транспорта широко используются для перемещения штучных, мелкокусковых и сыпучих материалов (песка, щебня, гравия, цемента и др.) в карьерах, на дробильно-сортировочных и бетоносмесительных установках, на складах строительных материалов.

На процесс транспортирования и его производительность влияют физико-механические свойства транспортируемого материала. Для сыпучих материалов наиболее значимы следующие характеристики:

насыпной вес, т.е. вес 1 м³ материала в свободно насыпанном (без уплотнения) состоянии;

влажность — отношение (в процентах) веса содержащейся в материале воды к весу сухого материала $\omega = (g_v / g_m) \cdot 100$, где g_v — вес воды в материале; g_m — вес сухого материала;

коэффициент трения материала по поверхности стенок бункеров и лотков $f = \operatorname{tg} \rho^\circ$, где ρ° — угол трения;

угол естественного откоса в покое ρ_1° — угол наклона образующей конуса свободно насыпанного материала к неподвижной горизонтальной поверхности;

угол естественного откоса материала в движении на 20...30% меньше угла естественного откоса в покое $\rho_2^\circ \approx 0,7\rho_1^\circ$, что вызвано изменением коэффициента трения между частицами материала в процессе движения по сравнению с состоянием покоя.

Таблица 5.1

Характеристики транспортируемых материалов

Наименование материала	Насыпной вес в кг/м ³	Угол естественного откоса в град		Коэффициент трения материала о сталь	
		в покое	в движении	в покое	в движении
Гравий	1700...1800	45	30	1	0,58
Щебень	1800...2000	45	35	1	0,7
Песок	1400...1700	45	30	1	0,58
Грунт сухой	1200...1300	45	30	1	0,58

Глина сухая	1100...1500	50	35	1,2	0,7
Цемент	1100...1300	43	38	0,93	0,78

5.2. Непрерывный транспорт с гибкими тяговыми органами

Ленточные конвейеры служат для перемещения в горизонтальном и наклонном (до $18...22^\circ$) направлениях сыпучих, мелкокусковых и штучных грузов. Ленточные конвейеры изготавливают стационарными длиной до 150...200 м, передвижными и переносными длиной 5, 10, 15 и 20 м. Основными частями ленточного конвейера (рис. 5.1, 5.2) являются: металлическая рама, на которой установлены роlikоопоры рабочей и холостой ветвей ленты 2. По концам конвейера лента огибает головной 4 и хвостовой 1 барабаны. Головной барабан обычно приводной, а хвостовой соединен с натяжным устройством, предназначенным для устранения возможного проскальзывания ленты. На конвейерах небольшой длины натяжные устройства выполняются винтовыми. Они требуют регулярного контроля натяжения ленты и его регулирования. На длинных конвейерах натяжение осуществляется автоматически под весом груза, соединенного с натяжным барабаном. Так как при изготовлении барабанов сложно избежать малозаметной конусности, то для исключения сбегания ленты в сторону барабаны должны иметь максимальный диаметр посередине со стрелой выпуклости 1,5...3,0 мм.

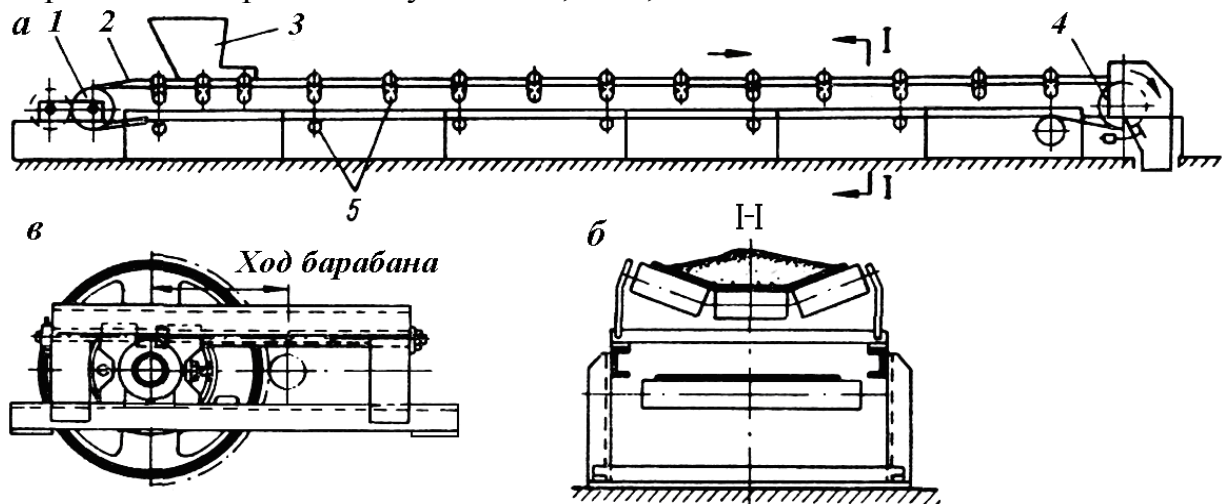


Рис. 5.1. Ленточный конвейер:

а – схема стационарного горизонтального конвейера; *б* – поперечный разрез; *в* – натяжное устройство; 1 – натяжной барабан; 2 – лента; 3 – загрузочный бункер; 4 – приводной барабан; 5 – роlikовые опоры

Роlikоопоры установлены по всей длине конвейера и служат для восприятия веса перемещаемого груза и уменьшения провисания ленты. При гладкой ленте роlikоопоры рабочей ветви выполняются однорольными, а при желобчатой состоят из двух или трех роlikов (рис.5.1, б), а роlikоопоры холостой ветви, как правило, выполняются однорольными.

Лента является одновременно и тяговым, и несущим органом. Наиболее часто применяют прорезиненные тканевые ленты, состоящие из нескольких слоев прорезиненной хлопчатобумажной ткани. Такие ленты прочны, гибки, мало вытягиваются и очень удобны при монтаже. Ширина ленты стандартизирована: 300, 400, 500, 650, 800, 1000, 1200, 1400 и 1600 мм. Для стационарных конвейеров большой длины применяют прорезиненные ленты,

армированные стальными канатами. Соединение прорезиненных лент выполняется склеиванием с последующей вулканизацией стыка или сшиванием сыромятными ремешками. Высокоскоростные конвейеры, например, на роторных экскаваторах, а также конвейеры для вертикального подъема груза снабжаются прижимной лентой, опирающейся на гибкие ролики, выполненные в виде витых пружин. Простейшим устройством для удержания ленты от движения в обратную сторону, например, при отключении электродвигателя служит ленточный останов (рис. 5.3).

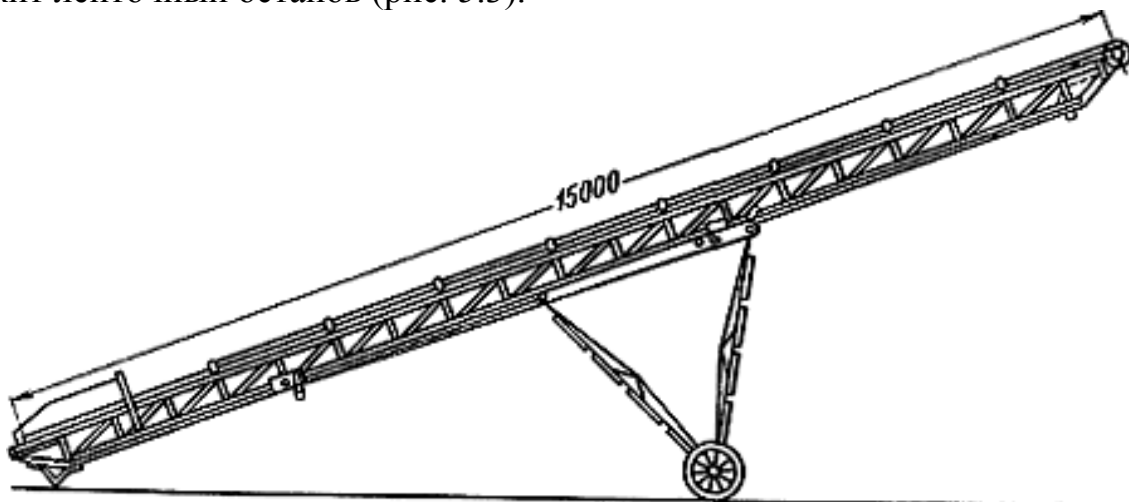


Рис. 5.2. Передвижной конвейер

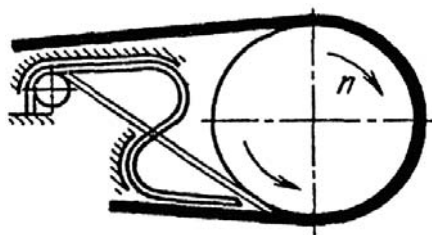


Рис. 5.3. Ленточный останов

Загрузка конвейеров происходит через подвижные или стационарные бункеры или воронки, а разгрузка производится через концевой барабан (рис.5.1) или с помощью плужковых сбрасывателей (5.4, а). При необходимости подачи материала в различные бункеры, он разгружается с помощью разгрузочных тележек (рис. 5.4, б), которые могут иметь перекидной затвор.

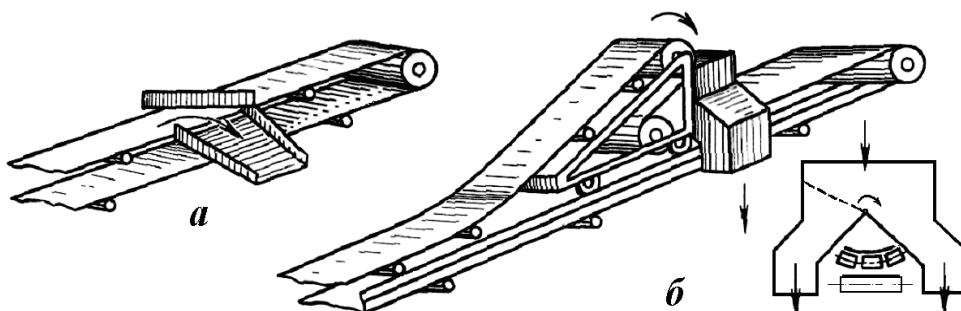


Рис. 5.4. Разгрузочные устройства ленточных конвейеров:

а – плужковый сбрасыватель; б – разгрузочная тележка

Вращение от двигателя к приводному барабану передается через редуктор, передаточное число которого определяется по формуле

$$i = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{б}}} = \frac{n_{\text{дв}} \pi D_{\text{б}}}{60 V_{\text{л}}},$$

где $n_{\text{дв}}$ – число оборотов вала двигателя в мин; $n_{\text{б}}$ – число оборотов приводного барабана; $D_{\text{б}}$ – диаметр приводного барабана; $V_{\text{л}}$ – скорость движения ленты, м/с.

Скорость ленты принимается не более 2 м/с для отсутствия пыления некоторых сыпучих материалов и избежания проскальзывания материала при его разгоне (во время попадания на ленту). Высокоскоростные конвейеры, например, на роторных экскаваторах, а также конвейеры для вертикального подъема груза снабжаются прижимной лентой, опирающейся на гибкие ролики, выполненные в виде витых пружин (рис. 5.5). Угол наклона ленточного конвейера без прижимной ленты должен быть меньше угла трения (в движении) материала по ленте конвейера.

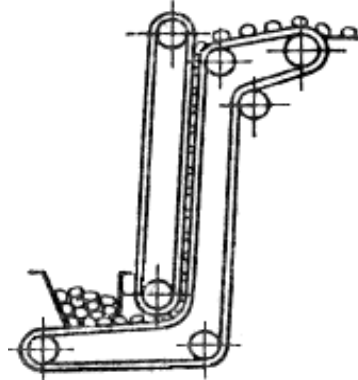


Рис. 5.5. Конвейер с прижимной лентой

Мощность, расходуемая на привод ленточного конвейера, определяется по формуле:

$$N = \frac{1}{367} \left(QH + fQL + \frac{QV^2}{2g\eta} \right) \text{ кВт},$$

где Q – производительность конвейера в т/ч; H – высота подъема материала в м (для наклонных конвейеров); L – длина конвейера в м; f – коэффициент сопротивления движения ленты с учетом трения в подшипниках ($f = 0,05$); V – скорость движения ленты в м/сек; η – к.п.д. конвейера $\eta = 0,5 \dots 0,7$.

Зная окружное усилие P , можно при заданном угле (α) обхвата лентой приводного барабана определить натяжение концов ленты: сбегающего $t = P/(e^{\mu\alpha} - 1)$ и набегающего $T = Pe^{\mu\alpha}/(e^{\mu\alpha} - 1)$. Такой простой способ определения мощности двигателя и натяжения ленты пригоден только для конвейеров прямолинейной формы и небольшой длины, в которых угол обхвата $\alpha \leq 250^\circ$ заведомо обеспечивает передачу необходимого тягового усилия.

В конвейерах сложной формы и большой длины натяжение ленты следует определять на отдельных ее участках, обходя по контуру весь конвейер (рис. 5.6). Минимальное натяжение S_1 имеет место у холостой ветви, т.е. после схода ленты с приводного барабана. Минимальное натяжение рабочей ветви S_4 определяют, исходя из нормального провеса ленты между роликовыми опорами. Усилие натяжения ленты должно обеспечить не только необходимую силу трения между лентой и приводным барабаном, но и определенную стрелку провеса грузенной ленты между роликовыми опорами, не превышающую

значения $f = \xi \cdot l_p$, где ξ – коэффициент провеса (0,03 для прорезиненных лент и 0,012 для стальных лент); l_p – расстояние между опорами.

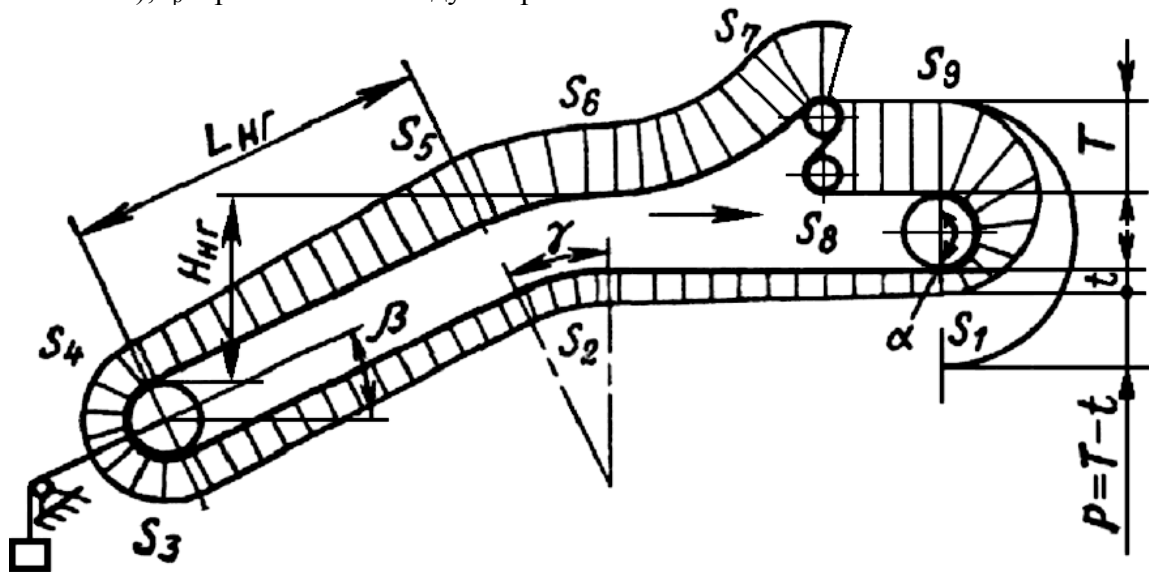


Рис.5.6. Расчетная схема ленточного конвейера

Эпюра на роликах разгрузочного устройства не показана (кроме участка на верхнем ролике)

Для конвейера, показанного на рис. 5.5 натяжение в конце наклонного грузевого участка составит

$$S_5 = S_4 + W_4,$$

где $W_4 = W_{нг} = (q + q_{л})gL_{нг}(\sin \beta + w \cos \beta)$ – сопротивление перед входом на ролик направляющую перед горизонтальным участком ленты; q – погонная масса транспортируемого материала в кг; $q_{л}$ – погонная масса ленты в кг; w – коэффициент сопротивления перемещению ленты с грузом (включает сопротивление на роликовых опорах и деформацию ленты).

Натяжение ленты после огибающего ролика

$$S_6 = S_5 + W_{ог},$$

где $W_{ог} = 2S_5(w \sin \gamma/2 + \xi)$ – сопротивление на огибающем ролике (в данном случае $\gamma = \beta$); w – коэффициент сопротивления огибающего ролика; ξ – коэффициент провеса.

Натяжение ленты перед разгрузочным устройством

$$S_7 = S_6 + W_{6-7},$$

где $W_{6-7} = (q + q_{л})gL_{6-7}w$ – сопротивление на горизонтальном и наклонном участках до разгрузочного устройства.

Натяжение после разгрузочного устройства

$$S_8 = S_7 + W_{ру},$$

где $W_{ру}$ – сопротивление на разгрузочном устройстве, определяемое в зависимости от его типа.

Максимальное натяжение ленты перед приводным барабаном

$$S_9 = S_8 + W_{8-9},$$

где $W_{8-9} = q_{л}gL_{8-9}w$ – сопротивление на горизонтальном порожнем участке перед приводным барабаном.

Натяжение ленты перед натяжным барабаном

$$S_3 = S_4 - W_{нб},$$

где $W_{\text{нб}} = (S_3 + S_4) \cdot \left(\frac{d}{D_6} \mu \sin \frac{\alpha}{2} + \zeta \right)$ – сопротивление на натяжном барабане; μ – коэффициент трения подшипников; $(S_3 + S_4)$ – геометрическая сумма натяжений ветвей ленты, огибающих барабан (без большой погрешности она равна $2S_4$).

Натяжение в точке перегиба нижней ветви ленты

$$S_2 = S_3 - W_{\text{нп}},$$

где $W_{\text{нп}} = q_{\text{л}} g L_{\text{нп}} (\sin \beta + w \cos \beta)$ – сопротивление на наклонном порожнем участке.

Натяжение сбегавшей ветви

$$S_1 = S_2 - W_{\text{гп}},$$

где $W_{\text{гп}} = q_{\text{л}} g L_{\text{гп}} w$ – сопротивление на горизонтальном порожнем участке.

Зная S_9 и S_1 , определяют необходимое окружное усилие на приводном барабане

$$P = S_9 - S_1 = T - t$$

Необходимый угол охвата α определится из соотношения

$$e^{\mu \alpha} = S_9 / S_1 = T / t.$$

Для обеспечения необходимого угла охвата α можно применить прижимные ролики, увеличивающие угол охвата.

Если из выражения $e^{\mu \alpha} = S_9 / S_1 = S_{\text{н}} / S_{\text{сб}}$ угол охвата получается настолько большим, что он конструктивно неприемлем, следует увеличить натяжение ленты за счет массы дополнительного груза $m_{\text{доп}}$ (в кг), которая может быть определена из уравнения:

$$m_{\text{доп}} = \frac{S_{\text{н}} - S_{\text{сб}} e^{\mu \alpha'}}{0,5(e^{\mu \alpha'} - 1)},$$

где α' – фактически используемый угол охвата барабана лентой.

Аналогичным методом могут быть определены натяжения ленты на различных участках, необходимый угол обхвата, окружное усилие, мощность привода и при других конфигурациях конвейеров.

Работоспособность всех элементов мощных конвейеров должна быть проверена при пусковом режиме.

В некоторых конструкциях погрузочных машин применяются *скребковые конвейеры*, перемещающие груз скребками по неподвижной поверхности, а также внутри трубы или желоба.

В тех случаях, когда необходимо транспортировать горячие и острокромочные материалы, а также кусковые или штучные грузы большой массы, применяют цепные *пластинчатые транспортеры*.

Элеваторы служат для перемещения грузов и материалов в вертикальном или круто наклонном ($\alpha \approx 60^\circ$) направлениях. Для транспортирования сыпучих (цемент, песок) и мелкокусовых (щебень, гравий, шлак) материалов используют ковшовые элеваторы, а для штучных – полочные и люлочные. Несущим органом в элеваторе являются ковши или полки, а тяговым – втулочно-роликовая цепь или прорезиненная лента, на которой они смонтированы. Ковшовые элеваторы используются в дробильно-

сортировочных установках, растворных узлах, установках по приготовлению бетонных и асфальтобетонных смесей.

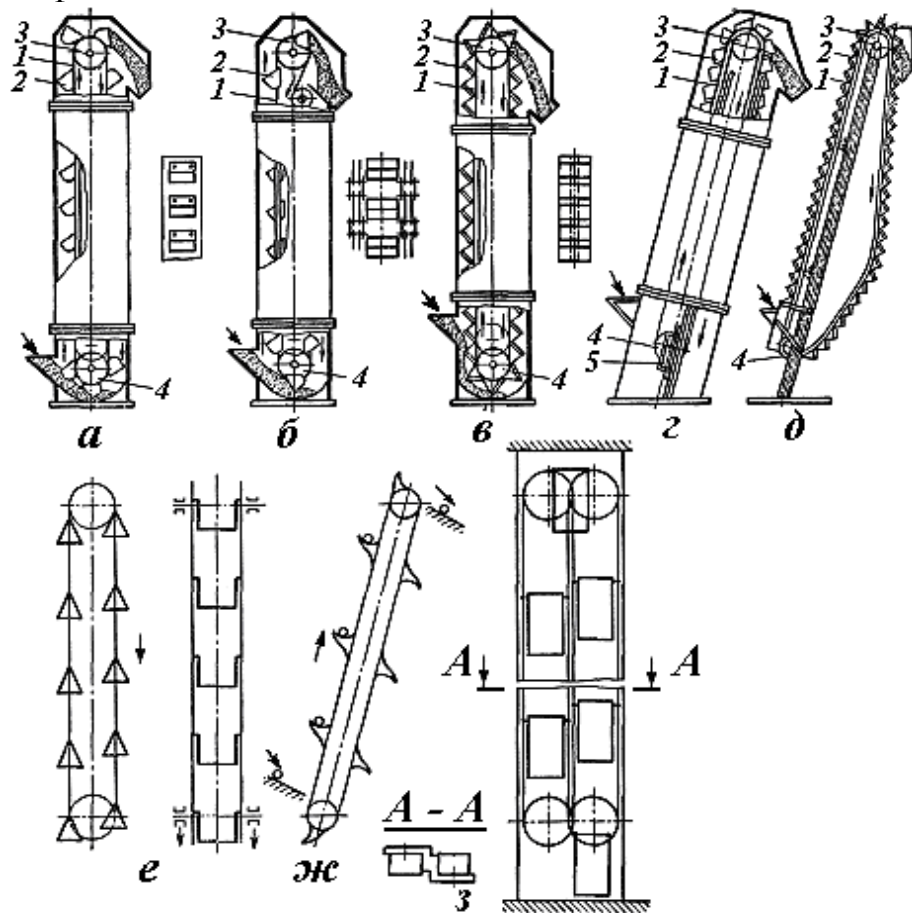


Рис.5.7. Ковшовые конвейеры (элеваторы):

а – ленточный; *б* – двухцепной; *в* – одноцепной; *г* – наклонный закрытый; *д* – наклонный открытый; *е* – лועечный; *ж* – полочный; *з* – пассажирский кабинный

Ковшовый элеватор имеет бесконечный замкнутый тяговый орган *1* (рис. 5.6), на котором с равными интервалами укреплены ковши *2*. Тяговым органом являются ленты (рис. 5.7, *а*), две или одна цепь (рис. 5.7, *б* и *в*). Лента огибает приводной *3* и натяжной *4* барабаны, укрепленные в крайних точках элеватора. Цепь огибает укрепленные в этих же точках звездочки. В пролете между крайними точками тяговый орган в вертикальных элеваторах небольшой высоты опор не имеет. В наклонных и высоких вертикальных элеваторах лента опирается на направляющие ролики. Цепи катятся роликами по направляющим (рис. 5.7, *г*) или опираются, так же как и лента, на направляющие ролики.

Элеватор защищен металлическим кожухом с окнами для осмотра, состоящим из отдельных секций. Наклонные элеваторы иногда бывают открытыми, без кожуха (рис. 5.7, *д*). С кожухом соединяют загрузочный и разгрузочный башмаки в местах загрузки и разгрузки. Привод барабана или звездочек устанавливают в верхней части элеватора. Вал нижнего барабана или звездочки вращается в передвигающихся подшипниках, связанных с винтовым натяжным устройством.

Элеваторы применяют для транспортирования материала на высоту до 50 м при производительности до 500 м³/ч. Они особенно удобны для заполнения высоких хранилищ – силосов или бункеров.

Различают элеваторы быстроходные, со скоростью тягового органа 1,25...2,0 м/с, тихоходные, со скоростью 0,4...1,0 м/с.

Быстроходные элеваторы применяют для транспортирования порошкообразных, мелко- и среднекусковых материалов; тихоходные – для транспортирования среднекусковых абразивных, крупнокусковых и плохо подвижных материалов.

Ковши крепят к тяговому органу с зазорами (в элеваторах с расставленными ковшами) или вплотную один к другому (в элеваторах с сомкнутыми ковшами). Первые элеваторы быстроходные, вторые – тихоходные. Загрузка ковшей быстроходных элеваторов происходит при прохождении ими нижнего (загрузочного) башмака, путем зачерпывания рис. 5.7, а и б). В тихоходных элеваторах загрузка производится путем засыпания материала в ковш (рис. 5.7, в, г и д).

В тихоходных элеваторах разгрузка ковшей осуществляется гравитационным путем, т.е. естественным высыпанием транспортируемого материала в лоток, при повороте ковшей вокруг верхней звездочки. В быстроходных элеваторах разгрузка ковшей происходит путем выбрасывания материала из ковшей под действием возникающей при повороте ковша вокруг звездочки силы инерции. Промежуточным типом являются элеваторы с гравитационно-центробежной разгрузкой (рис. 5.6, б), в которых разгрузка происходит в основном путем высыпания, но некоторая часть материала, находящаяся на поверхности ковша, выбрасывается под действием силы инерции. В таких (преимущественно цепных) элеваторах целесообразно размещать ковши между цепями и отклонять их направляющими роликами (рис. 5.7, б).

Разновидностью ковшовых элеваторов являются подъемники непрерывного действия для штучных грузов. В этих устройствах к тяговым цепям крепят не ковши, а шарнирно подвешенные площадки – люльки (рис. 5.7, е), что дает возможность не только поднимать, но и опускать грузы. Такие элеваторы называют люлечными. При жестком креплении полок к тяговым цепям элеватор делают наклонным (рис. 5.7, ж), он используется преимущественно для подъема различных штучных грузов, подающихся самотеком на полки и самотеком скатывающихся с них. Такие элеваторы используются в основном как погрузочно-разгрузочные устройства.

Элеваторы применяют и как пассажирские подъемники непрерывного действия (рис. 5.7, з). Кабины для пассажиров подвешивают шарнирно к двум цепям, что обеспечивает свободное прохождение через верхние и нижние звездочки.

Производительность ковшовых элеваторов колеблется от 5...10 до 150...200 м³/ч, определяется по формуле:

$$П = 3600 \frac{v}{t} q k_n \text{ м}^3/\text{ч}; \quad П = 3600 \frac{v}{t} q k_n \gamma \text{ т/ч},$$

где v – скорость движения ковшей (0,4...2 м/с); t – шаг ковшей в м; v/t – число ковшей, разгружаемых за 1 с; q – емкость одного ковша; (колеблется в пределах от 0,65 до 35 л); k_n – коэффициент наполнения ковшей материалом, равный 0,75...0,8 (цемент, сухой песок);

0,6...0,9 (щебень, гравий) и 0,4...0,6 (влажный песок); γ – объемный (насыпной) вес транспортируемого материала в т/м³.

5.3. Винтовые и вибрационные конвейеры

Винтовые конвейеры (шнеки) применяются для транспортирования на расстояние до 40 м пылевидных, легкосыпучих, а иногда и влажных (липких) материалов. Они устанавливаются в растворных узлах и бетоносмесительных установках для перемещения цемента и гипса. Часто их включают в состав погрузочно-разгрузочных машин.

Винтовой конвейер (рис. 5.8) состоит из желоба (иногда трубы) 1, винта 2, промежуточных подшипников 3, упорного подшипника 4, привода 5, загрузочных 6 и разгрузочных 7 патрубков с шиберными задвижками 8. Винты изготовляют сплошными, ленточными и лопастными. Ленточные и лопастные винты в процессе транспортирования перемешивают материал. Обычно винтовые конвейеры перемещают материал в горизонтальном и слегка наклонном (до 18...20°) направлении. При необходимости подачи материала в крутонаклонном направлении с углом наклона до 70...80° применяют конвейеры с быстроходным винтом ($n = 200...250$ об/мин).

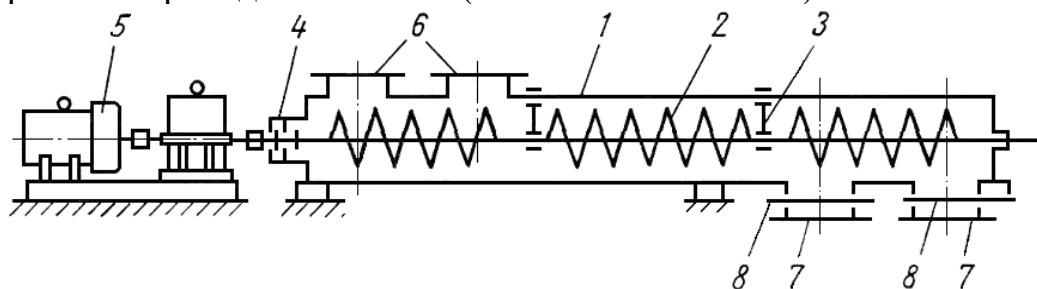


Рис. 5.8. Схема винтового конвейера

Производительность винтовых конвейеров обычно составляет от 15 до 60 м³/ч и определяется по формуле:

$$П = 60 \cdot F \cdot s \cdot n, \text{ м}^3/\text{ч}; \quad П = 60 \cdot F \cdot s \cdot n \cdot \gamma, \text{ т/ч},$$

где F – площадь поперечного сечения слоя материала в желобе в м²; $F = \pi \cdot D^2 k_3 k / 4$, D – диаметр винта, обычно в пределах от 150 до 600 мм; k_3 – коэффициент заполнения поперечного сечения винта материалом, равный: 0,3...0,45 для хорошо сыпучих материалов (цемент, сухой песок); 0,25...0,4 для мелкокусковых материалов (гравий, шлак); 0,15...0,3 для тестообразных и мокрых материалов (раствор, мокрая глина); k – коэффициент снижения заполнения при наклонном расположении шнека (колеблется от 1 до 0,65 в зависимости от угла наклона); s – шаг винта, обычно (0,8...1) D в м; n – число оборотов винта (от 40 до 120 в мин).

Вибрационные конвейеры служат для горизонтального и наклонного (15...20°) транспортирования сыпучих материалов. Перемещение материала таким конвейером обеспечивается в результате направленных колебаний металлического желоба или трубы с частотой колебаний от 600 до 1500 в мин. и амплитудой от 2 до 7 мм. Плоскость колебаний вибратора расположена под углом 15...45° к плоскости транспортирующего органа.

Вибрационный конвейер (рис. 5.9) состоит из неподвижной рамы 1, желоба или трубы 2, упругих элементов 3, вибрационного устройства 4. Такие конвейеры могут иметь вибрационные приводы: электромагнитные,

пневматические и механические. Последние делятся на дебалансные вибраторы с круговой траекторией или с направленными колебаниями и кривошипно-шатунные.

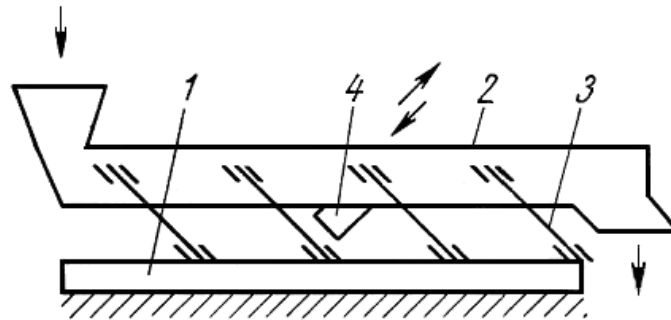


Рис.5.9. Схема вибрационного конвейера

Упругие элементы выполняются в виде рессор, спиральных пружин, резиновых конструкций или рычагов-качалок. У вибравационных конвейеров трущиеся детали их привода полностью изолированы от соприкосновения с транспортируемым материалом.

Производительность вибрационных конвейеров колеблется от 4 до 60 т/ч, а дальность транспортирования от 1 до 10 м; максимальный угол наклона 18° . Производительность вибрационного конвейера определяется по формуле:

$$P = 3,6 \cdot F \cdot v \cdot \gamma, \text{ т/ч,}$$

где F – площадь поперечного сечения материала в желобе в м^2 .

При прямоугольном желобе

$$F = B \cdot h,$$

где B – ширина желоба; h – высота слоя материала – для порошкообразных материалов и $h \approx 20 \dots 30$ мм; для мелкокусковых материалов $h \approx 40 \dots 60$ мм.

При трубчатом желобе

$$F = k_3 \pi \cdot D^2 / 4,$$

где k_3 – коэффициент заполнения; $k_3 \approx 0,25$; D – диаметр трубы желоба.

Для транспортеров с электромагнитными вибраторами

$$v = 0,5g \cdot \text{ctg} \alpha / \omega \text{ в м/с,}$$

где v – скорость перемещения материала вдоль желоба; g – ускорение земного тяготения в м/с^2 ; ω – частота вынужденных колебаний в Гц; α – угол перемещения материала в град.

Для качающихся вибрационных конвейеров средняя скорость перемещения груза в горизонтальном желобе зависит от величины коэффициента трения между транспортирующим материалом и материалом желоба (см. табл. 5.2).

Таблица 5.2.

Коэффициент трения	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Скорость в м/с	0,13... 0,14	0,2... 0,25	0,27... 0,32	0,33... 0,38	0,35... 0,4	0,38... 0,42	0,4... 0,45

Мощность привода вибрационного конвейера:

$$N = Gfv / 102 \eta \text{ кВт,}$$

где G – вес груза в желобе в кг; f – коэффициент трения материала о желоб; v – средняя скорость перемещения груза в м/с; η – к.п.д. $\eta \approx 0,5 \dots 0,6$.

5.4. Канатные подвесные дороги и канатно-ковшевые устройства

Канатные подвесные дороги применяются в тех случаях, когда рельеф местности затрудняет использование других видов транспортных средств затруднительно. Особенно часто канатные подвесные дороги применяются при строительстве горных автомобильных и железных дорог, т.е. когда приходится преодолевать высокие перевалы, ущелья, горные реки и т.п. Канатные подвесные дороги бывают двухканатные и одноканатные. Двухканатные дороги имеют два каната, один неподвижный – несущий, играющий роль рельса, по которому катятся подвесные тележки, и другой движущийся – тяговый, который приводит в движение подвесные тележки.

В одноканатных дорогах имеется всего один движущийся канат, который одновременно является и несущим и тяговым. Наибольшее распространение в строительстве получили двухканатные подвесные дороги, имеющие большую грузоподъемность и производительность.

Двухканатная подвесная дорога (рис. 5.10) состоит из несущих неподвижных канатов 7, по которым движутся вагонетки 6. С одной стороны эти канаты закреплены неподвижно, а с другой – натянуты, грузами 5. Тяговый канат 2, к которому прикреплены вагонетки, приводится в движение от двигателя 3, установленного на одной из конечных станций. На другой станции канат огибает шкив 4 грузового натяжного устройства. Опоры 1 поддерживают несущие и тяговые канаты. Разгружаются вагонетки обычно опрокидыванием кузова.

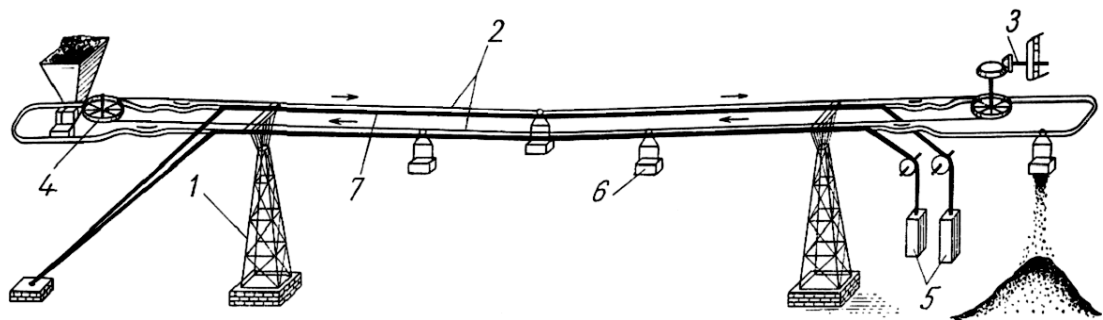


Рис. 5.10. Схема двухканатной подвесной дороги

У подвесных дорог значительной протяженности (свыше 2,5...3 км) применяются промежуточные натяжные станции. Высота опор, в зависимости от рельефа местности, колеблется от 8 до 12 м. При грузоподъемности тележек 250...1800 кг и скорости их движения 2,5 м/сек производительность подвесных дорог находится в пределах 20...300 т/ч.

Производительность подвесной дороги определяется по формуле:

$$Q = nG/1000 \text{ т/ч,}$$

где n – число тележек, подаваемых в час; G – вес груза в кг.

Мощность двигателя для привода подвесных двухканатных дорог определяется по формуле:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 \text{ кВт}$$

где N_1 – мощность, затрачиваемая на передвижение вагонеток по горизонтальному пути; N_2 – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивлений на конечных станциях ($N_2 = 3...5$ кВт); N_3 – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивлений в каждой

промежуточной станции ($N_3 = 3...4$ кВт); N_4 — мощность, затрачиваемая на подъем вагонеток:

$$N_4 = QH\eta/367 \text{ кВт},$$

где Q — производительность дороги в т/ч; H — разность высот конечных станций в м; η — к.п.д. привода ($\eta = 0,7...0,8$).

Ориентировочно при производительности 10 т/ч можно принять $N_1 = 3$ кВт. При увеличении производительности на каждые 10 т/ч затрачиваемая мощность увеличивается на 1 кВт.

Канатно-ковшовые установки применяют для перемещения кусковых и сыпучих материалов внутри склада. Они могут быть передвижными и стационарными. Производительность передвижных установок до 100 т/ч, а стационарных до 500 т/ч. Канатно-ковшовая установка (рис. 5.11) состоит из головной башни 1, на которой укреплены блоки 2 для направления головного каната 3 и хвостового 4, идущих с двухбарабанной лебедки. К канатам прикреплен бездонный ковш 5. Хвостовой канат проходит через блок 6 передвижной хвостовой башни 7, блок 8 и возвращается на другой барабан лебедки. Емкость ковшей от 0,5 до 5,0 м³.

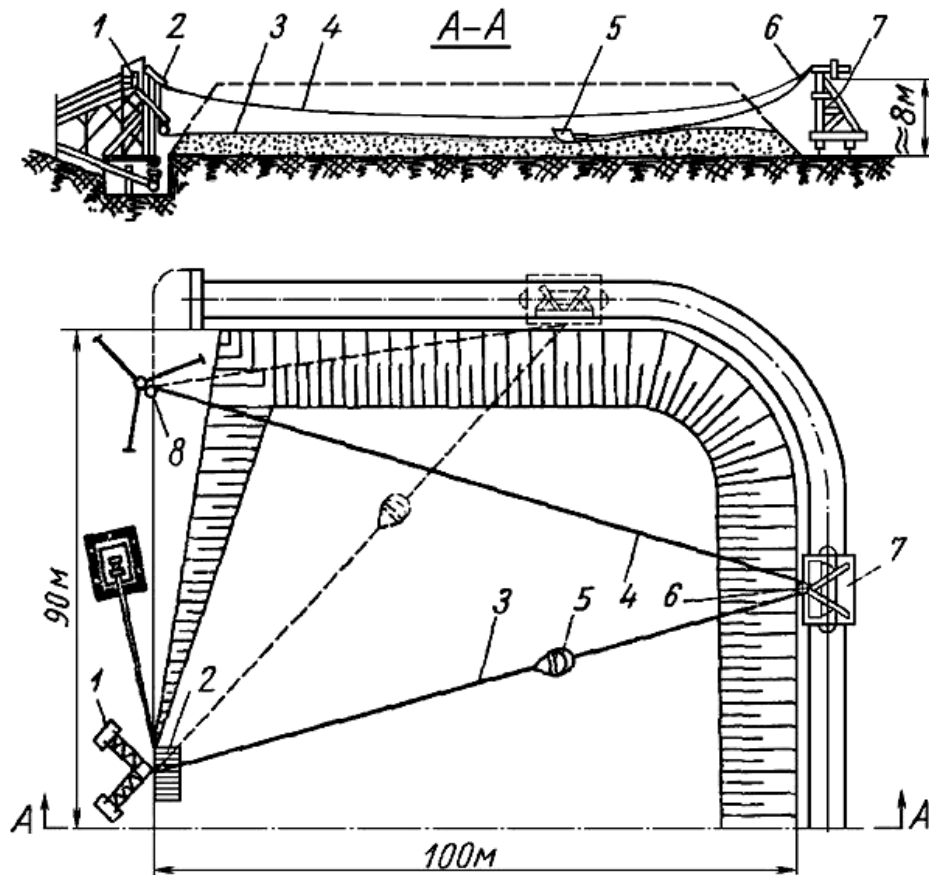


Рис. 5.11. Схема канатно-ковшовой установки

Перемещение материалов по складу осуществляется возвратно-поступательным движением ковша. При рабочем движении ковш врезается в материал, захватывает его и перемещает волоком до места разгрузки. При обратном движении ковш не захватывает материал. Скорость движения ковша 1,2...2,5 м/с.

Достоинством канатно-ковшовых установок является простота работы и обслуживания, относительно малые затраты на их устройство и содержание; недостатком – быстрый износ канатов.

Производительность канатно-ковшовой установки определяется по формуле:

$$Q = 3,6V\gamma/\Sigma t \text{ т/ч,}$$

где V – емкость ковша, м³; γ – объемный вес материала, кг/м³; Σt – продолжительность цикла, с:

$$\Sigma t = l/v_{гр} + l/v_{пор} + t,$$

где l – средняя длина перемещения ковша, м; $v_{гр}$ и $v_{пор}$ – скорости движения груженого и порожнего ковша, м/с; t – время, расходуемое на изменение направления движения ($t=10$ с).

Мощность двигателя привода лебедки определяют по формуле:

$$N = \Sigma W v_{гр} / 102\eta \text{ кВт,}$$

где ΣW – тяговое усилие в канате при рабочем ходе ковша; η – к.п.д. канатно-ковшовой установки ($\eta = 0,7 \dots 0,75$). Тяговое усилие в канате ориентировочно можно определить по эмпирической формуле:

$$\Sigma W = 1,5V\psi\gamma \text{ кг,}$$

где ψ – коэффициент заполнения ковша ($\psi = 0,9 \dots 1,2$).

5.5. Пневмотранспорт сыпучих материалов

Пневмотранспортные установки могут перемещать сыпучие материалы по сложной траектории; забирать их из различных средств доставки и труднодоступных мест; выдавать материал в различных точках. Пневмотранспорт надежно защищает груз от атмосферных воздействий и обеспечивает необходимые санитарно-гигиенические условия труда обслуживающего персонала. Окружающая среда защищена от распыления транспортируемого материала, и требования экологии соблюдаются.

Пневмотранспортные установки удобны для размещения оборудования и трубопроводов, которые могут быть проложены с учетом любых местных условий производства, в том числе и в труднодоступных местах. Это оборудование отличается простотой эксплуатации, легкостью управления, возможностью автоматизации процессов транспортирования и дистанционного управления.

Применение пневмотранспорта улучшает условия труда на предприятиях строительной индустрии, при производстве цемента, гипса и других вяжущих материалов. Широкое внедрение пневмотранспорта для пылящих материалов имеет большое социальное значение – резко уменьшается опасность массовых профзаболеваний.

К недостаткам пневмотранспорта относят сравнительно высокий удельный расход электроэнергии и износ трубопроводов и других частей установок, взаимодействующих с транспортируемым материалом.

В настоящее время промышленность выпускает серийно вагоны-цистерны с пневморазгрузкой, специализированный автотранспорт, оборудованный пневмосистемами, камерные и винтовые насосы различных модификаций, пневморазгрузчики и пневмоподъемники сыпучих материалов,

донные и боковые выгрузатели, различное оборудование для пневмосистем, вакуум-насосы, воздуходувки и компрессоры.

Основными вяжущими материалами, применяемыми в строительстве, являются цемент, известь и гипс. Различные виды цемента, изготавливаемые в России (портландцемент, гидрофобный, сульфатостойкий и пуццолановый цемент, глиноземный цемент, шлакопортландцемент, и др.), отличаются по физико-механическим свойствам, которые влияют на процесс пневмотранспортирования и, соответственно, должны учитываться. Пневматический транспорт применяется для перемещения порошкообразной извести, молотой известняковой муки, минеральных порошков для асфальтобетонных смесей, сухой золы, керамзита и других сыпучих материалов.

Широко применяется пневматическое транспортирование для перемещения сухих цементно-песчаных и известково-песчаных смесей в установках по набрызгу бетонных и растворных смесей при безопалубочном бетонировании; для укрепления горных выработок; при изготовлении тонкостенных резервуаров; при замоноличивании стыков сборных железобетонных конструкций.

Пневматический транспорт применяют в строительстве при выполнении различных производственных процессов и особенно часто при погрузке и разгрузке вяжущих материалов. Так, пневматический транспорт применяют при загрузке и выгрузке вяжущего из всех видов наземных транспортных средств закрытого типа. Перевозить вяжущие материалы в открытых автомобилях, железнодорожных полувагонах и вагонетках запрещено из-за больших потерь этого ценного строительного материала. Для этих целей созданы специализированные автомобильные и железнодорожные транспортные средства различной грузоподъемности, из которых вяжущие материалы выгружают по трубопроводу непосредственно в силос склада. Пневматический транспорт применяют при загрузке и выгрузке цемента из речных барж, в различных складских операциях и для подачи цемента со склада в расходные бункера бетоно-растворосмесительных заводов и установок.

В зависимости от характера и объема работ в строительстве применяют все основные виды и типоразмеры пневмотранспортных установок и оборудования с различными параметрами (производительностью от 0,1 до 100 т/ч; дальностью подачи от 1,5 до 1000 м; с расходом сжатого воздуха от 0,5 до 100 м³/мин и т.д.).

В большинстве пневмотранспортных установок в качестве транспортирующего газа используют воздух. Однако, когда не допустимо соприкосновение воздуха с транспортируемым материалом, применяют инертный газ (например, при транспортировании взрывоопасных и легкоокисляющихся материалов). Установки для пневматического транспортирования материалов различают по давлению несущего потока, размеру частиц и концентрации перемещаемого материала в потоке, характеру движения потока, типам питательных устройств и др. Наиболее часто их классифицируют по концентрации перемещаемой смеси материала с воздухом

и значению давления в пневмосистеме. Концентрация смеси перемещаемого материала μ (или расходная массовая концентрация) – отношение массы материала к массе транспортирующего воздуха (материал, кг / воздух, кг).

Различают установки с низкой, средней и высокой концентрацией частиц транспортируемого материала. За верхнюю границу низкой концентрации принимают расходную массовую концентрацию μ до 4 кг/кг. Средняя концентрация соответствует значению μ от 4 до 20 кг/кг, $\mu > 20$ кг/кг характеризует поток с высокой концентрацией. Границей между пневматическим транспортированием с разбавленной и плотной фазами является расходная массовая концентрация 50...60 кг/кг. Массовая концентрация 500...600 кг/кг считается наиболее высокой.

В последнее время в различных отраслях промышленности стали применять новые, более экономичные установки пневмотранспорта, в которых материал перемещается сплошным потоком, т.е. в условиях плотной фазы (аэрожелоба, поршневой транспорт). Еще более экономичен интенсивно развивающийся контейнерный пневмотранспорт, в котором материал перемещается по трубопроводам в специальных емкостях-контейнерах.

По способу воздействия воздуха все пневмотранспортные установки можно разделить на несколько основных групп (рис. 5.12).

К первой группе относятся пневмотранспортные установки, в которых сыпучий материал перемещается в потоке воздуха, т.е. на материал действуют силы давления. По способу создания в транспортном трубопроводе разности давления эти установки могут быть всасывающего, нагнетательного и всасывающе-нагнетательного действия. Для перемещения сыпучего материала в воздушном потоке скорость потока должна превышать скорость витания перемещаемого материала, которая может быть определена эмпирической зависимостью

$$v_{\text{вит}} \approx 4,8\sqrt{d \cdot \gamma},$$

где d – средняя величина поперечного размера частиц перемещаемого материала; γ – плотность частиц.

Пневмотранспортные установки второй группы работают по принципу аэрации порошкообразных материалов. Здесь воздух косвенно воздействует на перемещаемый материал. Установки этой группы по характеру выполняемых работ подразделяются на аэротранспортные и аэрационные.

Установка всасывающего действия (рис. 5.12, а) состоит из заборного устройства или сопла 1, системы материалопроводов 2, осадителя материала с фильтрами 3, воздухопровода 4 и побудителя тяги – воздуходувки или вакуум-насоса 5, который просасывает через всю установку воздух. Этот воздух, поступая в сопло, захватывает материал, перемещая его по системе материалопроводов.

Материал выделяется в осадителе, а транспортирующий воздух очищается, проходя через фильтры, и выбрасывается в атмосферу. Всасывающие установки имеют разгрузочные устройства и фильтры сложной конструкции, находящиеся под значительным разрежением. Из них необходимо непрерывно выводить наружу осажденный материал.

В установках всасывающего действия используется низкий (до 90 кПа), средний (до 70 кПа) и высокий (до 40 кПа) технический вакуум.

В пневматических установках нагнетательного действия (рис. 5.12, б) трубопроводы и аппаратура находятся под избыточным давлением.

Материал подается в пневмотранспортную систему специальным устройством: пневматическим винтовым насосом, камерным насосом, струйным насосом и т.п.

Главной отличительной особенностью нагнетательных установок является высокая величина избыточного давления, что позволяет применять их для транспортирования материалов на значительные расстояния при максимальных концентрациях аэросмеси. Рабочее давление сжатого воздуха на входе в установку составляет 30 кПа, а в отдельных случаях – 500...600 кПа.

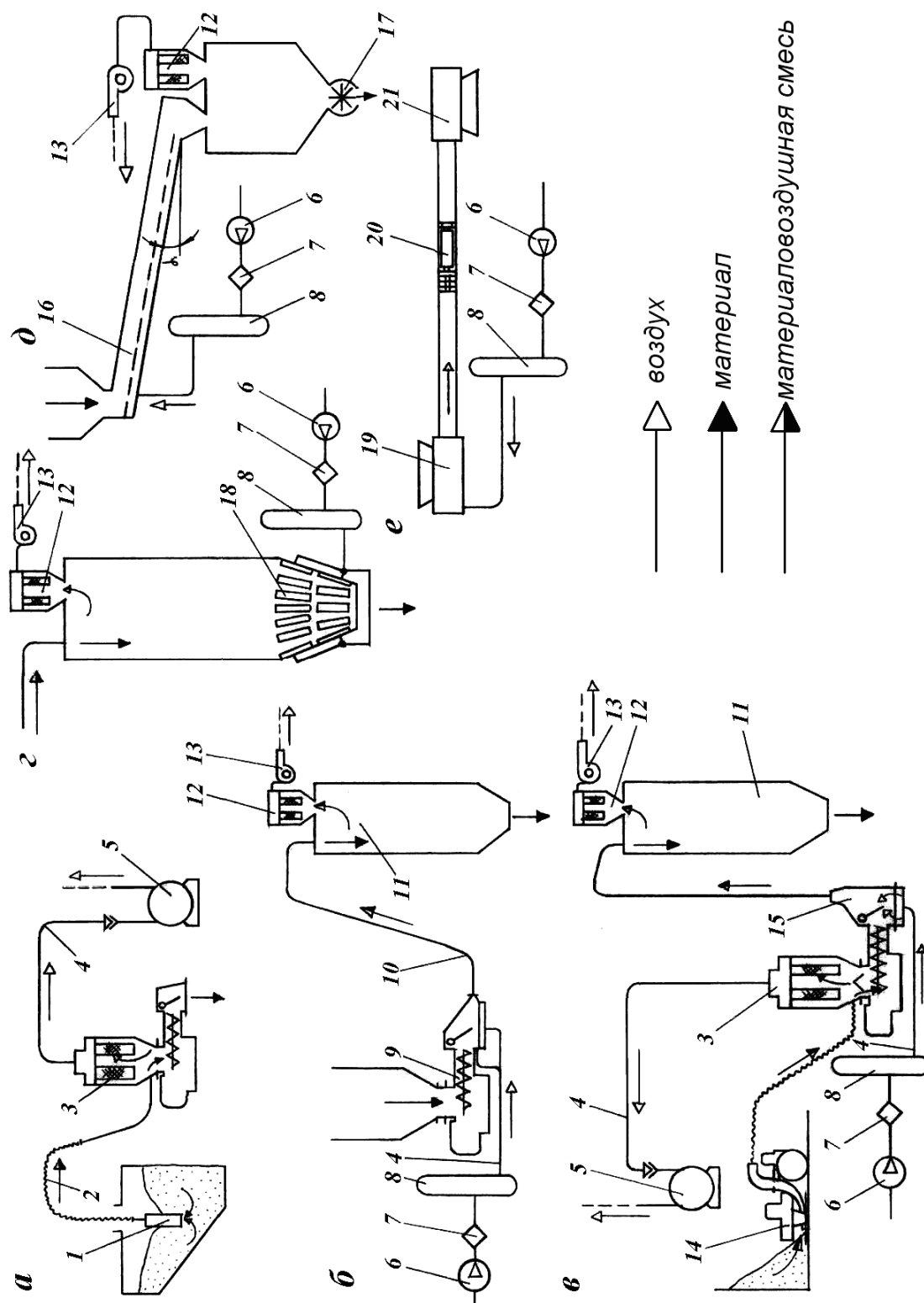


Рис. 5.12. Схемы пневмотранспортных установок:

а - всасывающая; б - нагнетательная; в - всасывающе-нагнетательная; 1 - контейнер; 2 - клапан; 3 - материалосборник; 4 - материалопровод; 5 - труба; 6 - насос; 7 - насос; 8 - насос; 9 - насос; 10 - насос; 11 - насос; 12 - насос; 13 - насос; 14 - насос; 15 - насос; 16 - насос; 17 - насос; 18 - насос; 19 - насос; 20 - насос; 21 - насос.

Установки всасывающе-нагнетательного действия (рис. 5.12, в) сочетают основные преимущества рассмотренных установок. В них использованы заборные устройства установок всасывающего действия, работающих без пылевыведения.

В основном, наиболее протяженном, транспортном трубопроводе материал переносится под давлением при более высоких концентрациях. В небольших установках обе ветви (всасывающая и нагнетающая) могут работать от одного вентилятора. Осадитель 3 всасывающей установки имеет в верхней

части матерчатый фильтр, который не допускает попадания пыли в воздухоудвную машину.

Аэрационная установка (рис. 5.12, з) применяется для равномерной выгрузки материалов из силосов и бункеров. Расположенные в конической части силоса аэролотки 18, через перфорированную поверхность которых подается сжатый воздух, аэрируют материал, не позволяют ему зависать и образовывать своды при выпуске из емкости.

В аэротранспортной установке (рис. 5.12, д) происходит псевдоожижение сыпучего материала сжатым воздухом, проходящим через перфорированную перегородку, расположенную внутри аэрожелоба 16. Мелкий некомкующийся материал в псевдоожиженном слое устойчиво перемещается вдоль желоба, устанавливаемого под небольшим углом к горизонтальной плоскости, за счет гравитационных сил и пониженного коэффициента трения, за счет воздушной подушки. Они относятся к установкам нагнетательного действия с низким давлением, транспортирующим материал в условиях плотной фазы.

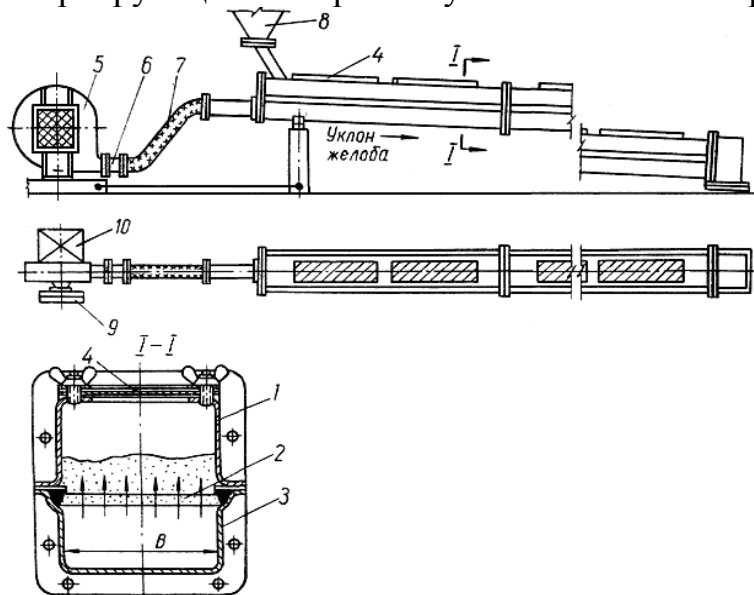


Рис. 5.13. Пневматический транспортный желоб

Конструктивная схема аэрожелоба приведена на рис. 5.13. Он состоит из двух частей 1 и 3, изготовленных из листовой стали и соединенных болтами. Между частями желоба помещают пористую перегородку 2, которая может быть керамической или матерчатой – тканой, цельной или составной. Материал поступает из бункера 8 и движется в желобе по поверхности перегородки. Вентилятором 5 с двигателем 10 через всасывающий фильтр 9 и гибкий шланг 7 подают воздух в нижнюю часть желоба, который равномерно распределяется по всей поверхности перегородки и, проходя сквозь нее, аэрирует слой материала, приводя его в состояние текучести. Далее воздух проходит сквозь слой материала и пропускается через матерчатые фильтры 4, расположенные в окнах по всей длине крышки желоба. Подача воздуха регулируется дросселем 6. Пневматический желоб в ряде случаев выгоднее винтового конвейера, так как в нем отсутствуют движущиеся изнашивающиеся части и он менее энергоемок. Давление сжатого воздуха составляет 0,005 МПа, скорость

перемещения частиц материала – не более 4...7 м/с, а концентрация до 600...800 кг/кг.

В последнее время на ряде промышленных предприятий успешно применяют контейнерный пневмотранспорт (рис. 5.11, *е*). Материал при таком пневмотранспортировании перемещается по трубопроводам в специальных емкостях под действием давления воздуха. Высоконапорное импульсное пневмотранспортирование (рис. 5.14) осуществляется в установках пульсирующего действия. В них материал перемещается импульсами в виде пробок с промежутками, заполненными сжатым воздухом. Материал подается с высокой концентрацией, и его можно транспортировать, даже если он имеет плохую текучесть, склонен к налипанию на стенки трубопровода. Также можно перемещать без разрушения частиц гранулированные и зернистые материалы. Импульсное транспортирование со скоростями от 2 до 6 м/с отличается высокой экономичностью, так как при минимальном расходе воздуха достигается высокая производительность. Малые скорости материаловоздушных потоков дают возможность снижать общие энергетические затраты, сокращать абразивный износ элементов установки, транспортировать чувствительные к истиранию продукты, ликвидировать расслоение подаваемой смеси и применять фильтрующие установки с малой поверхностью фильтров.

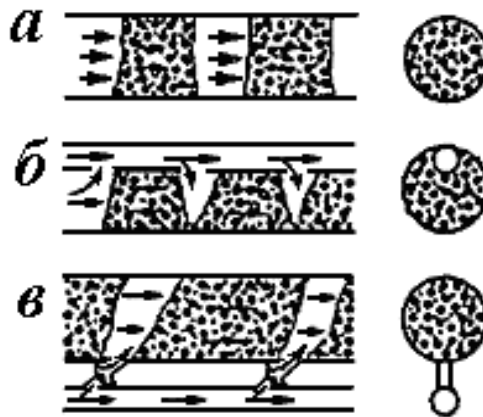


Рис. 5.14. Схемы импульсного пневмотранспортирования:

- а* – импульсная подача с образованием пробок в начале транспортного трубопровода;
- б* – импульсная подача с прокладкой перфорированного транспортного трубопровода;
- в* – импульсная подача с прокладкой параллельного воздухопровода с форсунками

Разгрузчики цемента. В последние годы созданы разнообразные машины для выгрузки цемента из крытых железнодорожных вагонов, судов и барж. Наиболее широко применяются вакуумные разгрузчики (рис. 5.15) производительностью 15...90 т/ч.

В состав разгрузчика входят: самоходное заборное устройство 1, гибкий цементопровод 2, осадительная камера 3, водокольцевой вакуум-насос 5, шкаф с электроаппаратурой 4.

Заборное устройство серийных разгрузчиков цемента (рис. 5.16) представляет собой самоходную тележку безрамной конструкции на двух ребристых металлических колесах 9 с приводом от индивидуальных электродвигателей 7 через специальные червячные редукторы 8. В центральной части тележки смонтирован редуктор 4 с электродвигателем 5 привода

подгребающих дисков 1, расположенных под углом 3° к плоскости пола вагона. В дисках выполнены пазы (перфорации) заданной формы со скошенными внутренними стенками. С помощью перфорации разгружаемый сыпучий материал подается вращающимися дисками к заборной кромке всасывающего сопла. Режим работы дискового питателя обеспечивает дозированную подачу материала к соплу, причем в процессе перемещения разгружаемый материал частично насыщается воздухом, что способствует интенсификации его поступления во всасывающее сопло. Для обрушения цементной массы на диски к передней стенке редуктора прикреплен штыревой рушитель 3. В ряде конструкций применяются приводные рушители. Над подгребающими дисками расположено всасывающее сопло 2, конфигурация которого обеспечивает введение материала во всасывающую линию при сравнительно небольших потерях давления на разгонном участке трубопровода. К верхней части сопла крепится поворотный патрубок 10, на который насаживается гибкий резиноканевый рукав 6. К нижней части сопла крепится зачистное устройство, улучшающее зачистку пола вагона от разгружаемого материала. Оператор с переносного пульта включением соответствующих кнопок может перемещать заборное устройство вперед, назад и разворачивать его на месте. Основные параметры, определяющие производительность заборного устройства, — диаметр перфорированных дисков и соответствующее сечение всасывающего сопла.

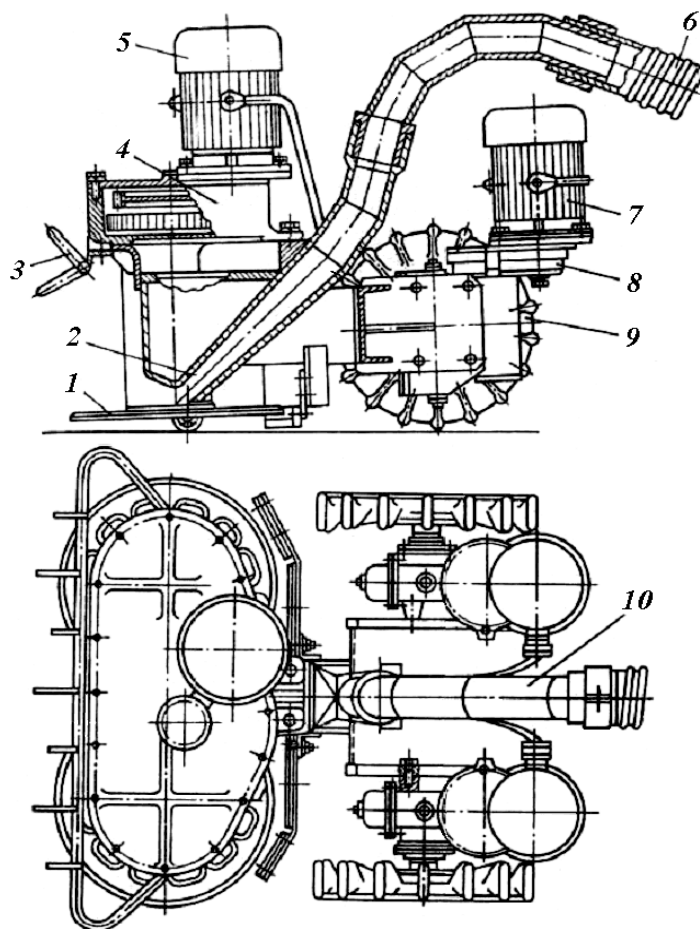


Рис. 5.15. Общий вид пневматического разгрузчика цемента всасывающего типа

Цементопровод разгрузчика состоит из трех секций резиноканевых рукавов общей длиной 12 м, что достаточно для забора материала из всех частей железнодорожного вагона. Увеличение длины всасывающей линии нежелательно, так как вследствие увеличения потерь давления ухудшается работа разгрузчика.

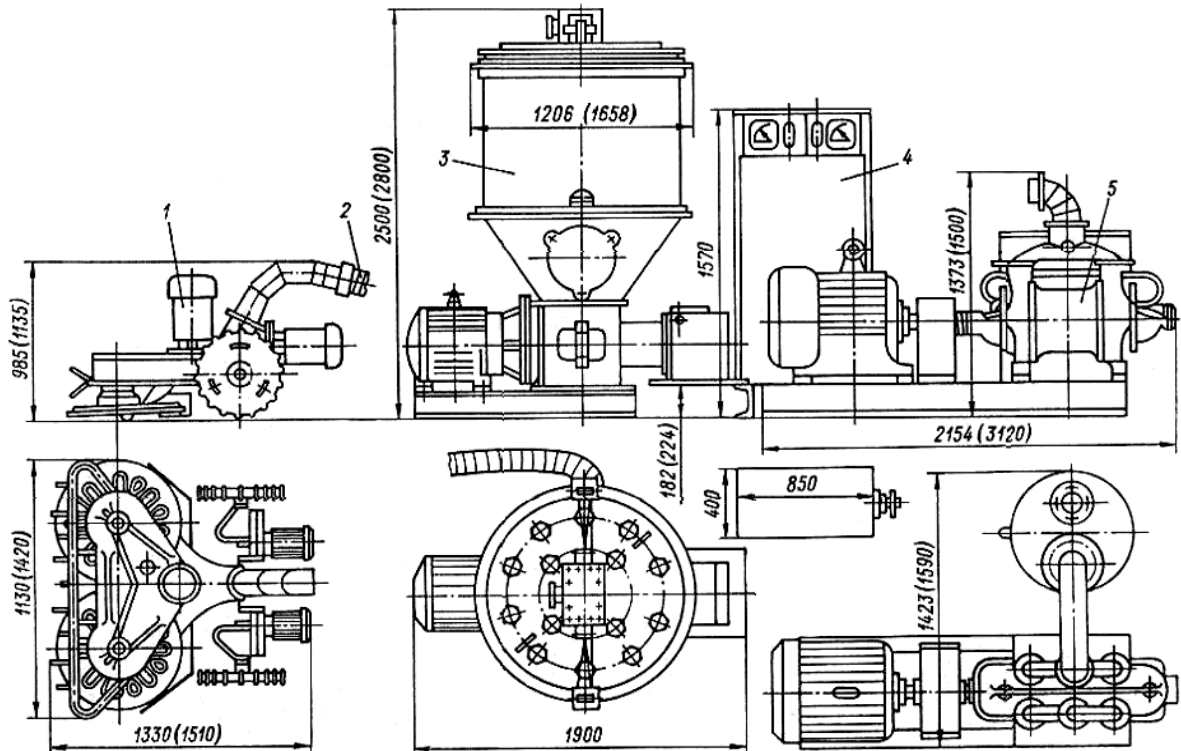


Рис. 5.16. Заборное устройство пневматического разгрузчика всасывающего типа

Осадительная камера (рис. 5.17) состоит из камеры фильтров 4, механизма выгрузки 1 и механизма продувки фильтров 5. Камера фильтров представляет собой металлический бункер цилиндрической формы с коническим днищем, установленный на корпусе шнека 8 механизма выгрузки. В камере фильтров, разделенной на два отсека перегородкой, размещены рукавные фильтры 3. Фильтровальная рукавная ткань надета на проволоочный каркас, предотвращающий сплющивание фильтра во время работы, и закреплена на нем хомутами. Собранные фильтры устанавливают и закрепляют в верхней части камеры. На конической части камеры фильтров расположены два люка для монтажа и ревизии фильтров. Под фильтрами смонтирован металлический отбойник 2, предохраняющий ткань фильтров от пробоя посторонними предметами, загрязняющими цемент, и отбрасываемыми лопастями шнека.

Фильтры очищаются во время кратковременного поочередного сообщения отсеков осадительной камеры с атмосферой. Механизм очистки (продувки) состоит из сварного корпуса, в котором расположены закрепленные на штоках тарелки клапанов. Закрываются наружные клапаны пружинами. Во время работы разгрузчика весь отсасываемый воздух проходит через фильтры в вакуум-насос. Для очистки фильтров шток клапана перемещается тросовой

системой вручную, при этом атмосферный воздух проходит с большой скоростью через фильтровальную ткань в обратном направлении.

Механизм выгрузки состоит из корпуса шнека 8, электродвигателя 6 с установленным и закрепленным на его валу напорным шнеком 12, узла уплотнения 7, обратного клапана 15, выгрузочного патрубка 14 и рамы 17. Напорный шнек плотно насажен на конусный конец винтовой втулки 10, напрессованной на вал электродвигателя, и закреплен с помощью шпильки 11. Уплотнение вала шнека обеспечивается вращающейся в гильзе 9 винтовой втулкой 10 в сочетании с сальниковой набивкой, выполненной из асбестографитового шнура диаметром 8 мм, поджатого в гнезде грунdbufкой.

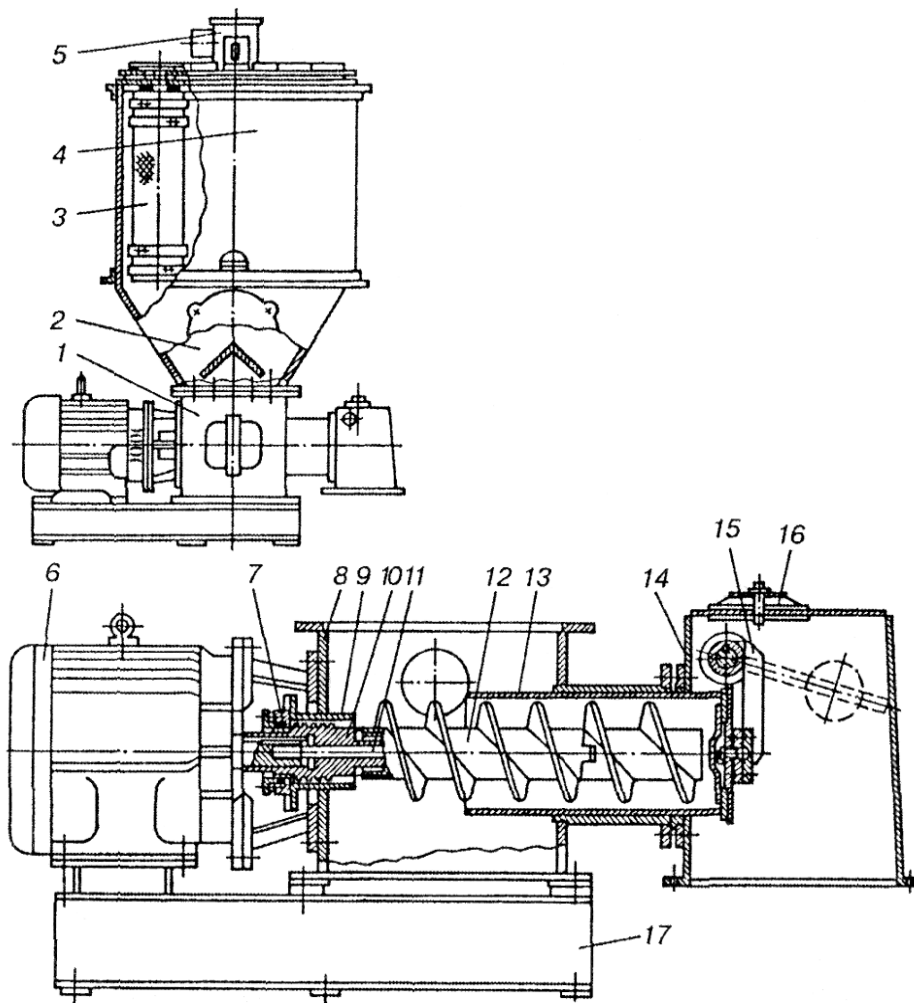


Рис. 5.17. Осадительная камера пневморазгрузчика цемента всасывающего типа

Основная масса цемента отбрасывается винтовой частью уплотнения, остальная часть задерживается сальниковой набивкой. Между винтовой втулкой и гильзой предусмотрен зазор 0,5...0,6 мм на сторону. При увеличении этого зазора надежность работы уплотнения снижается.

Для предотвращения проникновения атмосферного воздуха в полость шнека в патрубке механизма выгрузки устанавливается обратный клапан 15, создающий цементную пробку в гильзе. Для этого в конструкции шнека часто предусматривается уменьшение шага витков в направлении движения материала, но это увеличивало потребляемую мощность и износ шнека и гильзы 13. Выполнение шнека с большим шагом на конце, как показано на рис.

5.17, обеспечивает создание надежной цементной пробки в конце гильзы даже в разгрузчиках цемента всасывающе-нагнетательного и нагнетательного действия, а также в пневмоподъемниках, когда вместо выгрузочного патрубка 14 имеется смесительная камера, в которой цемент перемешивается с воздухом, подаваемым под давлением. Ось клапана смонтирована на шарикоподшипниках в выносных опорах. Для обеспечения необходимой износостойкости витки шнека наплавляются по торцовой и рабочей поверхности износостойкой порошковой лентой.

Для создания разрежения в системе пневматического разгрузчика цемента применяют водокольцевой вакуум-насос соответствующей производительности по воздуху. В комплект электрооборудования входят шкаф с электроаппаратурой; две клеммные коробки, одна из которых устанавливается в помещении склада цемента, а вторая – на заборном устройстве; переносной пульт управления и комплект электрокабелей. В системе дистанционного управления заборным устройством применено безопасное напряжение 40 В. В пластмассовом корпусе пульта управления смонтированы кнопки управления заборным устройством и тумблер включения дискового питателя. В электрошкафу расположена вся пусковая аппаратура и приборы контроля. Открывающаяся передняя дверца и съемная задняя стенка обеспечивают удобство монтажа и обслуживания электроаппаратуры. Заборное устройство через распределительную коробку соединено с электрошкафом и пультом управления кабелями.

С переносного пульта управления включаются и выключаются электродвигатели привода перфорированных дисков и колес.

Все агрегаты разгрузчика и клеммные коробки для заземления присоединены к общему заземляющему контуру склада цемента.

Агрегаты пневморазгрузчика устанавливают на месте эксплуатации в соответствии с типовой схемой прирельсового склада цемента силосного типа (рис. 5.18) в целях повышения эксплуатационной производительности пневморазгрузчика осадительную камеру целесообразно располагать возможно ближе к рельсовому пути над приемным бункером вместимостью не ниже 1,5...2 т.

Под приемным бункером монтируют пневматический подъемник цемента соответствующего типоразмера, обеспечивающий подачу разгружаемого материала в силосные емкости склада.

Вакуум-насос с водоотделительным бачком и шкаф с электроаппаратурой монтируют в отдельном, смежном со складом помещении машинного отделения. Для нормальной эксплуатации разгрузчика в зимнее время это помещение должно быть утеплено. Эксплуатационная производительность разгрузчиков зависит от времени, затрачиваемого обслуживающим персоналом на выполнение вспомогательных операций, включая открывание дверей крытого железнодорожного вагона, установку въездного трапа, разборку и удаление щита дверного проема и зачистку вагона после выгрузки основной массы.

В России ведущей фирмой, разрабатывающей и выпускающей пневмотранспортное оборудование, является ОАО «Строительные машины» (Санкт-Петербург). Всасывающие пневматические установки широко применяют за рубежом для выгрузки пылевидных, мелкозернистых и гранулированных сыпучих грузов, перевозимых навалом железнодорожным, водным и автомобильным транспортом. За рубежом длительное время осуществляется производство и совершенствуются конструкции пневмовинтовых насосов. Ведущими фирмами являются Fuller (США) и Claudius Peters Technologies (ФРГ). Бельгийская фирма Vigan выпускает пневмоустановки всасывающе-нагнетательного действия. Швейцарская фирма B  ller выпускает пневмотранспортные установки трех типоразмеров.

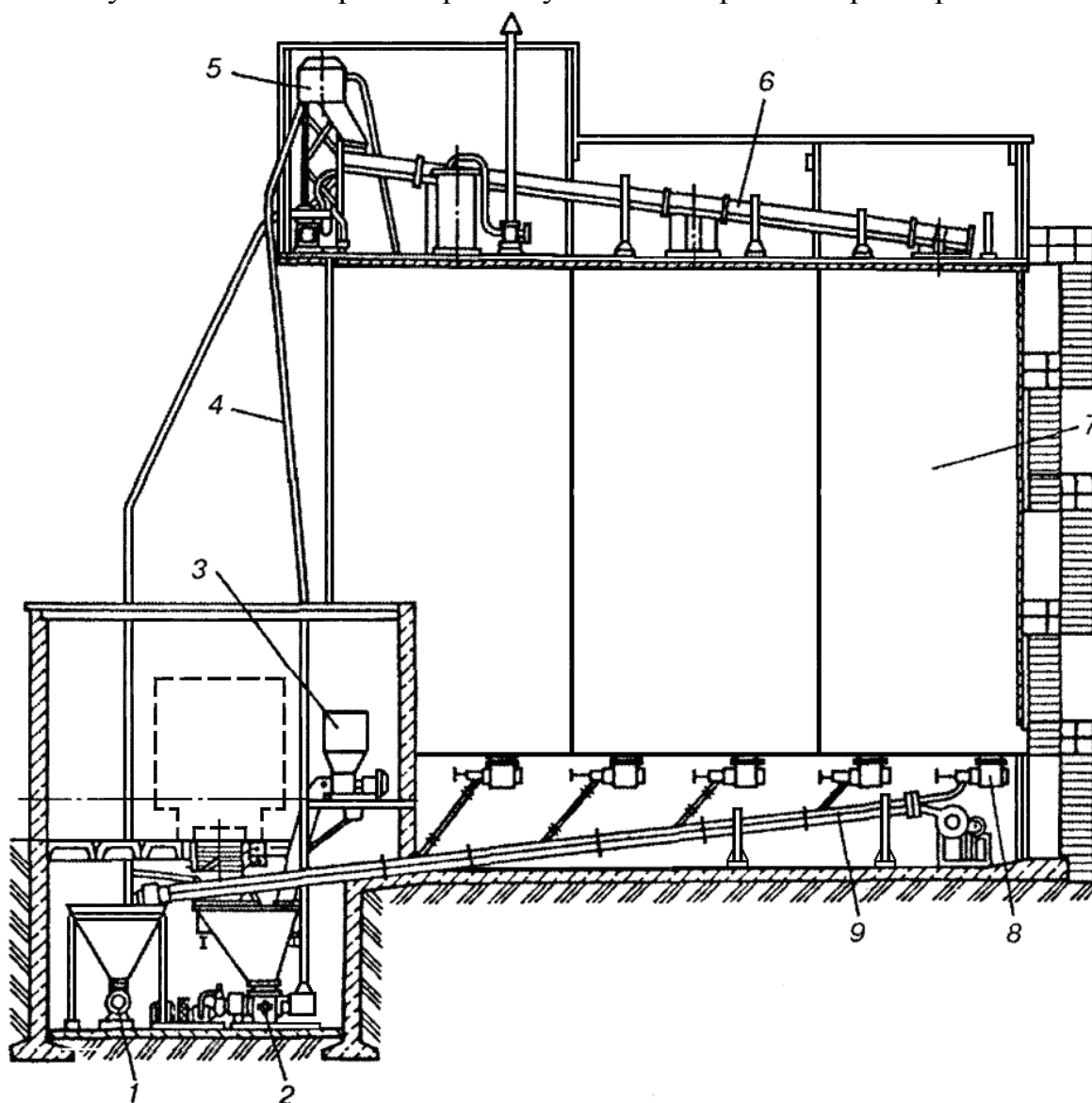


Рис. 5.18. Схема установки пневморазгрузчика цемента всасывающего действия на силосном складе цемента: 1 – пневматический винтовой насос; 2 – пневматический подъемник; 3 – пневморазгрузчик цемента всасывающего действия; 4 – цементопровод; 5 – бункер-осадитель; 6 – аэрожелоб; 7 – силосные емкости; 8 – донный выгрузатель; 9 – аэрожелоб

Шведская фирма Atlas Copco выпускает пневматические всасывающие установки для перемещения зернистых и гранулированных сыпучих материалов, например зерна, песка, стальных опилок, дробы, медного шлака,

формовочной земли. Небольшие габаритные размеры установки позволяют использовать ее на различных площадках, вместе с компрессором размещать на автомобильном прицепе, устанавливать на палубе разгружаемого судна.

Основные узлы установки (рис. 5.19) – эжектор 5, первичный 3 и вторичный 4 сепараторы и блок управления 6. Воздушный эжектор создает вакуум в двух сепараторах и всасывающем трубопроводе 2. Разгружаемый материал проходит через заборное сопло 1 и направляется в первичный сепаратор 3, где отделяются крупнозернистые частицы; более мелкие эффективно сепарируются во вторичном циклонном сепараторе 4, а транспортирующий воздух выбрасывается в атмосферу через эжектор. Для опорожнения сепараторов во время работы под ними расположены шлюзовые камеры 8. Между сепаратором и соответствующей шлюзовой камерой, а также между шлюзовой камерой и атмосферой установлены специально сконструированные клапаны, приводимые в действие сжатым воздухом. Перед опорожнением сепаратора в шлюзовой камере с помощью специального вентиля 7 создается такое же разрежение, как и в сепараторе. После открытия верхнего клапана 9 включается пневматический шаровой вибратор, обеспечивающий полное опорожнение сепаратора от материала. После закрытия верхнего клапана в шлюзовой камере вновь создается атмосферное давление, при котором открывается нижний клапан 10, и материал выгружается. Специальный блок 6 автоматически управляет работой установки, причем цикл работы устанавливается в зависимости от перемещаемого материала. Установкой можно управлять и вручную, используя блок управления.

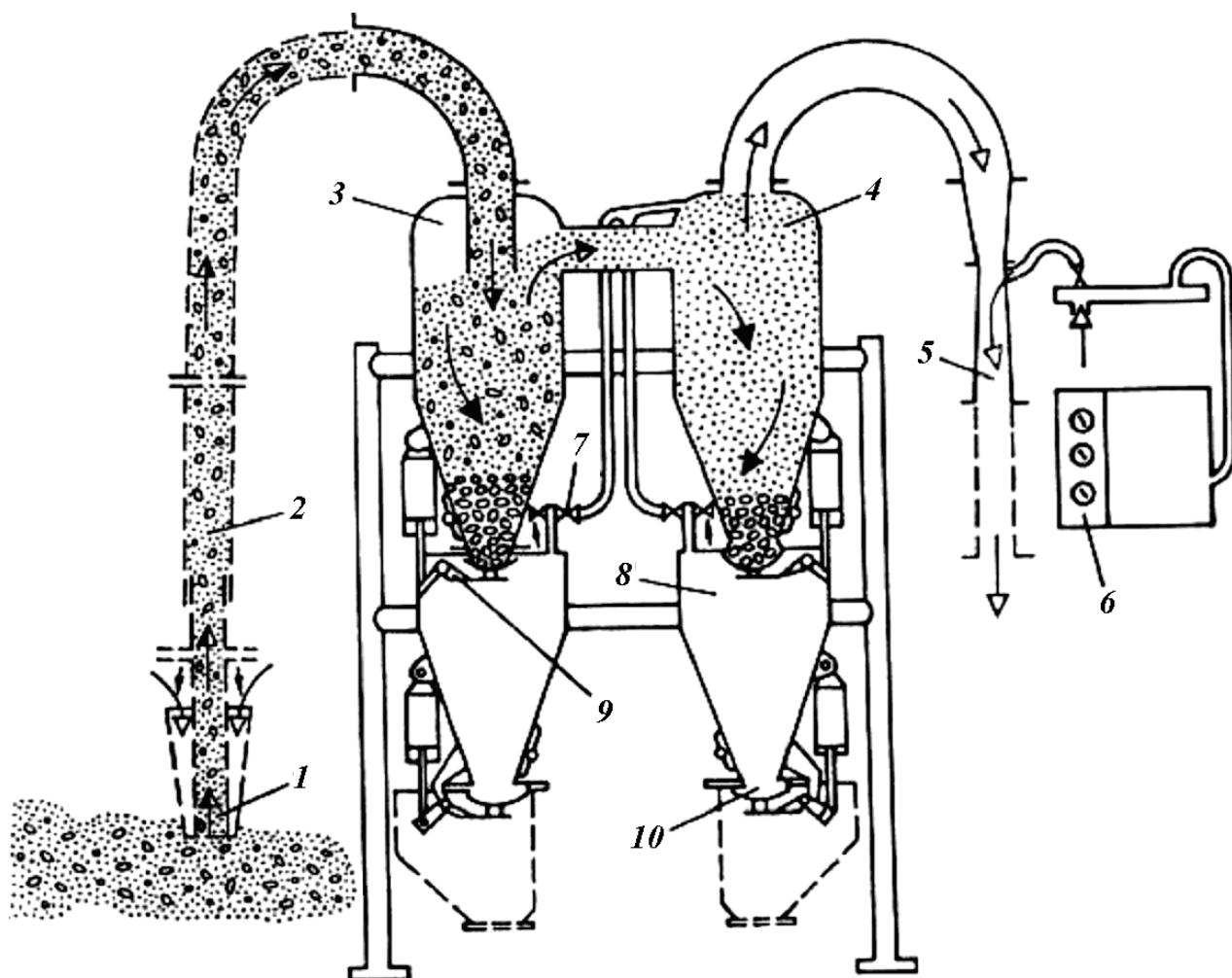


Рис. 5.19. Принципиальная схема пневморазгрузчика шведской фирмы Atlas Copco

Группу отверстий заборного сопла 1 установки закрывает или открывает оператор при помощи штурвала, смонтированного в верхней части сопла. Таким образом регулируется поступление дополнительного воздуха в транспортный материалопровод. Для обеспечения надежной эксплуатации установки на сопле установлен вакуумметр, по показаниям которого оператор поддерживает в системе необходимое разрежение.

Установка смонтирована на трубчатой раме, и ее можно расположить на рабочей площадке в непосредственной близости от места разгрузки. В зависимости от требуемой производительности установку оборудуют одним или двумя эжекторами.

Шведская фирма Interconsult разработала систему для разгрузки цемента из судов (рис. 5.20). На береговом причале устанавливают камерные насосы с воздуходувками, которые всасывают и нагнетают материал. Трюмы обычных судов оборудуют аэроднищами. Сжатый воздух к ним подают с берега от воздуходувки 14. С помощью вакуум-насоса 10 создается разрежение в резервуаре 5, благодаря чему в него засасывается аэрированный цемент из трюма. Наполненный цементом резервуар, вместимость которого равна вместимости трюма, переключают на нагнетательный режим работы. Резервуары разгружают поочередно по трубопроводам, проложенным от

камерного насоса непосредственно в силос. Аэроднища выполняют из синтетического пористого материала, натянутого на стальную решетку.

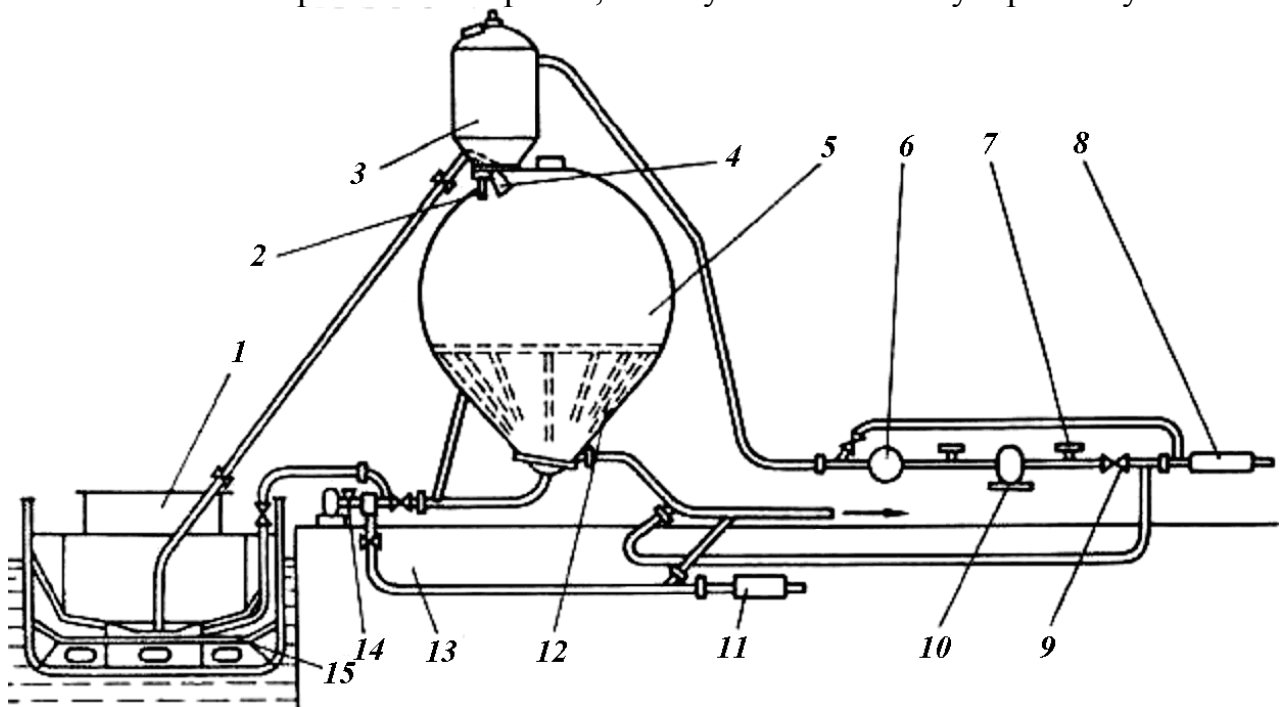
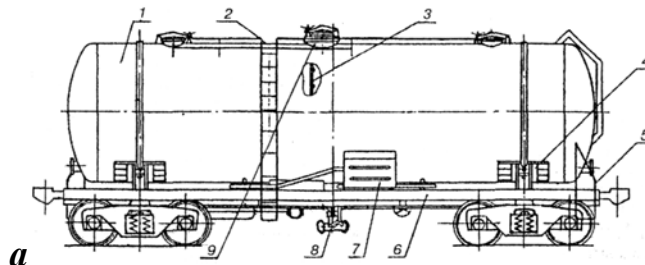


Рис. 5.20. Схема пневмоустановки для разгрузки барж шведской фирмы Interconsult:

1 – баржа-цементовоз; 2 – указатель уровня материала; 3 – фильтр грубой очистки; 4 – диффузор; 5 – резервуар; 6 – фильтр тонкой очистки; 7 – предохранительные клапаны; 8 – глушитель; 9 – обратные клапаны; 10 – вакуум-насос; 11 – глушитель; 12 – аэроплитка; 13 – автоматический регулирующий клапан; 14 – воздуходувка; 15 – всасывающий лоток

В последние десятилетия широко применяются специализированные железнодорожные вагоны (рис.5.21), автотранспортные средства (рис. 3.7, з, 3.10, в, 5.22) и специализированные суда (рис. 5.23) для транспортировки цемента. Все эти транспортные средства имеют пневмосистемы. Некоторые из них снабжены устройствами для самозагрузки материала (рис. 5.24).

В связи с существенным увеличением зданий из монолитного железобетона, наряду с доставкой готовой бетонной смеси миксерами, все более актуальным становится применение передвижных складов цемента (рис.5.25).



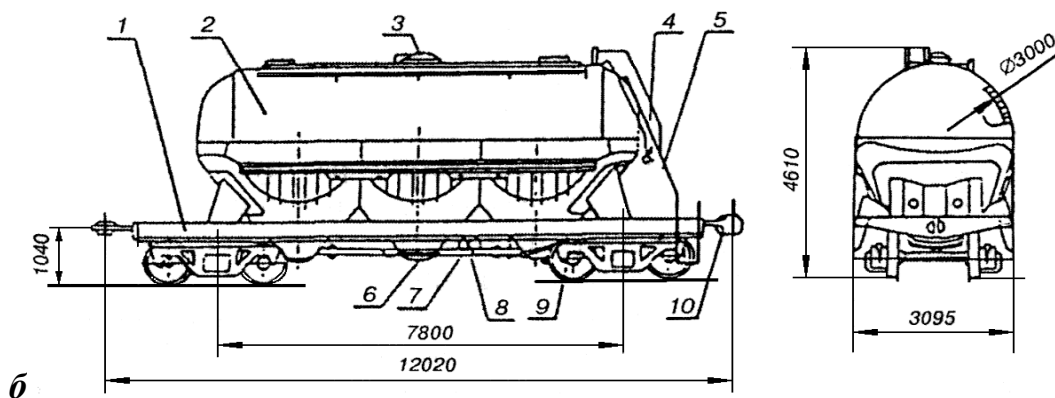


Рис. 5.21. Вагоны-цистерны:

а – модели 15-1405-02: 1 – котел; 2 – лестница наружная; 3 – лестница внутренняя; 4 – крепление котла на раме; 5 – подножка составителя; 6 – платформа; 7 – воздушная коммуникация; 8 – устройство разгрузочное; 9 – люк лазовый; *б* – модели 15-854: 1 – рама; 2 – котел; 3 – люк лазовый; 4 – предохранительный клапан; 5 – лестница наружная с площадками; 6 – автотормоз. 7 – система разгрузки; 8 – тормоз стояночный; 9 – тележка; 10 – ударно-тяговые приборы

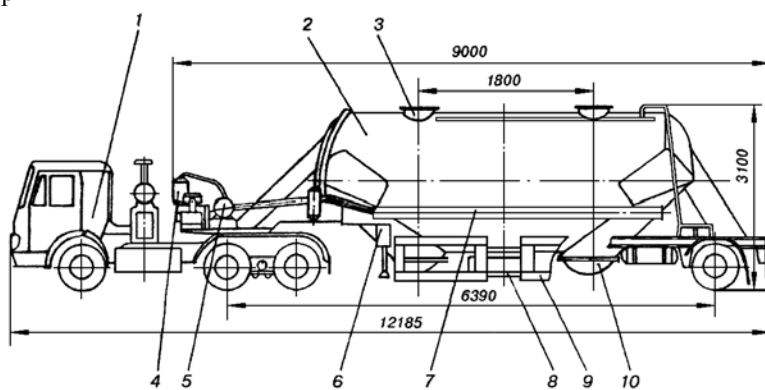


Рис. 5.22. Автоматериаловоз ТЦ-25:

1 – седельный тягач; 2 – цистерна; 3 – загрузочный люк; 4 – компрессор; 5 – электрооборудование; 6 – опорное устройство; 7 – разгрузочные рукава; 8 – пневмооборудование; 9 – боковая защита; 10 – аэрирующие устройство

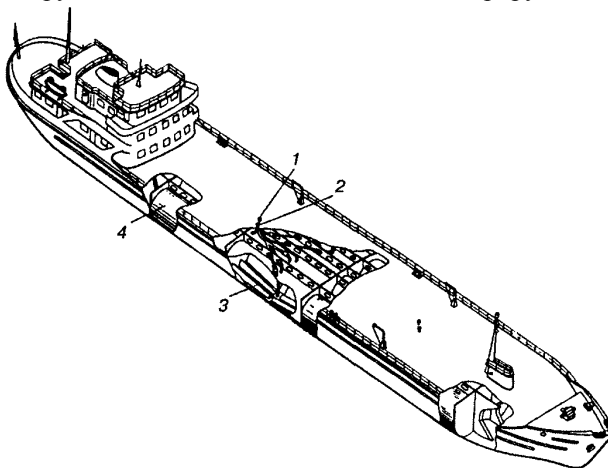


Рис. 5.23. Судно-цементовоз: 1 – система погрузочных трубопроводов; 2 – система разгрузочных трубопроводов; 3 – аэроустройство; 4 – корпусная труба

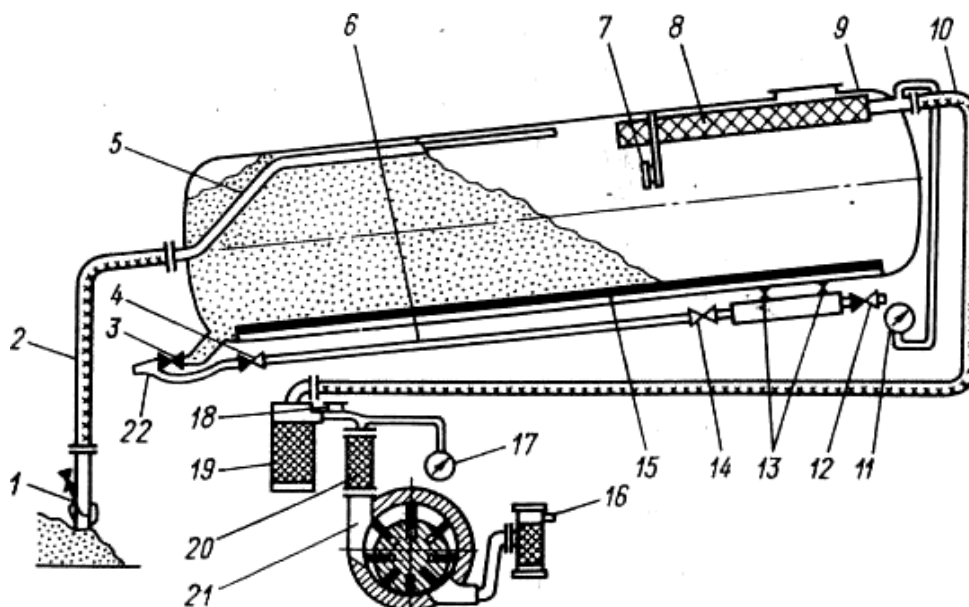


Рис. 5.24. Устройство самозагружающегося автоматериаловоза:

1 – сопло; 2 – загрузочный шланг; 3, 13, 14 – пробковые краны; 4, 12 – обратные клапаны; 5 – распределительная труба; 6 – воздуховод; 7 – сигнализатор уровня; 8 – фильтр первой ступени; 9 – цистерна; 10 – шланг; 11 – мановакууметр; 15 – аэролотки; 16 – влагомаслоотделитель; 17 – вакууметр; 18 – крышка; 19 – фильтр второй; 20 – инерционный фильтр; 21 – ротационный компрессор; 22 – разгрузочный клапан

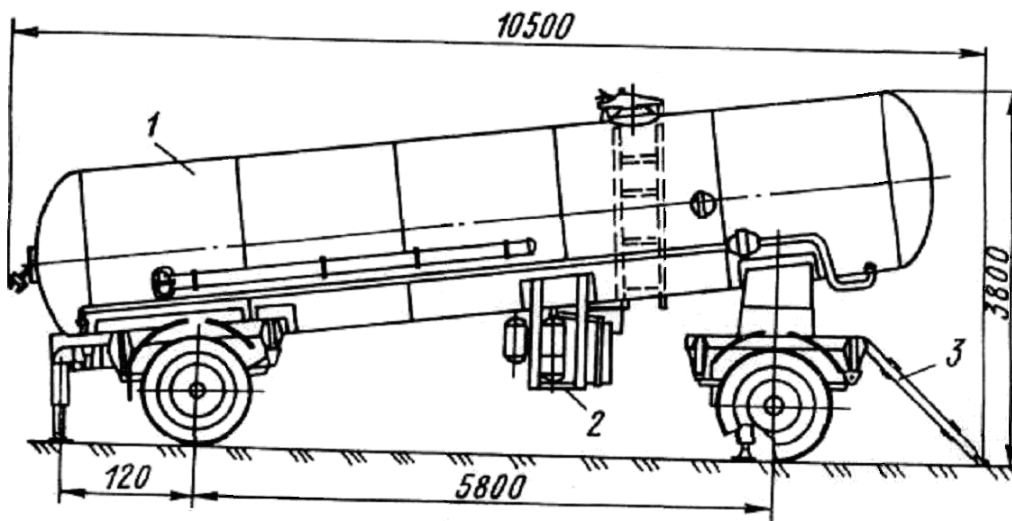


Рис. 5.25. Передвижной склад цемента СБ-74А-1 (с электроприводом):

1 – цистерна; 2 – компрессорный агрегат; 3 – подкатная тележка