

А.А. БОРЩЕВСКИЙ А.С.ИЛЬИН

**МЕХАНИЧЕСКОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ
для производства
строительных
материалов
и изделий**

Допущено
Министерством высшего и среднего
специального образования СССР
в качестве учебника для студентов
высших учебных заведений,
обучающихся по специальности
«Производство строительных
изделий и конструкций»

Москва
«Высшая школа» 1987»

1.1 ТЕОРИИ (ЗАКОНЫ) ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Измельчением называется процесс разрушения (деформирования) твердых тел под действием внешних сил (например, механических, тепловых и др.). Здесь и далее измельчение рассматривается только как механическое разрушение тел. Разрушение (деформирование) тел, например горных пород, под действием внешних механических сил происходит преимущественно по ослабленным сечениям, трещиноватостям и другим дефектным местам после перехода за предел прочности (упругости).

Измельчение условно разделяется на дробление, когда получается продукт размером более 5 мм, и собственно измельчение—помол — продукт размером менее 5 мм. В зависимости от вида деформации тел (характера приложения внешних сил) применяются следующие способы измельчения: раздавливание (рис.1.1,а), раскалывание (рис. 1.1,б), излом (рис. 1.1,в), удар (рис.1.1,г) и истирание (рис. 1.1,д). Перечисленные способы измельчения являются общими как для дробления, так и для помола и в большинстве случаев присутствуют в сочетании, например, раздавливания и истирания, удара и истирания и т. д.

Измельчение характеризуется *степенью измельчения* (дробления) i , которая определяется отношением средних размеров материала до и после измельчения: $i = D_{cp}/d_{cp}$. Величина степени измельчения достигает 1000 и определяется физико-механическими свойствами и размером материала и конструкцией машины. Различают дробление крупное ($d_{cp} = 100 \dots 350$ мм), среднее ($d_{cp} = 40 \dots 100$ мм) и мелкое ($d_{cp} = 5 \dots 40$ мм).

Для дробления материала используются дробилки. Степень дробления в современных дробилках не превышает 30 (40).

Помол материала бывает грубый ($d_{cp} \geq 0,1$ мм), тонкий ($d_{cp} = 0,1 \dots 0,05$ мм) и сверхтонкий ($d_{cp} < 0,05$ мм) и осуществляется в мельницах различных конструкций.

Для измельчения тела до требуемого размера необходимо затратить определенное количество энергии, зависящее от его размера, прочности, формы, влажности, условий измельчения и других параметров. Существует несколько теорий оценки расхода энергии на измельчение материалов.

В 1867 г. П. Риттингер впервые выдвинул гипотезу о том, что работа, затрачиваемая на измельчение материала, пропорциональна вновь образованной поверхности:

$$A = K \Delta S$$

где A —коэффициент пропорциональности; ΔS — приращение поверхности.

Гипотеза Риттингера применима только при мелком дроблении и помоле материалов ввиду небольшой погрешности в оценке расхода энергии на измельчение. Практическое значение гипотезы невелико, так как трудно определить коэффициент пропорциональности

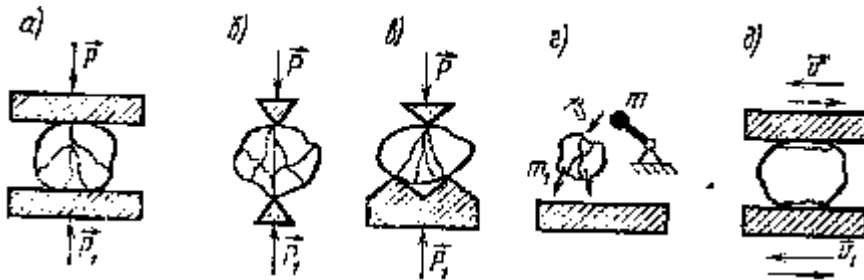


Рис.1.1. Схемы способов измельчения твёрдых тел

а) раздавливание ; б) раскалывание; в) излом; г) удар ;д) истирание

В 1874 г. Ф. Кик и В. П. Кирпичей предложили гипотезу, заключающуюся в том, что энергия, необходимая для одинакового изменения формы геометрически подобных и однородных тел, пропорциональна объемам или массам этих тел:

$$A = K_1 \Delta V ,$$

где K —коэффициент пропорциональности; ΔV —приращение объема.

Из теории упругости (закона Гука) работа деформации

$$A_{def} = \sigma^2 V / (2E) ,$$

где σ —напряжение; V —объем тела, подвергающегося деформации; E —модуль упругости.

Если предположить, что до разрушения материала $K_1 = \sigma^2 / (2E)$, то работа деформации будет соответствовать работе разрушения. Эта гипотеза получила название закона Кирпичева—Кика и справедлива для крупного и среднего дробления, где энергия затрачивается в основном на деформацию материала.

В 1940 г. П. Ребиндер предложил расчетную формулу, в которой объединена работа, затрачиваемая на деформацию и образование новых поверхностей:

$$A = K_2 \Delta V + K_3 \Delta S ,$$

где K_2, K_3 —коэффициенты пропорциональности; ΔV —приращение объема; ΔS —приращение поверхности.

Формула Ребиндера также не получила практического применения ввиду отсутствия рекомендаций по выбору значений коэффициентов пропорциональности.

В 1950 г. Ф. Бонд выдвинул гипотезу, согласно которой работа, необходимая для измельчения, пропорциональна приращению параметра, являющегося среднегеометрическим между объемом и поверхностью:

$$A = K_d (1/\sqrt{d_{cp}} - 1/\sqrt{D_{cp}}) Q$$

где K_d — коэффициент пропорциональности; D_{cp} , d_{cp} — средний размер материала до и после измельчения; Q — количество материала.

А. К. Рундквист, преобразовав формулу Ф. Бонда, получил обобщенное выражение

$$A = K_\delta \frac{i^{n-1} - 1}{D_{cp}^{n-1}} Q$$

где K_δ — коэффициент пропорциональности; (i — степень измельчения; n — показатель степени).

Принимая в выражении показатель степени $n=2$, $n=1,5$ и $n=1$, можно соответственно получить выражения для законов П. Риттингера, Ф. Бонда и Кирпичева — Кика. Ввиду трудности математического описания процесса измельчения продолжают работы по совершенствованию имеющихся теорий и разработке новых формул. Однако эти разработки пока не нашли еще широкого применения на практике.

При изучении процесса измельчения в последнее время получены экспериментальные значения удельного расхода энергии на 1 т материала в зависимости от его физико-механических свойств и крупности. Так, при дроблении гранита различных месторождений удельный расход энергии составил 4,6 ... 8,5 кВт-ч/т.

При расчетах машин для измельчения используются различные характеристики материалов: предел прочности при сжатии и растяжении, модуль упругости, хрупкость, абразивность, размолоспособность и т. п. Исходя из предела прочности на сжатие $\sigma_{\bar{n}c}$ (МПа) горные породы разделяются на: особо прочные ($\sigma_{\bar{n}c} > 250$), прочные (150...250), средней прочности (80...150) и мягкие ($\sigma_{\bar{n}c} < 80$).

По показателю абразивности I (г/т) материалы делятся на: неабразивные (1), малоабразивные (1...8), средней абразивности (8...65), высокой абразивности (65...500) и очень высокой абразивности ($I > 500$). К малоабразивным материалам относятся известняк, каменный уголь, мелкозернистый песчаник, к высокоабразивным — гранит, базальт, кварцит, прочный песчаник, известняк высокой прочности.

1.2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССОВ ГРОХОЧЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ

Измельченный в машинах материал представляет собой сыпучий продукт, состоящий из кусков (зерен), характеризующихся определенным размером (крупностью). Следовательно, зерновой состав материала является характеристикой распределения в нем зерен по крупности. Процесс разделения (без деформирования) материала на части различной крупности называется *классификацией* материала по крупности. Применяются следующие способы

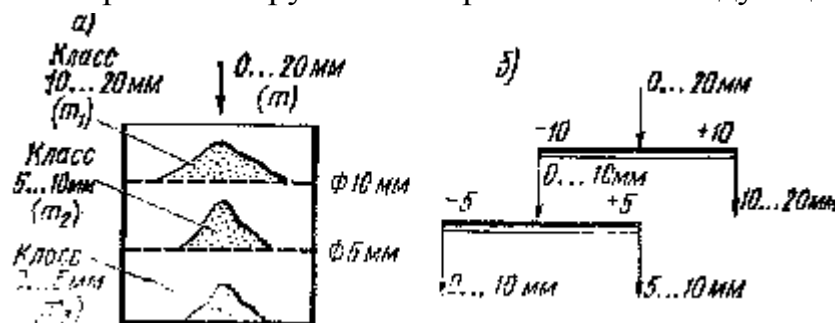


Рис. 1.2. Схемы разделения материала по крупности: а—на ситовом анализаторе; б—условное обозначение

классификации: механический, гидравлический, воздушный (пневматический), электромагнитный, электрофизический, по упругости и трению, цвету и др.

Наиболее распространенный способ классификации — механический. Механическая классификация (грохочение) заключается в разделении материала по крупности на поверхностях с калиброванными отверстиями (ситах, решетках, колосниках и т. д.). Для грохочения применяют грохоты. Гидравлическая классификация осуществляется в гидроклассификаторах и состоит в разделении материала по крупности в водной среде за счет различия скорости осаждения частиц. Воздушная (пневматическая) классификация (сепарация) заключается в разделении материала по крупности в воздушном потоке под действием сил тяжести или центробежных сил. Для воздушной классификации используют воздушные или пневматические сепараторы.

Для определения крупности материала применяют ситовый, седиментационный, микроскопический, фотоимпульсный, кондуктометрический, телевизионный и другие методы.

Материал, состоящий из относительно крупных частиц ($> 0,074$ мм), подвергают обычно ситовому анализу, который производится на механическом анализаторе, состоящем из набора стандартных сит (рис. 1.2,а). Для анализа пробу материала определённой массы подвергают разделению на ситовом анализаторе.

Материал, прошедший через сито, называется *нижним продуктом* или *классом* и обозначается знаком «минус». Материал, оставшийся на сите, называется *верхним продуктом* или *классом* и обозначается знаком «плюс» (рис. 1.2,6). Таким образом с помощью одной разделительной поверхности (сита) можно получить два класса крупности материала. Если материал подвергается разделению на n поверхностях, то в результате получается $n+1$ классов.

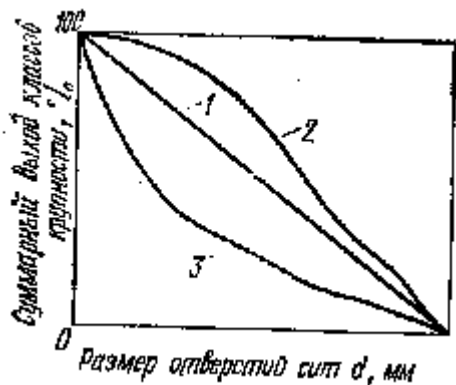


Рис. 1.3. Характеристика крупности материала:

1 — равномерное распределение материала по крупности; 2 — преобладание крупных классов в материале; 3 — то же, мелких

После деления материала на ситах отдельные классы взвешивают, а результат, выражаемый в процентах от массы всей пробы, записывают в таблицу. По данным таблицы строят так называемую кривую ситового анализа, или характеристику материала по крупности (рис. 1.3). Выпуклая форма кривой указывает на преобладание крупных, а вогнутая — мелких классов в исходном материале. Каждому типу дробилок соответствует определенная характеристика крупности продуктов дробления.

Процесс деления материала на классы крупности — это вероятностный процесс. Для аналитического описания функций распределения масс частиц по их размерам используются различные уравнения. Наиболее распространено уравнение Розина—Раммлера:

$$100/R = e^{-md^n}$$

где R — суммарный остаток на сите с диаметром d отверстий, %; e — основание натуральных логарифмов; m, n — эмпирические константы, характерные для данного материала.

Под *эффективностью классификации* понимается отношение массы материала, прошедшего через сито (подрешетного продукта), к массе материала данной крупности, содержащегося в исходном продукте.

Эффективность классификации (%)

$$E = [\tilde{N}_m - C'_m(100 - C_m)] 100 / C_m$$

где C_m —процентное содержание массы зерен нижнего класса в общей массе исходного материала; C'_m —относительное содержание массы зерен нижнего класса, оставшихся после разделения в верхнем продукте (классе). Засоренность продукта (%)

$$Z = (m - m_1)100/m,$$

где m —масса пробы готового продукта; m_1 —масса материала, прошедшего через стандартное сито с размером отверстий, соответствующих данной границе классификации.

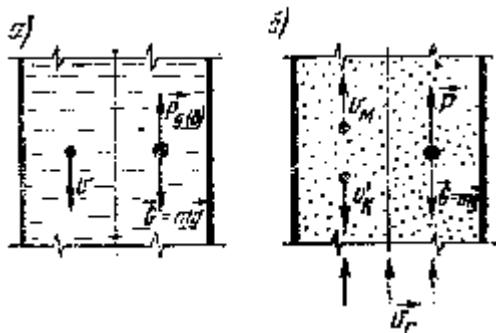


Рис.1.4.Схемы действующих сил при гидравлической (а) классификации и пневматической (б) сепарации

Эффективность классификации зависит от большого количества факторов и равна 35 ...98% в зависимости от конструкции машины и свойств материала. При гидравлической классификации скорость падения тела зависит от разности сил тяжести тела и сопротивления жидкости (рис. 1.4,а).

Сила тяжести (Н) частицы, например, шарообразной формы

$$G = (\pi d^3 / 6) [(\rho_{\delta} - \rho_{\epsilon}) g]$$

где d —диаметр тела, м; ρ_{δ} , ρ_{ϵ} —соответственно плотность тела и жидкости, кг/м³ (при $\rho_{\delta} > \rho_{\epsilon}$ —тело тонет, при $\rho_{\delta} = \rho_{\epsilon}$ —находится во взвешенном состоянии); g —ускорение силы тяжести, м/с².

При большой скорости движения (турбулентном режиме) кинетическая энергия тела расходуется главным образом на преодоление динамического сопротивления среды.

Динамическое сопротивление (Н) по Ньютону

$$P_{\delta} = \psi S v_{\delta}^2 \rho_{\epsilon} / 2$$

где ψ — безразмерный коэффициент пропорциональности (коэффициент сопротивления); S —площадь проекции тела, м²; v_{δ} —скорость движения тела, м/с.

При малой скорости движения (ламинарном режиме) тела основным является вязкостное сопротивление (Н), определяемое по формуле Стокса:

$$P_v = 3\pi\mu d v_0,$$

где μ — коэффициент динамической вязкости среды, Н·с/м².

Характеристикой режима движения тела служит параметр {критерий) Рейнольдса

$$Re = v_0 d \rho_a / \mu$$

При $Re > 1000$ преобладает динамическое сопротивление, а при $Re < 1$ — вязкостное сопротивление.

Приравняв $P_v(P_s)$ и G , находят конечную скорость v_0 (м/с) падения тела в жидкости:

$$\text{для динамического сопротивления } v_0 = k \sqrt{d(\rho_\delta - \rho_a)},$$

для вязкостного сопротивления $v_0 = kd^2(\rho_\delta - \rho_a) / \mu$, где k — коэффициент, зависящий от размера, формы и плотности тела.

Рассмотренные закономерности гидравлической классификации материала дают лишь общее представление и на практике используются с некоторыми поправками в зависимости от конструкции применяемых машин.

При воздушной сепарации (рис. 1.4,6) разделение материала на классы крупности происходит вследствие движения частиц различной крупности в разных направлениях, которые определяются действующими силами (аэродинамической, центробежной и силой тяжести).

Аэродинамическая сила газа (Н)

$$D = \tilde{n}_0 \hat{e}_\delta \rho_a \frac{\pi d^2}{8} v_0^2$$

где c_D — коэффициент аэродинамического сопротивления; k_ϕ — коэффициент формы тела; ρ_a — плотность газа, кг/м³; v_0 — скорость обтекания частицы газом, м/с.

Сила тяжести частицы (Н) $G = (\pi d^3 / 6)(\rho_\delta g)$

Диаметр частицы (м), по которой происходит граница разделения,

$$d = (3/4) k_\phi \tilde{n}_0 \rho_a v_a^2 / (\rho_a g)$$

Скорость (м/с), при которой происходит витание частицы,

$$v_{a\hat{v}\delta} = \sqrt{4\rho_\delta dg / (3k_a c_D \rho_a)}$$

Если частица движется в потоке, т. е. когда давление газа и сила тяжести равны, то скорость ее установившегося движения равна разности скоростей движения газа и витания частицы:

$$v_{\delta} = v_{\bar{a}} - v_{\hat{a}\delta\delta}$$

При противоточно-центробежном разделении, когда $P_u = P$, и центробежном поперечно-поточном разделении, когда на частицу действуют силы P_{ψ} , P и G , диаметр частицы (м) соответственно определяется:

$$d_1 = 3k_{\delta} \tilde{n}_o \rho_{\bar{a}} v_{\delta}^2 R / (4\rho_{\delta} v_{\tau}^2)$$

$$d_2 = 3k_{\delta} \rho_{\bar{a}} l^2 v_{\bar{a}} / \left[4\rho_{\delta} (l\sqrt{g/c_o} + h\sqrt{a_{\delta}/\tilde{n}_i})^2 \right],$$

где v_p и v_{τ} — радиальные и касательные составляющие скорости газа, м/с; l , H — длина и высота перемещения частиц, м; a_{ψ} — центростремительное ускорение, м/с²; R — радиус вращения частиц с газом.

На практике границы разделения материала и скорости движения частиц в соответствующих направлениях рассчитываются в зависимости от конструкции сепараторов, действующих сил и физико-химических свойств материала.

1.3. КИНЕТИКА СМЕШЕНИЯ

Смешение (перемешивание) — это процесс образования однородных систем путем приведения в тесное соприкосновение сыпучих тел, жидкостей или газов. Смешение сыпучих тел, жидких, вязкопластичных и других сред осуществляют механическим, гидравлическим (поточным), пневматическим и другими способами.

Наиболее распространен из них механический способ. Машины, применяемые для перемешивания, называются смесителями.

Механизм действия процесса перемешивания является весьма сложным, зависит от большого количества факторов и главным образом конструкции смесителя и режима его работы. Смешение складывается из следующих механических операций: 1) перемещения групп частиц из одного места в другое, так называемое *конвективное* смешение (I);

2) перераспределения частиц при их перемещении, так называемое *диффузионное* смешение (II);

3) сосредоточения частиц в отдельных местах (III) смесителя, так называемая сегрегация частиц (рис. 1.5).

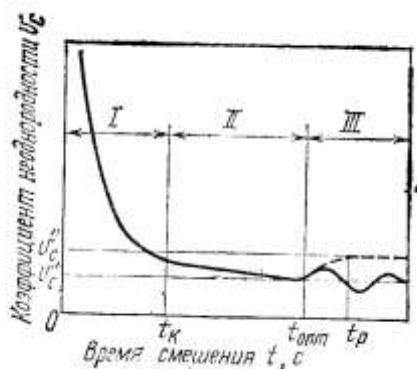


Рис. 1.5. Зависимость коэффициента неоднородности от времени смешения

Идеально в результате смешения должна получиться такая смесь материала, что в любой ее точке (пробе) к каждой частичке одного из компонентов примыкают частицы другого компонента в количествах, определяемых заданным соотношением. Например, если материал состоит из трех компонентов, массы которых относятся как числа $A : B : C$, то в любом достаточно малом объеме, взятом случайно в произвольной точке смесителя, после смешения массы компонентов тоже должны относиться как числа $A_1 : B_1 : C_1$. Однако такое идеальное расположение частиц в смеси в реальных условиях не наблюдается.

Чтобы оценивать качество смешения одной случайной величиной, смесь (материал) условно считают двухкомпонентной. Для этого из смеси выделяют какой-либо один компонент, называемый основным, остальные компоненты объединяют во второй условный компонент. По степени распределения ключевого компонента в смеси, т. е. во втором условном компоненте, судят о качестве смешения.

Разработано довольно много формул для расчета критерия качества смешения. Например, при непрерывном увеличении поверхности раздела между компонентами за счет внедрения (диффузии) процесс смешения представляется в следующем виде:

$$S = S_0(1 - e^{-kt}),$$

где S —текущая величина поверхности раздела; S_0 —максимально возможная поверхность раздела; e —основание натурального логарифма; k —коэффициент пропорциональности; t —время смешения.

Иногда процесс смешения связывается с влиянием размера и плотности частиц отдельных компонентов, т. е. с явлением сегрегации (расслоения). Степень перемешивания без учета расслоения (содержание данного компонента в контрольных пробах в долях от теоретического)

$$M = 1 - e^{-At},$$

где A —постоянный коэффициент, учитывающий свойства материала, тип и режим работы смесительной машины; t —время перемешивания.

Современное производство строительных материалов, потребляющее многокомпонентные сырьевые смеси, предъявляет повышенные требования к процессу смешения, поскольку качество готовых изделий во многом зависит от однородности и качества сырья.

Наибольшее распространение для оценки качества смешения получил коэффициент неоднородности (вариации), %:

$$v_n = \frac{\sigma}{\bar{N}} 100 = \frac{100}{\bar{N}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n-1}}$$

где σ —среднее квадратическое отклонение концентрации ключевого компонента в пробах, %; C —среднеарифметическое значение концентрации ключевого компонента в пробах, %; C_i —значение концентрации ключевого компонента в i -й пробе; n —число анализируемых (отобранных для анализа) проб.

При приготовлении бетонов и растворов качество смешения обычно оценивается по коэффициенту вариации прочности случайных образцов (кубиков). При модернизации или создании нового бетоносмесителя эффективность смешения оценивается сопоставлением кубиковой прочности бетона и коэффициента вариации прочности, получаемых после испытаний машин до и после модернизации.

Под *кинетикой* смешения понимается закономерность протекания процесса во времени. Закономерность изменения концентрации вещества в потоке при смешении описывается уравнением

$$QC_i d_\tau = QCd_\tau + d(V_a C)$$

где Q —расход компонентов, м³/с; C_n , C —концентрация индикатора соответственно на входе в смеситель и на выходе из него, кг/м³; d_τ —время; V —объем рабочего органа смесителя, м³.

Среднее время пребывания частиц в ячейках (зонах) смесителя

$$\bar{\tau} = \frac{\sum_{n=1}^{\infty} gm^{(n)n}}{\sum_{n=1}^{\infty} gm^n} \Delta t = \sum_{n=1}^{\infty} [1 - g_{m+1}(n)] \Delta t$$

где $g_m(n)$ - вероятность нахождения ключевого компонента в m -й ячейке при идеальном его распределении по объему смесителя: n —число переходов; Δt —интервал времени (времени скачка).

Среднее время пребывания частиц в условных ячейках (зонах) смесителя, определяющее качество смешения, зависит от конструкции и режима работы смесителя и технологических свойств перемешиваемых компонентов смеси и определяется экспериментально. В большинстве промышленных смесителей получают смеси с качеством смешения не ниже 20%.

1.4. ОСНОВЫ ДИНАМИКИ ВИБРАЦИОННЫХ МАШИН

Вибрационными являются машины, которые выполняют свои рабочие функции за счет преднамеренно возбужденных механических колебаний рабочих органов.

Динамика вибрационных машин опирается на теорию колебаний линейных и нелинейных систем. В вибрационных машинах используется кинематическое и силовое возбуждение колебаний. При кинематическом возбуждении колебаний

задается закон движения какого-либо элемента машины, а при силовом—к какому-либо элементу машины прикладывается сила, изменяющаяся по определенному закону. Многие типы вибрационных машин (некоторые виброплощадки для уплотнения бетонных смесей, вибро-грохоты и др.) могут быть схематизированы диссипативной системой (т.е. системой, характеризующейся рассеиванием энергии) с одной степенью свободы и центробежным возбуждением колебаний. Такое возбуждение является одной из разновидностей силового возбуждения.

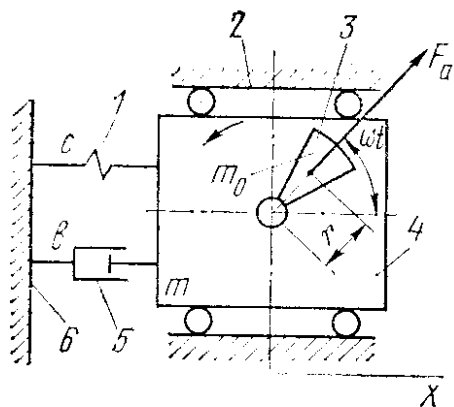


Рис. 1.6. Модель системы с одной степенью свободы и центробежным возбуждением колебаний

На рис.1.6 приведена такая система, состоящая из тела 4 массой m , которое может совершать движение в направлении оси X в идеальных (несоздающих сопротивления) направляющих 2. С неподвижной стойкой 6 тело 4 соединено упругим элементом с коэффициентом жесткости c и демпфером 5 с коэффициентом сопротивления b . На теле 4 расположен дебаланс 3, т.е. разбалансированное тело, центр тяжести которого не совпадает с осью вращения. При вращении такого тела возникает центробежная сила

$$F_a = m_o r \omega,$$

где m_o —масса дебаланса; r —эксцентриситет дебаланса; ω —угловая скорость дебаланса.

Проекция этой силы на ось X представляет собой вынуждающую силу, которая вызывает движение тела 4:

$$F = F_a \cos \omega t, \quad (1.2)$$

где t —текущее время.

Рассеяние энергии на схеме осуществляется демпфером 6. В линейной постановке задачи сила сопротивления движению, развиваемая демпфером 5, принимается линейно-вязкой (здесь и далее дифференцирование по времени будем обозначать точками);

$$B = -b \frac{dx}{dt} = -bx \quad (1.3)$$

Если принять, что источник энергии, обуславливающий вращение дебаланса 3, обладает неограниченным ее запасом, то дифференциальное уравнение движения системы на рис. 1.6 с учетом (1.3) запишется в виде

$$(m + m_o) \ddot{x} + b\dot{x} + cx = F_a \cos \omega t. \quad (1.4)$$

Разделив левую и правую части уравнения (1.4) на $m+m_0$ получим

$\ddot{x} + 2h\dot{x} + \omega_0^2 x = \frac{F_a}{m+m_0} \cos \omega t$ где h —коэффициент затухания; ω_0 —частота собственных колебаний;

$$h = b/[2(m+m_0)]; \omega_0 = \sqrt{c/(m+m_0)} \quad (1.6)$$

Уравнение (1.5) является линейным неоднородным дифференциальным уравнением с постоянными коэффициентами. Установившиеся вынужденные колебания системы описываются частным интегралом уравнения (1.5):

$$x = x_a \cos(\omega t - \varphi), \quad (1.7)$$

где x_a —амплитуда колебаний; φ —сдвиг фаз между вынужденными колебаниями и вынуждающей силой.

Из выражения (1.7) ясно, что вынужденные колебания являются гармоническими. Дважды дифференцируя по времени выражение (1.7), получим значение скорости и ускорения:

$$\dot{x} = -x_a \omega \sin(\omega t - \varphi) = x_a \cos(\omega t - \varphi + \pi/2)$$

$$\ddot{x} = -x_a \cos(\omega t - \varphi) = \dot{x}_a \cos(\omega t - \varphi + \pi), \text{ где } \dot{x}_a = x_a \omega \text{—амплитуда скорости;}$$

$$x_a = \dot{x}_a \omega^{-2} \quad (1) \text{—амплитуда ускорения.}$$

Выражения (1.8) показывают, что скорость опережает по фазе перемещение на угол $\pi/2$, ускорение на угол π .

Подставляя (1.7) и (1.8) в (1.5), находим

$$x_a = F_a / \left[m + m_0 \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4h^2 \omega^2} \right] \quad (1.9)$$

$$\varphi = \arctg \left[2h\omega / (\omega_0^2 - \omega^2) \right] \quad (1.10)$$

Подставив в (1.9) вместо F_a его значение (1.1) и исследовав полученное выражение на экстремум в зависимости от ω , найдем максимальное выражение для амплитуды колебаний:

$$x_{a \max} = \left[\frac{m_0 r \omega^2}{2(m+m_0)h\sqrt{\omega_0^2 - h^2}} \right] \quad (1.11)$$

Этот максимум достигается при резонансной частоте

$$\omega_p = \omega_0 / \sqrt{\omega_0^2 - 2h^2} \geq \omega_0$$

Заметим, что резонанс в диссипативной системе с центробежным возбуждением колебаний наступает не при $\omega = \omega_0$, а на несколько большей частоте $\omega = \omega_p$. Выражение (1.11) показывает,

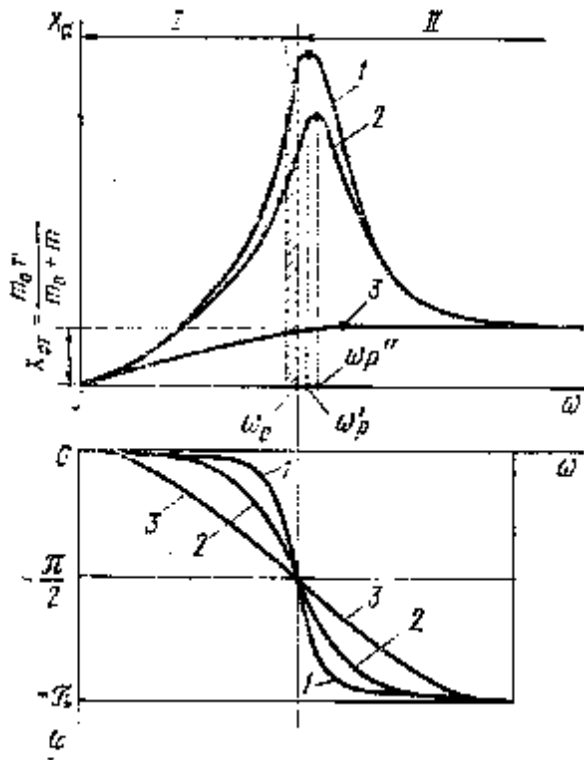


Рис. 1.7. Амплитудно-частотные (а) и фазо-частотные (б) характеристики системы с одной степенью свободы и центробежным возбуждением колебаний:
 1 — при $h' < h''$; 2 — при $h' < h'' < \omega_0 \sqrt{2}$; 3 — при $h'' \geq \omega_0 \sqrt{2}$

резонансных режимов. В реальных вибрационных машинах наиболее широко применяется далеко зарезонансная настройка, когда, $\omega \gg \omega_0$, где $x_a \approx x_{c0}$, где x_{c0} — амплитуда колебаний системы при $\omega_0 = 0$ и $h = 0$, т. е. системы, не обладающей жесткостью c и сопротивлением b (см. рис. 1.6):

$$x_{c0} = m_0 r / (m + m_0) \quad (1.13)$$

Используют и резонансную настройку машин (заштрихованная область на АЧХ). Отметим, что вся она лежит в области дорезонансных режимов. Вызвано это тем, что для привода вибрационных машин обычно используют асинхронные электродвигатели и реже — двигатели постоянного тока, характеристики которых не могут обеспечить стационарных режимов работы машин в близкой к резонансу зарезонансной области.

что $x_{a \max}$ возрастает с убыванием h

а резонанс в системе возможен лишь при $h \leq \omega_0 / \sqrt{2}$. Не представляет труда доказать, что при $h = 0$ колебания системы делаются не стационарными истечением времени t величина $x_{a \max} \rightarrow \infty$.

Выражения (1.9), (1.11) и (1.12) дают возможность построить зависимость $x_{a \max} \rightarrow \infty$, т.е. амплитудно-частотную

характеристику (АЧХ), а выражение (1.10) — зависимость $\varphi(\omega)$ фазочастотную характеристику (ФЧХ), приведенны на рис. 1.7. Область I на АЧХ, в которой $\omega \leq \omega_0$, называют областью дорезонансных режимов,

область II, в которой $\omega \geq \omega_0$, — областью

зарезонансных режимов.

Заштрихованную область дорезонансных режимов $\omega \approx \omega_0$ называют областью

Применение в вибрационных машинах резонансной настройки целесообразно лишь при малых коэффициентах затухания h , когда при $\omega = \omega_0$ коэффициент резонансного усиления колебаний

$$\xi_{\delta} = x_{a \max} / x_{cn} \cong \omega_0 / (2h) \geq 8 \dots 10 \quad (1.14)$$

Рассмотрим ФЧХ на рис. 1.7. В дорезонансных режимах (при $\omega < \omega_0$) $0 < \varphi < \pi/2$, а в зарезонансных режимах (при $\omega > \omega_0$) $\pi/2 < \varphi < \pi$. При $\omega = \omega_0$ значение угла φ при любых значениях h постоянно и $\varphi = \pi/2$. Как уже отмечалось, резонансная настройка машин используется лишь при малых значениях h , в этих случаях $\omega_{\delta} \cong \omega_0$ при $\varphi = \pi/2$ и всегда имеет место $x_{a \max}$. Таким образом, эти обстоятельства открывают возможности автоматизации режима работы резонансных машин с целью поддержания X_{amax} при переменных внешних воздействиях на систему, которые обусловлены изменениями m и b (см. рис. 1.6) в процессе эксплуатации машин, т. е. для поддержания режима работы резонансной машины с $X_{a \max}$ при переменных внешних воздействиях достаточно поддерживать постоянное значение $\varphi = \pi/2$ за счет регулирования, ω — скорости приводного электродвигателя.

При расчете вибрационных машин важен правильный выбор мощности электродвигателей. Поэтому целесообразно получить значение средней мощности N_{cp} , которая необходима для поддержания вынужденных колебаний в системе, изображенной на рис. 1.6.

Работа (энергия), необходимая для поддержания колебаний в системе за время, равное одному периоду колебаний,

$$A = \int_0^T Fx dt, \quad (1.15)$$

где T -период колебания ($\dot{\vartheta} = 2\pi / \omega$)

Подставим в (1.5) значение F из (1.2) с учетом (1.1) и значение x (1.8) Тогда

$$A = -m_0 r \omega^2 x_a \int_0^T \cos \omega t \sin(\omega t - \varphi) dt$$

После интегрирования получим

$$A = \pi m_0 r \omega^2 x_a \sin \varphi \quad (1.16)$$

Чтобы получить значение N_{cp} , достаточно отнести A к периоду T :

$$N_{\bar{n}\delta} = \frac{m_0 r \omega^2 x_a}{2} \sin \varphi \quad (1.17)$$

Подставляя в (1.17) значение x_a из (1.9) и значение $\sin \varphi = 2h\omega / \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4h^2\omega^2}$

получим

$$N_{cp} = \frac{m_0^2 r^2 \omega^6 h}{(m + m_0) [(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4h^2\omega^2]}$$

Учитывая, что $\cos \varphi = (\omega_0^2 - \omega^2) / \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4h^2\omega^2}$

Выражение (1.19) для x_a запишется так

$$x_a = \frac{m_0 r \omega^2 \cos \varphi}{(m + m_0)(\omega_0^2 - \omega^2)} \quad (1.19)$$

Подставляя последнее выражение (1.19) в (1.18), получим

$$N_{cp} = \frac{m_0^2 r^2 \omega^5}{4(m + m_0)(\omega_0^2 - \omega^2)} \sin 2\varphi \quad (1.20)$$

Выражение (1.20) показывает, что в дорезонансном режиме (при $\omega < \omega_0$) максимум мощности рассеивается в системе при $\sin 2\varphi = 1$ (т. е. ($\varphi = 45^\circ$), а в зарезонансном режиме (при $\omega > \omega_0$) при $\sin 2\varphi = -1$ (т. е. $\varphi = 135^\circ$).

Полученные аналитические зависимости с некоторыми изменениями, связанными со спецификой работы отдельных вибрационных машин, могут быть использованы для расчета их основных параметров.

1.5. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВИБРАЦИОННОГО ФОРМОВАНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Формование есть процесс придания заготовкам (в частности, сырьевым смесям) форм, размеров, плотности и прочности, необходимых для последующего изготовления изделий. Различают следующие способы формования: прессование, прокатка, литьевое (шликерное), экструзионное, динамическое и др. Динамическое-формование может быть взрывным, электрогидравлическим, пневмомеханическим, вибрационным и др.

В промышленности сборного железобетона наибольшее распространение получило динамическое вибрационное формование бетонных смесей.

В процессе формования бетонной смеси происходит более плотная укладка частиц, которая сопровождается удалением из смеси воздуха и возрастанием в 1,6...1,65 раза плотности смеси по сравнению с первоначальной, т. е. происходит ее уплотнение.

При любом способе формования уплотнение бетонной смеси происходит за счет внешних воздействий, которые преодолевают первоначально возникшие связи между частицами и заставляют их максимально сблизиться между собой, что приводит к образованию новой более устойчивой и плотной компоновки частиц.

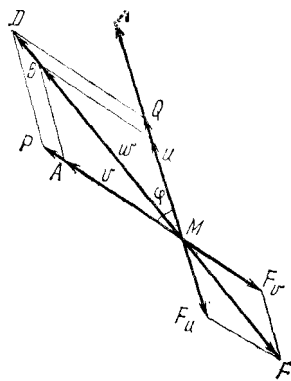
При наиболее распространенном вибрационном формовании связи между частицами свежееуложенной бетонной смеси ослабевают настолько, что пузырьки воздуха всплывают вверх, а частицы бетонной смеси под действием сил тяжести опускаются вниз, способствуя вытеснению воздуха. При вибрационном воздействии резко падает вязкость бетонной смеси и она по своим свойствам приближается к жидкостям. Падение вязкости, т. е. ослабление связей между частицами бетонной смеси, происходит благодаря тому, что вибрация вызывает относительные перемещения частиц и ослабление этих связей происходит тем полнее, чем выше относительные скорости их проскальзывания. Следовательно, чтобы установить основные закономерности вибрационного формования, необходимо выяснить: причину возникновения относительного проскальзывания частиц бетонной смеси при вибрационном воздействии на нее и причину, обуславливающую существенное снижение связей между частицами при возникновении этого проскальзывания.

Процесс вибрационного формования бетонных смесей очень сложен. Поэтому рассмотрим его в схематизированном виде. Для этого представим бетонную смесь в виде различных по размеру частиц крупного заполнителя, соприкасающихся между собой и стенками сосуда, в котором находится бетонная смесь. Пространство между частицами крупного заполнителя занимает цементно-песчаный раствор, включающий в себя пузырьки воздуха. Следовательно, бетонная смесь представляет собой трехфазную среду, состоящую из твердой (частицы крупного заполнителя), жидкой (цементно-песчаный раствор) и газообразной (пузырьки воздуха) фаз.

Приведем емкость, в которой находится бетонная смесь, в гармоническое колебательное движение с частотой ω , или в эту емкость погрузим какое-либо колеблющееся тело. Тогда от внутренних поверхностей сосуда или от поверхности погруженного тела излучающих поверхностей) колебания начнут передаваться соприкасающимся с ними частицами крупного заполнителя и цементно-песчаному раствору. Силы сухого трения между соприкасающимися частицами крупного заполнителя и вязкое сопротивление цементно-песчаного раствора начнут увлекать в колебательное движение частицы бетонной смеси, удаленные от излучающих поверхностей. Однако частицы крупного заполнителя обладают достаточно большой массой и, следовательно, инерционностью и поэтому будут сопротивляться вовлечению в это колебательное движение. При этом частицы крупного заполнителя с большей массой будут иметь меньшие размахи колебаний, а частицы с меньшими массами большие, поскольку последние обладают меньшим отношением массы к поверхности. Сопротивление, возникающее при относительном движении частиц крупного заполнителя и цементно-песчаного раствора, вызовет различные по значению фазовые сдвиги перемещений частиц крупного заполнителя относительно колебаний излучающих поверхностей. Таким образом, между частицами крупного заполнителя возникнут относительные проскальзывания, скорости которых по мере удаления от излучающих поверхностей будут снижаться и на некотором расстоянии от них упадут до нуля.

Расстояние, на которое распространяются колебания, в толще бетонной смеси, зависит от направления колебаний относительно излучающей поверхности. Если колебания перпендикулярны излучающей поверхности, то они передаются бетонной смеси путем сообщения ей импульсов сжатия, или возбуждением в ней периодически изменяющихся нормальных напряжений. Если колебания касательны по направлению к излучающей поверхности, то возбуждение колебаний в бетонной смеси происходит за счет периодически изменяющихся касательных напряжений. При возбуждении колебаний за счет нормальных напряжений они распространяются в бетонной смеси на большую глубину, чем в случае возбуждения колебаний касательными напряжениями.

В первом приближении можно считать, что при постоянной амплитуде перемещения излучающей поверхности силы вязкого сопротивления цементно-песчаного раствора растут пропорционально скорости и, следовательно, с повышением частоты гармонических колебаний они растут пропорционально ω . Инерционные же силы увеличиваются пропорционально ω^2 . Следовательно, при возрастании частоты колебаний абсолютные значения перемещений более мелких частиц крупного заполнителя снизятся, а это в совокупности с упомянутыми фазовыми сдвигами приведет к росту скоростей их проскальзывания относительно окружающей среды. Этим объясняется



целесообразность повышения частоты колебаний при формировании бетонных смесей с мелким заполнителем. Таким образом, в упрощенном виде объясняются причины возникновения относительного проскальзывания частиц бетонной смеси при вибрационном воздействии на нее.

Теперь выясним причины, по которым резко снижаются силы связей между частицами бетонной смеси в условиях их относительного проскальзывания. Прежде всего выясним, почему при относительном проскальзывании частиц бетонной смеси силы их тяжести оказываются достаточными для преодоления сил сухого трения, обусловленных взаимным защемлением частиц крупного заполнителя. Для этого воспользуемся результатами исследований

Рис. 1.8. Параллелограммы векторов сил и скоростей

вибрационного снижения трения, выполненных Г. Ю. Джанелидзе, И. И. Блехманом и VI. И. Быховским, и рассмотрим поведение тела M_1 , которое скользит по поверхности другого тела со скоростью v (рис. 1.8). Это движение может происходить по инерции или под действием некоторой силы P . В последнем случае вектор скорости v совпадает по направлению с вектором силы P . Теперь в положительном направлении оси x приложим к телу M мгновенный импульс силы, вызывающий движение тела со скоростью u , вектор которой с первоначальным вектором скорости v составляет угол φ , и одновременно приложим к телу M силу Q , обеспечивающую постоянство скорости u . Для этого необходимо, чтобы $Q=F_{\tau}$ т. е. модулю видимой силы трения, которую должна преодолевать сила Q . Вектор результирующей скорости та тела определится как $\omega = \sqrt{v^2 + \dot{v}^2 + 2v\dot{v} \cos \varphi}$. Действительная сила трения, приложенная к телу M , действует вдоль вектора скорости ω в направлении, противоположном ему. Силу F можно разложить на две составляющие F_u и F_v , которые направлены соответственно в стороны, противоположные векторам скоростей \dot{v} и v .

Из подобия треугольников следует, что $F_u = uF/\omega$. Подставив в это выражение значение ω , получим

$$F_{\dot{v}} = \frac{\dot{v}}{\sqrt{v^2 + \dot{v}^2 + 2v\dot{v} \cos \varphi}} F \quad (1.21)$$

Но силы трения пропорциональны коэффициентам трения:

$$F = fN; F_{\dot{v}} = f_{\dot{v}} N \quad (1.22)$$

где N —сила нормального давления; f —действительный коэффициент трения скольжения; f_u —видимый (кажущийся) коэффициент трения скольжения.

с учетом (1.22) равенство (1.21) принимает вид

$$f_{\dot{v}} = \frac{\dot{v}}{\sqrt{v^2 + \dot{v}^2 + 2v\dot{v} \cos \varphi}} f \quad (1.23)$$

В частных случаях при $\varphi = \pi/2$ $f_{\dot{v}} = \dot{v}f / \sqrt{v^2 + \dot{v}^2}$, а при ($\varphi = 0$ $f_{\dot{v}} = \dot{v}f / (v + \dot{v})$).

Последние выражения показывают, что при любых значениях угла φ , если $u \ll v$, $f_{\dot{v}} \cong \dot{v}f / v$. Из этого следует, что видимый коэффициент трения, а значит, и видимая сила трения стали пропорциональными скорости u , т. е. сопротивление стало как бы линейно-вязким. Такое явление часто называют *линеаризацией трения*.

Полученный результат говорит о том, что если тело M двигалось равномерно под действием силы P с некоторой скоростью v (согласно закону Кулона, $P \geq Nf$), изменить модуль или направление вектора скорости движущегося тела M может практически любая сколь угодно малая сила Q .

Однако это лишь кажущееся снижение трения, так как в направлении, противоположном от результирующего вектора скорости v » (см. рис. 1.8), действует полная сила трения $F=Nf$. Следовательно, когда при вибрационном воздействии на бетонную смесь начинаются относительные проскальзывания частиц бетонной смеси, то сила их тяжести, подобно малой по значению силе Q , способна заставить эти частицы двигаться вниз. Кроме крупного заполнителя бетонная смесь состоит из цементно-песчаного раствора с включениями пузырьков воздуха. Этот раствор может рассматриваться как некоторая дисперсная среда, которая под действием вибрации подвергается деформациям сдвига. Доказано, что текучесть цементно-песчаного раствора повышается с ростом скорости сдвиговых деформаций. Значит, под действием вибрации падает диссипативное сопротивление деформациям бетонной смеси.

Изложенное позволяет сделать вывод, что одним из доминирующих факторов, влияющих на процесс вибрационного уплотнения бетонной смеси, являются инерционные силы, действующие на ее частицы. Эти силы являются причиной возникновения относительных проскальзываний частиц бетонной смеси и в совокупности с силой тяжести, действующей на частицы, обеспечивают ее уплотнение. Значит, чем выше ускорения колебаний излучающих поверхностей, тем больше инерционные силы, действующие на частицы и тем полнее протекает процесс уплотнения бетонной смеси. Однако установлено, что когда векторы ускорений нормальны к излучающей поверхности и их максимальные значения превосходят 7...8 g, инерционные силы, действующие на частицы, делаются столь большими, что преодолевают силы адгезионного сцепления между бетонной смесью и излучающей поверхностью в те интервалы времени, когда они направлены от нее. При этом возникает разрыв между бетонной смесью и излучающей поверхностью, который приводит к подосу воздуха, т. е. к разуплотнению бетонной смеси.

При касательных колебаниях излучающей поверхности по отношению к бетонной смеси возможность таких разрывов исключается, что дает возможность несколько интенсифицировать процесс уплотнения путем повышения размахов ускорения излучающей поверхности.

Эффективность уплотнения бетонной смеси в большой мере зависит от расположения по отношению к ней излучающей поверхности. Если излучающая поверхность представляет собой плоскость и располагается сверху на бетонной смеси, такое уплотнение называют *поверхностным*. Если излучающая поверхность (обычно цилиндрическая) располагается внутри массива бетонной смеси, уплотнение называют *глубинным*.

Если конфигурация излучающих поверхностей повторяет конфигурацию изделия, т. е. представляет собой форму, и бетонная смесь располагается над нижней излучающей поверхностью (обычно плоскостью, называемую поддоном), а вся форма в целом совершает какое-либо колебательное движение, которое распространяется во всем объеме находящейся в ней бетонной смеси, уплотнение называют *объемным*. Оно обеспечивает высокую степень уплотнения бетонной смеси и получило наибольшее распространение в производстве сборного железобетона. По этой причине рассмотрим некоторые специфические особенности объемного уплотнения.

При колебаниях формы отрыв смеси от ее излучающих поверхностей, перпендикулярных направлению колебаний, и связанные с этим подсос воздуха и разуплотнение смеси начнутся при указанных выше значениях ускорений (7..8g). Если форма совершает гармонические колебания с заданной частотой ω , то максимальное значение ее амплитуды колебаний $x_{a\max} = 7g / \omega^2$.

При объемном уплотнении применяют горизонтально и вертикально направленные колебания формы. При горизонтально направленных колебаниях формы уплотнение бетонной смеси осуществляется в основном за счет касательных колебаний поддона. Нормальное воздействие на бетонную смесь в этом случае происходит лишь от торцовых бортов формы, площадь которых мала.

Поэтому, как уже отмечалось, при горизонтально направленных колебаниях может быть достигнута некоторая интенсификация уплотнения бетонной смеси в случае формования тонкостенных изделий за счет повышения ускорений формы. Эффективными путями повышения ускорений является применение бигармонических и ударно-вибрационных колебаний формы с бетонной смесью. Однако при любой форме горизонтально направленных колебаний они должны быть обязательно симметричными, т. е. ускорения при движении формы и в одну, и в другую стороны должны быть одинаковыми. Если симметрия колебаний будет нарушена, то проявится транспортный эффект и бетонная смесь начнет перемещаться в сторону меньших ускорений, что недопустимо, так как приведет к расслоению бетонной смеси и разностенности изделий. При вертикально направленных колебаниях формы отрыв смеси от поддона возможен лишь в той части периода ее движения, когда инерционные силы, приложенные к частицам бетонной смеси, действуют вверх. При действии же инерционных сил на частицы вниз смесь прижимается к поддону формы. Это обстоятельство открывает перспективы интенсификации процесса уплотнения бетонной смеси за счет использования асимметричных вертикально направленных колебаний формы. При таких колебаниях ускорения, отрывающие смесь от поддона формы, делаются меньшими 7g, а прижимающие доводятся до 20g. При этом исключается возможность отрыва бетонной смеси от поддона, а большие инерционные силы, прижимающие смесь к поддону, и сами по себе способствуют улучшению процесса уплотнения и резко повышают скорости относительного проскальзывания частиц бетонной смеси, что в свою очередь также интенсифицирует процесс уплотнения.

Такие асимметричные колебания могут быть получены при бигармоническом законе движения формы с определенными частотными, фазовыми и амплитудными соотношениями первой и второй гармоник и в ударно-вибрационных уплотняющих машинах.

Излучающие поверхности рабочих органов ударно-вибрационных машин совершают сложные по форме колебания, которые могут быть представлены в виде суммы гармоник, первая из которых ω_1 (частота основного тона) равна частоте ударов, вторая $\omega_2 = 2\omega_1$, третья $\omega_3 = 3\omega_1$, и т. д., т. е. в таких случаях говорят, что спектральный состав колебаний обогащен высшими гармониками, из которых первые 4...5 обычно достаточно значимы. В последние годы благодаря своей конструктивной простоте и высокой уплотняющей способности все большее распространение получают ударно-вибрационные уплотняющие машины.

При расчетах вибрационных уплотняющих машин обязательно возникает необходимость учета влияния бетонной смеси на динамику машины. Приведенное выше описание закономерностей вибрационного уплотнения бетонной смеси говорит о том, что для решения этой задачи необходимо рассматривать уплотняющую машину и бетонную смесь как единую динамическую систему. Но бетонная смесь представляет собой сложную вязкопластическую среду, которая при наличии воздуха (особенно в начальный период уплотнения) обладает и некоторыми упругими свойствами.

Все это крайне затрудняет решение единой динамической системы «уплотняющая машина — бетонная смесь». Поэтому при практических расчетах уплотняющих машин принято учитывать влияние бетонной смеси на их динамику введением коэффициента присоединения бетонной смеси.

При загрузке формы, находящейся на работающей формующей машине с резонансной настройкой, бетонной смесью происходит снижение амплитуд вибросмещений из-за увеличения колеблющейся массы. Такое же по величине снижение амплитуд вибросмещений может быть достигнуто путем жесткого присоединения к пустой форме сосредоточенных грузов. Отношение массы этих грузов ко всей массе бетонной смеси, загружаемой в форму, называют *коэффициентом присоединения бетонной смеси* k_I . Экспериментально установлено, что в зависимости от плотности армирования и состава бетонной смеси $k_I = 0,15 \dots 0,4$. Состав смеси оказывает значительно меньшее влияние на k_I , чем плотность армирования. Поэтому обычно для малоармированных изделий принимают $k_I = 0,2 \dots 0,25$, для среднеармированных — $k_I = 0,25 \dots 0,3$ и для густоармированных — $k_I = 0,3 \dots 0,4$.

Коэффициент k_I не учитывает диссипацию энергии, необходимую для уплотнения бетонной смеси. Поэтому при таком учете влияния массы бетонной смеси на динамику виброплощадок, работающих в зарезонансном режиме, их рассматривают в упрощенном виде как диссипативную систему с одной степенью свободы (см. рис. 1.6). При этом диссипация энергии, связанная с уплотнением бетонной смеси, моделируется сопротивлением b , а угол сдвига фаз φ между вынуждающей силой и перемещением при расчете амплитуды колебаний формирующих машин (1.19) и мощности, необходимой для поддержания колебаний (1.20), принимается согласно экспериментальным данным, равным $145 \dots 160^\circ$.

1.6. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ

При центрифугировании воздействие на тело или обрабатываемую среду осуществляется центробежными силами. Машины, в которых осуществляется такое воздействие, называются центрифугами. Центрифуги предназначаются для разделения смесей на составные; части, осаждение частиц взвешенных в жидкости, уплотнения различных сред и других целей.

Рабочий орган центрифуг может вращаться относительно вертикальной или горизонтальной оси. При вращении относительно вертикальной оси на обрабатываемое тело или среду действует центробежная сила, вектор которой вращается в горизонтальной плоскости, а вектор силы тяжести перпендикулярен ей. При этом результирующая сила, действующая на обрабатываемое тело или частицы материала,

$$P = m\sqrt{R^2\omega^4 + g^2} \quad (1.24)$$

где m —масса тела или частицы материала; R —радиус, на котором находится центр тяжести тела или частицы от оси вращения.

При вращении рабочего органа относительно горизонтальной оси результирующая сила, действующая на обрабатываемое тело или частицу материала (рис. 1.9),

$$P = \sqrt{(mR\omega^2)^2 + (mg)^2 - 2m^2\omega^2gR\cos\omega t} \quad (1.25)$$

При ($\omega t = 0$, когда частица или тело находятся в точке A , $\cos\omega t = 1$)
Тогда

$$P_A = mR\omega^2 + mg$$

при ($\omega t = 180^\circ$, когда частица находится в точке B , $\cos\omega t = -1$,

$$P_B = mR\omega^2 + mg$$

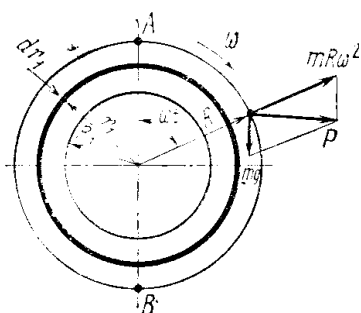


Рис. 1.9. Схема действующих сил при центробежном формовании

Следовательно, при горизонтальном расположении оси вращения рабочего органа в точке *A* (см. рис. 1.9) давление ниже, чем в точке *B*. При цилиндрическом рабочем органе и обработке текучих сред это заставляет их при работе центрифуги равномерно распределяться по внутренней поверхности рабочего органа.

В производстве сборного железобетона применяют центрифуги с горизонтальной осью вращения и цилиндрическим рабочим органом для формования трубчатых изделий. В этом случае (см. рис. 1.9)

результатирующая центробежная сила, действующая на элементарное кольцо бетонной смеси радиусом r_1 , толщиной стенки dr_1 и длиной l , будет

$$dD_{\circ} = 2\pi\rho\omega^2 r_1^2 dr_1$$

где ρ — плотность бетонной смеси ($\rho = 600 \dots 2400$ кг/м³).

Интегрируя последнее выражение от R_1 до R , получим

$$D_{\circ} = 2\pi\rho\omega^2 \int_{R_1}^R r_1 dr_1 = \frac{2\pi\omega^2 \rho (R^3 - R_1^3)}{3}$$

где R — наружный радиус трубы; R_1 — внутренний радиус трубы.

Чтобы определить давление на наружной поверхности трубы, левую и правую части выражения делят на наружную площадь трубы

$$P_o = P / (2\pi R l) = \rho\omega^2 (R^3 - R_1^3) / (3R) \quad (1.26)$$

Как видно, последнее выражение даст связь между давлением на поверхности трубы с ее параметрами и скоростью вращения центрифуги. Таким образом, можно выбрать основные параметры центрифуг для формования трубчатых железобетонных изделий. Кроме того, из выражения (1.26) видно, что центробежное формование по своей сути является одной из разновидностей формования прессованием, в котором прессующим усилием является центробежная сила.

1.7. ОСНОВЫ РОЛИКОВОГО ФОРМОВАНИЯ

Процесс роликового формования состоит в укатке рыхлой бетонной смеси роликами. Таким способом формируют плоские и трубчатые бетонные и железобетонные изделия. Он существенно отличается от вибрационного способа и относится к одной из разновидностей формования путем прессования. При таком формовании уплотнение бетонной смеси происходит под действием нормальных контактных давлений ролика на смесь, которые принято называть прессующим давлением.

Прессующее давление прикладывается к бетонной смеси с определенной скоростью и возрастает от нуля до максимума, а затем снижается. При этом происходит нарушение сравнительно слабых связей между частицами бетонной смеси, которые под действием прессующего давления преодолевают сопротивление сдвигу и перемещаются в более устойчивые положения, вытесняя при этом пузырьки воздуха. После снятия прессующего давления (после прохода ролика) происходит разгрузка бетонной смеси и часть ее первоначальной деформации упруго восстанавливается (рис.1.10). Последующие воздействия прессующих роликов в условиях непрерывного поступления под них бетонной смеси приводят к новым перемещениям ее частиц и дальнейшему вытеснению воздуха. По мере увеличения числа воздействий роликов уплотнение смеси происходит не только вследствие повторения нагрузки, но и вследствие увеличения прессующего давления роликов на смесь. Постепенно смесь уплотняется, что выражается в накоплении необратимых деформаций бетонной смеси, величина которых за каждое новое воздействие постепенно уменьшается и после 40 ... 80 проходов ролика становится несущественной. Это свидетельствует о том, что бетонная смесь уплотнена.

При формировании плоских изделий ось прессующего ролика (одного или нескольких) совершает возвратно-поступательное движение. На схеме рис. 1.10 показан момент, когда ролик и форма движутся относительно друг друга слева направо. При формировании полых цилиндрических изделий прессующие ролики устанавливаются на специальной головке, которую называют прессующей. На ней устанавливают три или большее число роликов так, что их внешние образующие совпадают с образующей внутренней цилиндрической поверхности трубчатого изделия. Прессующая головка с роликами вращается в одном направлении.

Главным фактором, определяющим степень уплотнения бетонной смеси при роликовом формировании, является прессующее давление ролика на смесь. Упрощенная схема сил, действующих на ролик в процессе формирования, приведена на рис. 11.10. Прессующее давление

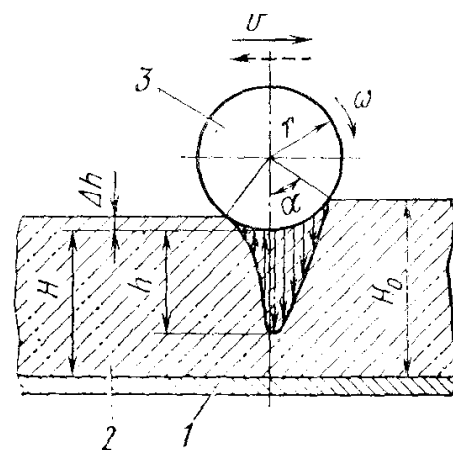


Рис. 1.10. Схема роликового формирования:
1-форма; 2-бетонная смесь;
3-ролик

$$p = \frac{E}{4} \sin \alpha$$

где E — модуль первого рода бетонной смеси; α —угол захвата бетонной смеси роликом. Для особо жестких бетонных смесей $\alpha=30^\circ$.

Соответственно давление ролика на смесь

$$P = \rho l_p r \sin \alpha$$

где l_p —длина прессующего ролика; r —радиус ролика.

Процесс роликового формования достаточно сложен. Выражение для ρ дает значение давления непосредственно под роликом. По мере удаления от поверхности ролика давление в бетонной смеси падает и на некоторой глубине h_o достигает своего начального значения p_o , т. е. давления, которое было в бетонной смеси до воздействия на него роликом. Поскольку плотность бетонной смеси есть функция p на глубине h_o , уплотнения не происходит. Значения p и h_o растут с увеличением радиуса ролика r . Зависимость прессующего давления и, следовательно, плотности смеси при роликовом формовании от свойств смеси, геометрии изделия и параметров формующей установки очень сложна. Поэтому при практических расчетах установок чаще всего используют эмпирические зависимости.

1.8. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРЕССОВАНИЯ

Производство некоторых строительных материалов и изделий (кирпича, камней, плит, панелей и т. д.) связано с применением процесса прессования.

Прессование — это формование изделий путем приложения давления к сырьевой смеси, находящейся в полости формующего инструмента. Различают статическое, изостатическое, экструзионное (мундштучное) и динамическое прессование. Машины, применяемые для прессования, называются прессами.

Статическое прессование (одностороннее, двустороннее, одноступенчатое, многоступенчатое, с жесткой и плавающей прессформой и т. д.) осуществляется в закрытых пресс-формах и характеризуется перемещением частиц материала главным образом в направлении приложения давления (рис. 1.11,а). При этом процессе не происходит поперечного макроремещения частиц в форме.

Необратимое изменение объема сжимаемого материала при прессовании возможно только при получении деформации, превышающей упругую. Остаточная деформация возникает в материале при определенной величине приложенной к нему нагрузки, которую принято называть предельной. В течение всего времени (цикла) прессования в любой фиксированный момент времени увеличение нагрузки вызывает прирост пластической деформации и изменение плотности материала.

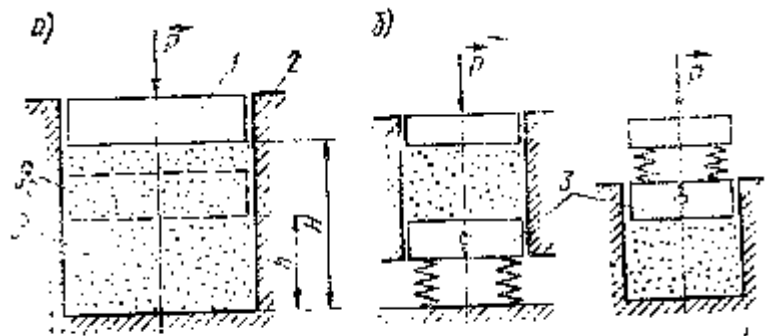


Рис. 1.11. Схема статического (а) и вибрационного (б) прессования:
 1 — пуансон (штамп); 2 — пресс-форма; 3 — вибровозбудитель

Кинетика процесса уплотнения материала при прессовании определяется условиями пластической деформации сжимаемого пористого тела, механические свойства которого зависят от физико-механических и технологических свойств сырьевой смеси.

Кривые теоретического прессования (сжатия) отражают современное представление теории прессования дисперсных (сыпучих, порошкообразных) материалов и позволяют выявить физическую сторону процесса (рис. 1.12). В качестве показателя прессуемости принимается изменение плотности, прочности и упругости материала (прессовки) в зависимости от давления прессования (рис. 1.12,а), либо изменение усилия прессования от деформации материала (рис. 1.12,б).

В зоне А (рис. 1.12,б), соответствующей началу прессования, происходит более быстрое уменьшение объема материала за счет свободного перемещения и сдвига частиц. При этом из материала удаляется большая часть воздуха и на уплотнение затрачивается

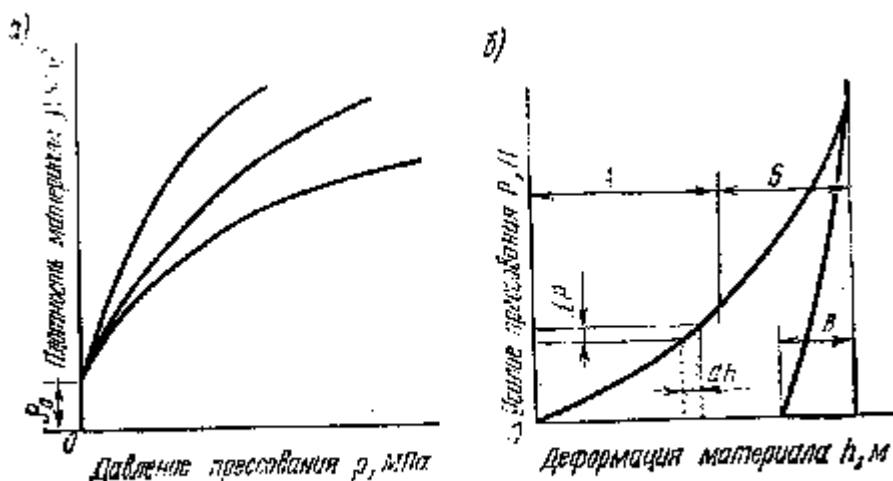


Рис. 1.12. Кривые статического прессования:
 а — $\rho = f(p)$; б — $P = f(h)$

немного энергии. В зоне *B* уплотнение возможно лишь при деформации частиц материала, требующей расхода большого количества энергии. В конце процесса прессования при наибольшем давлении происходит переход упругой деформации с пластическую. вследствие чего структура изделия упрочняется и сохраняется заданная форма. На применяемых в промышленности прессах нельзя осуществить так называемое квазистатическое прессование (зоны *A* и *B*), так как требуется относительно медленное приложение нагрузки. В большинстве случаев скорость прессующего органа слишком велика, поэтому в результате несоответствия скорости деформации и релаксации напряжений в материале на диаграмме прессования наблюдается участок *B*, соответствующий расширению изделия после снятия нагрузки.

Для описания процесса прессования разработано достаточно много уравнений. Например, уравнение М. Ю. Бальшина

$$m \lg \rho = -\lg p + \lg p_{\max}$$

где m — константа, характеризующая материал и условия прессования, определяется опытным путем; ρ — плотность материала;

p — давление прессования; p_{\max} — давление, соответствующее максимальному уплотнению материала, т. е. получению изделия необходимой плотности.

Уравнение, характеризующее изменение давления по толщине прессуемого изделия:

$$p_i = p_0 e^{-k \frac{H}{R}}$$

где p_n, p_o — давления на расстоянии H и u от прессующего пуансона; e — основание натуральных логарифмов; k — эмпирический коэффициент, определяемый опытным путем; R — гидравлический радиус сечения прессуемого изделия; H — высота заполнения пресс-формы.

Коэффициент уплотнения K_{yml} характеризует изменение объема материала при прессовании:

$$K_{yml} = V_c / V_i = \rho_e / \rho_i \text{ или } K'_{\text{о\ddot{u}e}} = 1 - \rho_e / \rho_i$$

где V_c, V_u — соответственно объемы сырьевой смеси и изделия;

ρ_w, ρ_n — соответственно плотность изделия и насыпная плотность смеси. Усилие прессования (H)

$$P = pS = pS_{i.\delta} z K_\zeta$$

где p — удельное давление прессования, Па; S — суммарная площадь прессования, м²; z — количество пресс-форм; $S_{n.\phi}$ — площадь одной пресс-формы, м²; K_ζ — коэффициент запаса, $K_\zeta = 1, 2$.

Работа прессования

$$A = \int_0^{H-h} Pdh = \int_0^{H-h} pSdh$$

Изостатическое прессование производится в эластичной оболочке под действием всестороннего сжатия, создаваемого жидкостью или газом (гидростатическое и газостатическое прессование).

Экструзионное (мундштучное) прессование (формование) заключается в продавливании сырьевой смеси через отверстие в матрице (мундштуке). При этом рассматриваются закономерности течения материалов в рабочих органах машин с учетом их профиля и реологических характеристик. Параметрами течения являются; касательное напряжение τ , возникающее между двумя слоями при бесконечно малом расстоянии между ними dy и разности в скоростях их движения du ; градиент скорости $y=du/dy$ и коэффициент пропорциональности η . Графическая зависимость между двумя из этих параметров называется *кривой течения системы* или *реграммой*. Для описания кривых течения твердообразных систем, обладающих пределом текучести, часто пользуются формулой Шведова— Бингама:

$$\tau = \tau'_{кл} + \eta^* y$$

где $\tau'_{кл}$ —условный статический предел текучести; η^* —наибольшая пластическая вязкость.

Вязкое течение является необратимой деформацией, вследствие которой непрерывно происходит перемещение частиц материала в течение всего времени действия приложенного напряжения. После снятия последнего частицы материала не возвращаются в исходное положение.

Для изучения реологических характеристик материалов применяются специальные абсолютные, относительные и условные приборы (вискозиметры, сдвигомеры и т. д.). В результате экспериментов получают соответственно абсолютные, относительные и условные реологические характеристики, которые можно использовать для оценки качественных показателей сырьевых масс, изучения влияния технологических и других факторов на рабочий процесс, а также для расчета оптимальных режимов обработки и машин в целом.

При вибрационном (динамическом) прессовании (см. рис. 1.11,б) используется эффект благоприятного воздействия вибрации на процесс уплотнения, что связано с разрушением начальных межчастичных связей и улучшением взаимоподвижности частиц (см, § 1.5). Длительность вибрирования обычно составляет 3 ... 30 с. При правильном выборе частоты, ускорения и амплитуды вибрирования плотность и прочность изделий получаются выше, чем, например, при статическом прессовании.

При вибрационном прессовании обеспечиваются большая однородность распределения плотности в объеме изделия и снижение давления прессования (0,5... 5 МПа). Кроме того, упрощается конструкция машины, повышается производительность и снижаются металлоемкость и энергоемкость.

Разработано несколько схем вибрационного прессования (см.рис. 1,11,6). Так, вибрация может передаваться уплотняемому материалу через неподвижный или подвижный пуансон (штампы), пресс-форму (матрицу) или путем их комбинаций. В качестве источников колебаний применяют центробежные, электромагнитные, электродинамические, пневматические, гидравлические и другие вибровозбудители.

1.9. ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ, ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА И ЭВМ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМА РАБОТЫ МАШИН

Под *режимом работы машин* для обработки строительных материалов понимается такая их работа, которая характеризуется определенными выходными значениями производительности, качества обработки и потребляемой мощности при определенных значениях входных конструктивно-технологических параметров (размеров рабочих органов, скоростей перемещения, действующих усилий, физико-механических и технологических свойств сырьевых материалов и др.). За оптимальный режим принимают такой режим работы машины, отклонение от которого в пределах допустимых границ не приводит к существенному изменению оптимальных значений выходных параметров, принятых за критерий оптимизации.

При определении оптимальных значений конструктивно-технологических параметров машин и оптимизации режима их работы широко применяются методы моделирования, теории вероятности и математической статистики, планирования эксперимента и ЭВМ.

В теоретическом смысле моделирование означает осуществление каким-либо способом отображения или воспроизведения действительности для изучения имеющихся в ней объективных закономерностей. Обобщенно под моделированием понимается метод опосредственного познания, при котором изучаемый объект (оригинал) находится в некотором соответствии с другим объектом (моделью), причем объект-модель способен замещать оригинал на некоторых стадиях познавательного процесса,

Моделирование применяют в основном для решения задач обучения и исследования, направленных на разработку или расширение теории и на отыскание ответов на практические вопросы. В обучение входят задачи применения моделей и моделирования для уяснения физических законов, рассмотрения действия новых разработок и установок.

К исследовательским задачам относятся: 1. Прямые задачи анализа, при решении которых исследуемая система задается параметрами своих элементов и параметрами исходного режима, структурой или уравнениями.

2. Обратные задачи анализа, которые по известной реакции системы требуют найти силы (возмущения), заставившие рассматриваемую систему прийти к данному состоянию и вызвавшие данную реакцию. 3. Задачи синтеза, называемые иногда инверсными задачами, требующие нахождения таких параметров, при которых процессы в системе будут иметь желательный по каким-либо соображениям характер. Процессы могут быть описаны дифференциальными уравнениями или охарактеризованы некоторыми выходными данными. 4. Индуктивные задачи заключаются в проверке гипотез, уточнении уравнений, описывающих процессы, происходящие в системе. К ним относят задачи по апробации программ (алгоритмов) для расчетов на ЭВМ. Способы подобия и моделирования условно разделяются на три группы: способ полного моделирования и подобия; способ не полного моделирования и подобия, способ приближенного моделирования. Полное подобие и моделирование математически характеризуется следующим соотношением параметров модели x и оригинала y :

$$x_i = m_i y_i$$

где m_i — масштабный коэффициент, который обычно является постоянной величиной, зависящей от режима, времени или координат пространства; y_i — параметры системы или ее режима;

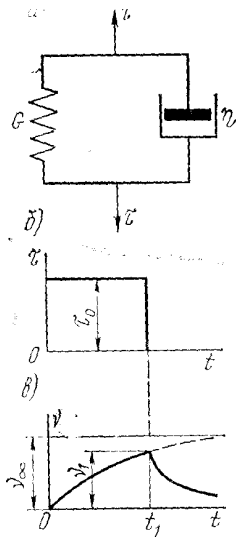
$$y_i = f(y_1, y_2, \dots, y_{k-i}, l_x, l_y, l_z, t)$$

где l_x, l_y, l_z — геометрические размеры; t — время.

В промышленности строительных материалов под моделированием чаще всего понимают экспериментальный метод, связанный с проведением опытов на физических (материальных) моделях и распространением результатов на оригинал. Часто при проведении промышленных (заводских) опытов моделью (объектом) исследования служит сама промышленная машина (агрегат, установка, комплекс), что облегчает задачу масштабного перехода от модели к оригиналу. Однако в этом случае возможности варьирования параметров процесса ограничены, и моделирование из «активного» становится «пассивным», основываясь лишь на наблюдении и фиксировании значений изучаемых факторов.

Подобие двух объектов или явлений (натурного и модели) заключается в том, что их соответствующие определяющие параметры отличаются только масштабом, который называется либо *коэффициентом подобия*, либо *множителем преобразования* соответствующего параметра.

Безразмерный комплекс, который должен быть одинаковой величины для модели и натурального объекта, называется *критерием подобия* или *инвариантом* (неизменности) *подобия*.



ис. 1.13. Модель Кельвина — Фойгта (с) и диаграммы б— (τ-t) и в-(γ-t)

Критерии подобия определяются в основном двумя способами: с помощью приведения уравнений физического процесса к безразмерному виду, т. е. когда имеется уравнение исследуемого процесса и с применением π-теорем, т. е. когда известны только параметры, участвующие в процессе.

Разработано большое разнообразие критериев подобия, которые используются частично при описании рабочих процессов обработки строительных материалов в машинах.

Основной критерий подобия механического движения — критерий гомохронности. Но, показывающий, как связаны скорость v , длина l и масштаб времени подобно

перемещающихся тел $H_0 = vt = \omega t$ где ω — угловая скорость

Критерий Ньютона $N = Ft^2/(ml)$, где F — сила, вызывающая движение материальной t — время; m — масса

материальной точки;

Критерий Рейнольдса Re характеризует режим движения жидкости и является мерой отношения сил инерции и сил

вязкости в потоке. Критерий Фруда $Fr = v^2/(gt)$ где g — ускорение силы тяжести.

Критерий Fr применяется при расчетах смесителей, циклонов, центрифуг и других машин. Моделирование по аналогии обычно проще и дешевле физического и осуществляется на электронных вычислительных машинах. При этом необходимым условием является выбор и математическое описание модели, соответствующие изучаемому процессу или объекту. Например, вязкоупругое тело Кельвина — Фойгта представляется механической моделью, получаемой при параллельном соединении упругого элемента Гука с модулем упругости G и вязкого элемента Ньютона с вязкостью η (рис. 1.13). Под действием растягивающего усилия пружина удлиняется, а поршень будет двигаться в жидкости. Когда нагрузка снимается, пружина сжимается до первоначальной длины, но не сразу, а по истечении определенного времени вследствие вязкого сопротивления жидкости.

Реологическое уравнение вязкоупругого тела Кельвина — Фойгта имеет вид $\tau = G\gamma + \eta\dot{\gamma}$ где G — модуль упругости при сдвиге Па; γ — угловая деформация; η — вязкость (ньютоновская),

Па·с; $\dot{\gamma}$ — скорость сдвига, с⁻¹.

Математическое моделирование осуществляется на ЭВМ и позволяет получить результаты решения систем дифференциальных уравнений в форме таблиц или графиков.

Рабочие процессы машин для обработки строительных материалов в большинстве случаев являются случайными вероятностями, хотя и характеризуются вполне определенными закономерностями.

Поэтому знание основ теории вероятности и математической статистики и умение применить их на практике позволяет решать многие научные и производственные задачи.

Большое распространение и значение при постановке и проведении исследований, направленных на изучение процессов обработки сырьевых строительных материалов в машинах, имеет планирование эксперимента. В планировании эксперимента широко используются математические методы. При этом статистические методы используются на всех этапах исследования: при формализации априорных сведений перед постановкой опытов; при выборе факторов влияющих на свойства. и самих свойств, подлежащих изучению при постановке эксперимента и обработке его результатов; при принятии решений, т. е. на промежуточных этапах, и на окончательной стадии.

Способы планирования экспериментов разнообразны. Эффективно их применение при решении так называемых экстремальных задач. В этих задачах предполагается, что параметр оптимизации связан с факторами, влияющими на изменение изучаемого процесса, определенным математическим выражением.

Задача экстремального эксперимента заключается в том, чтобы при минимальном количестве опытов, варьируя по определенному плану значениями независимых переменных, найти область оптимума и описать ее математической моделью. Весь процесс влияния факторов на исследуемый объект представляется в виде «черного ящика»

В основе теории планирования эксперимента лежат методы регрессионного и дисперсионного анализ.

Связь между параметром оптимизации y и независимыми переменными x представляется в виде уравнения регрессии:

$$y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{i\gamma} x_i x_\gamma + \sum b_{ii} x_i^2 + \dots$$

Параметр y называют часто *поверхностью* или *функцией отклика*, которая записывается в виде отрезка степенного ряда.

Получающиеся в результате исследований уравнения регрессии служат математическими моделями. По значению коэффициентов этих уравнений, как правило, можно судить о степени влияния соответствующих факторов и их взаимодействий на параметр оптимизации.

2.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ДРОБИЛОК

Для дробления горных пород (гранитов, базальтов, габбро, доломитов, известняков, песчаников и т. п.) в нерудной промышленности строительных материалов применяются следующие типы дробилок: щековые, конусные, ударного действия и реже валковые и другие дробилки.

Современные конструкции дробилок, применяемые при производстве нерудных строительных материалов, имеют следующие степени дробления: щековые и конусные крупного дробления $i=3 \dots 5$; щековые среднего дробления со сложным движением

щеки $i=4 \dots 8$; конусные среднего дробления $i=3 \dots 6$; конусные мелкого дробления при работе в открытом цикле $i=4 \dots 6$; конусные мелкого дробления при работе в замкнутом цикле с грохотом ($i=5 \dots 8$; дробилки ударного действия $i=10 \dots 30(40)$).

Для правильного выбора типа дробилок для дробления горных пород определенных физико-механических свойств необходимо знать технические характеристики, конструкцию и область рационального их применения.

2.2. ЩЕКОВЫЕ ДРОБИЛКИ

В промышленности строительных материалов щековые дробилки используются в основном для крупного и среднего дробления твердых материалов с пределом прочности при сжатии $\sigma_{\text{сж}} \leq 350$ МПа. Основными параметрами, характеризующими типом размер щековой дробилки, являются ширина и длина приемного (загрузочного) отверстия $B \times L$ (мм). Величина B определяет максимально возможную крупность D_{max} загружаемого материала, т. е. $D_{\text{max}} = 0,855B$. Величина L определяет количество одновременно загружаемого материала крупностью D_{max} . В зависимости от параметра $B \times L$ (мм) щековые дробилки имеют следующий размерный ряд: 160X250, 250X400, 250X900, 400X600, 400X900, 600X900, 900x1200; 1200x1500 и 1500X2100. Важными параметрами щековых дробилок также являются: угол захвата α (угол между дробящими щеками); размер выходной (разгрузочной) щели b , определяющий крупность готового продукта; ход подвижной щеки S ; число качаний подвижной щеки n

и высота камеры дробления H , определяющие их основные технико-экономические показатели. В зависимости от конструктивных особенностей (характера движения подвижной щеки) щековые дробилки разделяются на две основные группы: с простым и со сложным движением подвижной щеки (рис. 2.1). В дробилках с простым движением (рис. 2.1,а) подвижная щека 5 подвешена с помощью оси 4- неподвижной опоре и при работе траектории перемещения ее точек представляют собой дуги окружности. В дробилках со сложным движением (рис. 2.1,б) подвижная щека 15(5) закреплена на эксцентриковом приводном валу 8 и при работе траектории движения ее точек представляют собой геометрические фигуры — эллипсы.

Величина хода верхней части подвижной щеки в горизонтальном направлении у дробилок с простым движением в три раза меньше, чем у дробилок со сложным движением, что указывает на их различие в эффективности и производительности. Вертикальные составляющие хода в верхней и нижней зонах у дробилок со сложным движением больше в 10 ... 15 раз, чем у дробилок с простым движением, что приводит к повышенному износу рабочих органов и ограничению их применения при дроблении абразивных и высокопрочных твердых материалов.

Дробление материала в щековых дробилках производится за счет раздавливания и истирания следующим образом. В камеру дробления, образованную неподвижной, подвижной щеками и боковыми стенками станины, подается исходный материал. Благодаря клинообразной форме камеры дробления материал располагается в камере в зависимости от его крупности: более крупный — вверху, менее крупный — внизу. При приближении подвижной щеки к неподвижной (ход сжатия) материал разрушается, а при удалении (холостой ход) — под действием силы тяжести продвигается вниз и разгружается через выходную щель, затем цикл повторяется. В конструктивном оформлении щековые дробилки имеют много общего и в то же время отличаются большим разнообразием механизмов и сборочных единиц.

Исходными данными для расчета щековых дробилок являются: максимальная крупность исходного материала и готового продукта, прочность, абразивность, модуль упругости и плотность материала и производительность.

Угол захвата α , т. е. угол между неподвижной и подвижной щеками, должен быть таким, чтобы материал, находящийся в камере дробления, при сжатии разрушался, а не выталкивался вверх. При работе дробилки вследствие движения подвижной щеки угол захвата изменяется от α_{\max} до α_{\min} . Однако это изменение незначительно и им при расчетах пренебрегают.

На материал, зажатый между щеками, действуют сила тяжести материала G , усилие нажатия подвижной щеки P , реакция

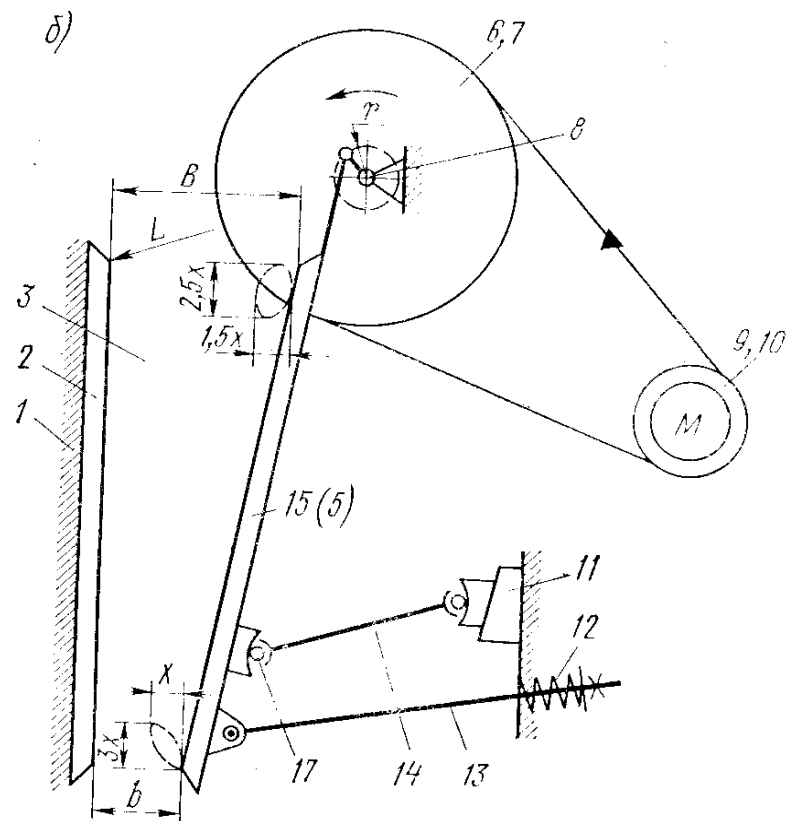
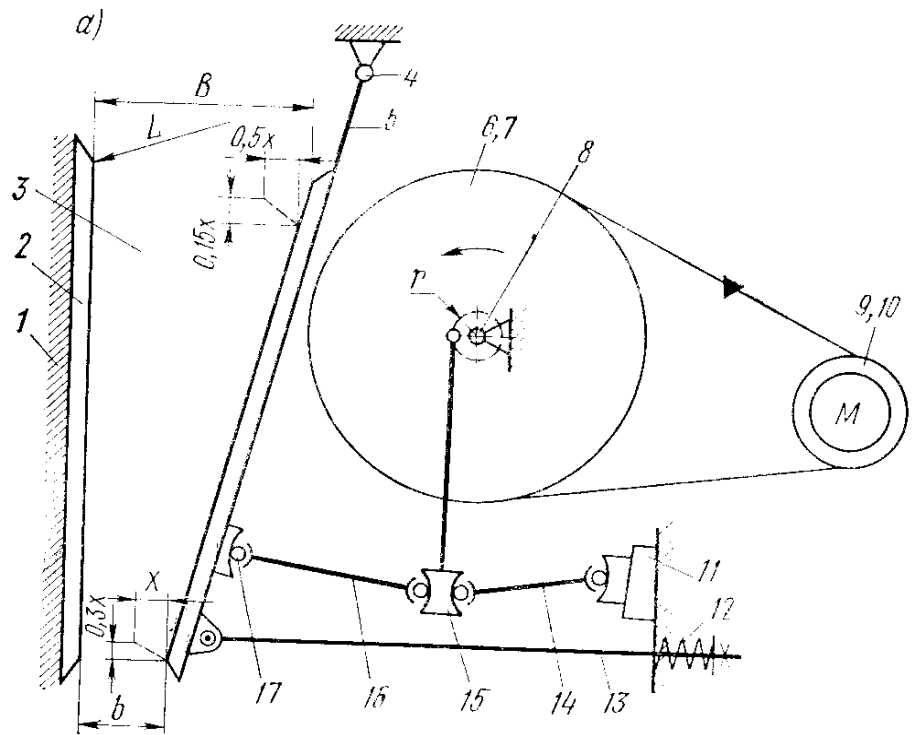


Рис. 2.1. Кинематические схемы щековых дробилок с простым (а) и сложным (б) движением подвижной щеки:

1 — неподвижная щека; 2 — дробящая плита; 3 — боковая стенка; 4 — ось подвески подвижной щеки; 5 — подвижная щека; 6 — шкив; 7 — маховик; 8 — эксцентриковый вал; 9 — ведущий шкив; 10 — электро-двигатель; 11 — регулировочное устройство; 12, 13 — пружина и тяга замыкающего устройства; 14, 16 — распорные плиты; 15 — шатун; 17 — опоры качения

неподвижной Щеки P_1 , силы трения материала о дробящие плиты T_1 и T_2 равнодействующая этих усилий R (рис. 2.2,а). Силой G обычно пренебрегают при расчетах, так как она имеет малую величину по сравнению с другими силами. Материал при сжатии не будет выталкиваться вверх, если удерживающие силы, вызываемые силами трения, будут больше или равны выталкивающей R

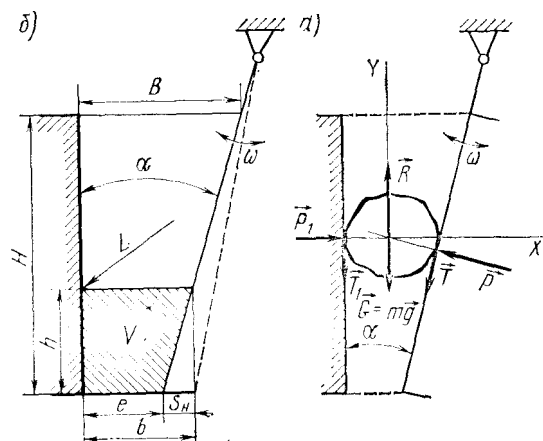


Рис.2.2.Схемы к расчету угла захвата

(а), частоты вращения эксцентрикового вала и производительности
б) щековых дробилок

Составляя уравнения равновесия сил относительно осей x и y и делая соответствующие преобразования, получим

$$\operatorname{tg} \alpha = 2f / (1 - f^2),$$

где f —коэффициент трения материала о дробящие плиты, $f = 0.3 \dots 0.4$

Введя вместо коэффициента трения f тангенс угла трения φ

и принимая $\operatorname{tg} 2\varphi = 2\operatorname{tg} \varphi / (1 - \operatorname{tg}^2 \varphi)$, получим

Таким образом, дробление материала возможно, когда угол захвата $\alpha \leq 2\varphi$.

Если $\alpha > 2\varphi$, то материал выталкивается вверх. Увеличение угла захвата может привести также к снижению производительности, а уменьшение вызывает неоправданное увеличение габаритных размеров и массы дробилки. Исследования показали, что для эффективного дробления материала в щековых дробилках $\alpha = 15 \dots 20^\circ$ и не зависит от положения щек.

Ход подвижной щеки (мм) для разрушения материала должен быть больше необходимого и достаточного значения сжатия мате-

риала до разрушения, т. е.

$$S > D(\sigma_{сж} / E)$$

где D — крупность материала; $(\sigma_{сж} / E)$ — относительное сжатие;

$(\sigma_{сж}$ — напряжение сжатия; E — модуль упругости. Оптимальные значения ходов сжатия в верхней и в нижней точках камеры дробления могут быть найдены по экспериментальным зависимостям:

для дробилок со сложным движением щеки

$$S_в=(0,06\dots 0,03)B \text{ и } S_н=7+0,1b$$

для дробилок с простым движением щеки

$$S_в=(0,01\dots 0,03)B \text{ и } S_н=8+0,26b$$

где B и b — размеры приемного отверстия и выходной щели, мм.

Частота вращения эксцентрикового вала (c^{-1}) или частота движения (качания) подвижной щеки рассчитывается из условия, что время отхода подвижной щеки из крайнего левого положения в крайнее правое положение должно равняться времени прохождения и выпадения из камеры дробления материала под действием силы тяжести (рис. 2.2,6).

Если частота вращения эксцентрикового вала будет больше необходимой, то материал не успеет выпасть из камеры дробилки и вторично начнет подвергаться взаимодействию с дробящими плитами. Если же частота вращения будет меньше необходимого значения, то сократится количество материала, выпадаемого в единицу времени. Следовательно, для частоты вращения эксцентрикового вала щековой дробилки существует определенное оптимальное значение, при изменении которого в ту или другую сторону могут снижаться ее технико-экономические показатели.

Если эксцентриковый вал совершает n оборотов в секунду, а время отхода щеки равно времени половины оборота, то $t=0,5/n$.

Из рис. 2.2,6 следует, что $h=S_н/tg\alpha$ и $h=gt^2/2$, где g —ускорение свободного падения, m/c^2 . Приравняв значение h и сделав соответствующие преобразования, получим

$$n = 0.5\sqrt{gtg\alpha} / (2S_н)$$

Производительность щековых дробилок (m^3/c) определяется из условия, что разгрузка материала из выходной щели происходит только при отходе подвижной щеки и что за один оборот эксцентрикового вала из камеры выпадает некоторый объем V (m^3) материала (см. рис. 2.2,6):

$$\Pi = V n K_p$$

где n — частота вращения эксцентрикового вала, с^{-1} ; K_p — коэффициент разрыхления материала; $K_p = 0,35 \dots 0,45$.

Подставив объем материала, вычисленный по соответствующим параметрам (рис. 2.2,6), получим

$$P = LS_n n K_p (b + e) / (2 \operatorname{tg} \alpha)$$

Следует заметить, что имеются и другие аналитические зависимости по расчету производительности, которые дополнительно учитывают и другие параметры; коэффициент кинематики, крупность, форму и плотность исходного материала.

Мощность электродвигателя щековых дробилок рассчитывается как по эмпирическим, так и аналитическим зависимостям, выведенным на основе энергетических законов дробления.

Исходя из удельного усилия дробления мощность электродвигателя щековых дробилок (кВт):

$$\text{с простым движением щеки } N = 700 L H S_n n K_k$$

$$\text{со сложным движением щеки } N = 720 L H n r, \text{ где}$$

L и H — длина и высота камеры дробления, м; S_n — ход сжатия нижней зоны камеры, м; K_k — конструктивный коэффициент, $K_k = 0,55 \dots 0,6$; r — эксцентриситет вала

Расчётная нагрузка (кН) на дробящую плиту

$$P_{расч} = K P_{др} = K K_1 \pi^2 \sigma_p S_{др} / 8$$

K — коэффициент превышения номинальной нагрузки, $K = 1,5$; $P_{др}$ — суммарная нагрузка на дробящую плиту, кН; K_1 — коэффициент, учитывающий степень разрыхления материала за период движения щеки, $K_1 = 1,25 \dots 1,35$; σ_p — напряжение растяжения материала, МПа; $S_{др}$ — активная (полезная) площадь дробящей плиты, м^2 .

Маховик щековых дробилок рассчитывается с учетом угловой скорости которая изменяется от ω_{\max} до ω_{\min} при приближении подвижной щеки к неподвижной. Дробление совершается как за счёт энергии электродвигателя, так и за счёт кинетической энергии маховика

Если известна мощность электродвигателя, то маховой момент маховика

$$m D^2 = N \eta (2 \pi^2 n^3 \delta)$$

где m — масса маховика, кг; D — диаметр маховика, м; η — КПД привода, $\eta = 0,7 \dots 0,85$; δ — степень неравномерности вращения маховика, $\delta = 0,015 \dots 0,035$.

Щековые дробилки с простым движением подвижной щеки — это машины, предназначенные для первичного дробления прочных горных пород большой крупности. Дробилки со сложным движением более просты по конструкции, рациональней в эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте, имеют меньшую массу и габаритные размеры.

2.3. КОНУСНЫЕ ДРОБИЛКИ

Конусные дробилки применяют для крупного, среднего и мелко-го дробления горных пород различной прочности. Дробилки крупного дробления (ККД) характеризуются шириной приемного отверстия B (мм); 500, 900, 1200 и 1500. Дробилки среднего (КСД) и мелко-го (КМД) дробления характеризуются диаметром основания подвижного конуса D (мм): 600, 900, 1200, 1750, 2200 и 3000.

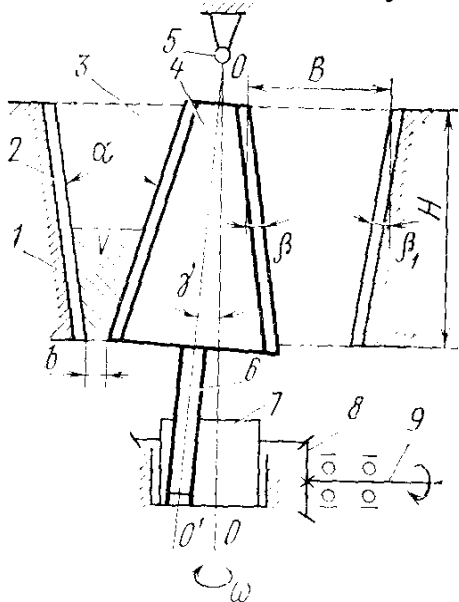


Рис. 2.3. Кинематическая схема конусной дробилки крупного дробления:

1 — неподвижный конус; 2 — футеровка; 3 — камера дробления; 4 — подвижный дробящий конус; 5 — ось подвески подвижного конуса; 6 — вал дробящего конуса; 7 — эксцентриковая вал-втулка; 8 — коническая зубчатая передача; 9 — приводной вал

Они подразделяются на дробилки грубого (Гр) и тонкого (Т) дробления и отличаются между собой только формой и размерами камеры дробления.

Камера дробления конусных дробилок образуется двумя усеченными конусами, вставленными один в другой. Наружной поверхностью камеры является футеровка неподвижного конуса, а внутренней — футеровка подвижного конуса. Так же как и у щековых дробилок, камера сужается сверху вниз и имеет одновременно зону сближения (сжатия) и зону отхода конусов (разгрузки). Обе зоны диаметрально противоположны и меняют свое положение в соответствии с вращением эксцентрикового вала дробилки. Верхнее сечение камеры дробления — приемное (загрузочное) отверстие, нижнее — выходная (разгрузочная) щель. Выходная щель измеряется в зоне сближения конусов. Процесс дробления в камере происходит аналогично процессу дробления в щековых дробилках. Однако в отличие от щековых дробилок дробление происходит непрерывно.

На рис. 2.3 и 2.4 приведены кинематические схемы конусных дробилок крупного, среднего и мелко-го дробления. Подвижный конус дробилок жестко закреплен на валу, нижний конец которого установлен в эксцентриковую приводную вал-втулку так, что ось вала образует с осью вращения втулки (ось дробилки) не-

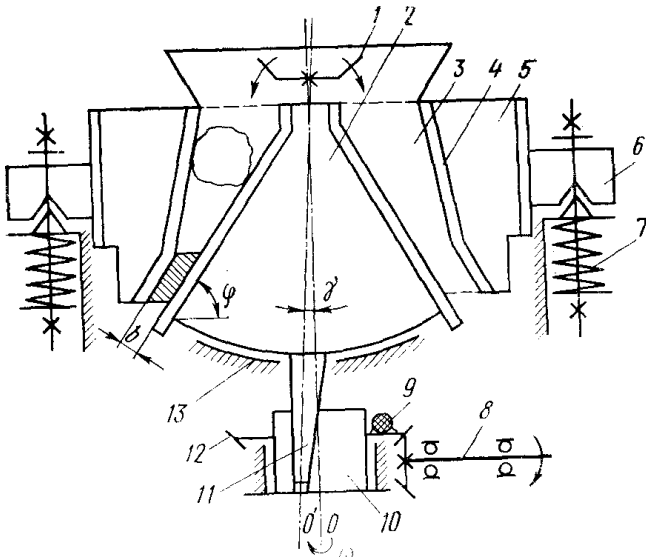
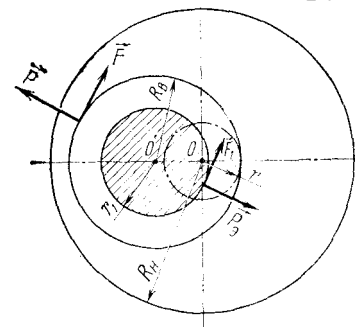


Рис.2.4 Кинематическая схема конусных дробилок среднего и мелкого дробления

1-распределительная згрузочная тарелка; 2 — подвижный дробящий конус; 3 — камера дробления — футеровка; 5 — неподвижный дробящий конус; б—опорное кольцо; 7— амортизационные пружины; 8—приводной вал; 9—уравновешивающий противовес; 10— эксцентриковая вал-штулка; 11 — конический вал дробящего конуса; 12 — зубчатая коническая передача; 13—сферический подпятник

который угол, называемый *углом гирации* γ . Эксцентриковая вал-штулка приводится во вращение от привода через коническую зубчатую передачу и подвижный дробящий конус совершает качательное (гирационное) движение.

У дробилки крупного дробления вал подвижного конуса закреплен шарнирно вверху на траверсе в точке O , являющейся центром качания конуса. Эти дробилки часто называют дробилками длинноконусными или конусом с подвешенным валом (см. рис. 2.3). Подвижный конус дробилок среднего и мелкого дробления опирается на сферический подпятник. Вал конуса не имеет верхнего крепления и поэтому эти дробилки называют также конусными дробилками с пологим конусом и консольным валом (см. рис. 2.4).



2.5.Схема действующих сил в конусной дробилке

При работе дробилок на холостом ходу силы трения в

больше, чем силы трения в кинематической паре эксцентриковая вал—штулка—вал дробящего конуса могут оказаться больше, чем силы трения в кинемати-

ческой паре вал—точка подвеса (ККД), либо подвижный конус — сферическая опора (КСД и КМД). Тогда конус будет вращаться относительно своей оси в направлении вращения эксцентриковой втулки (рис.2.5). Момент силы

$$M_1 = F_1 r_1 = f_1 m_k g r_1 \operatorname{tg} \gamma$$

где F_1 —сила трения; r_1 —радиус вала; f_1 —коэффициент трения поверхностей вала и втулки; m_k — масса подвижного конуса; γ — угол гирации.

Если происходит дробление материала, то силы трения между материалом и конусами значительно превышают силы трения в указанных кинематических парах и вызывают вращение подвижного конуса в направлении, противоположном вращению эксцентриковой втулки. В этом случае моменты сил

$$M = FR_e = fPR_e \text{ и } M_1 = F_1 R_1 = f_1 P_3 r_1$$

где F , F_1 —силы трения; R_e —радиус подвижного конуса; f , f_1 —коэффициенты трения соответственно материала о футеровку конуса и рабочие поверхности втулки и вала; P — усилие дробления; P_3 — реакция от усилия P ; r — радиус вала.

Так как $F > F_1 (f > f_1)$ и $R_e > r$ то $M > M_1$ и подвижный конус будет вращаться вокруг своей оси в направлении, обратном вращению эксцентриковой втулки с частотой, в 20 ... 30 раз меньшей, чем частота вращения втулки.

Конусные дробилки крупного дробления применяют на крупных горно-обогатительных комбинатах и фабриках. Для производства нерудных строительных материалов (щебня, гравия, песка) используют конусные дробилки среднего и мелкого дробления. В конструктивном исполнении эти дробилки мало отличаются друг от друга.

Методика расчета основных параметров конусных дробилок аналогична щековым дробилкам, так как условия дробления материала в них почти одинаковые. Угол захвата (град) в конусных дробилках не должен превышать двойного угла трения: $\alpha = \beta + \beta_1 \leq 2\varphi$ Для конусных дробилок крупного дробления $\alpha = 21 \dots 27^\circ$, а для среднего и мелкого дробления $\alpha = 12 \dots 18^\circ$ и зависит от вида футеровки.

Частота вращения эксцентриковой втулки (с^{-1}) для ККД

$$n = 0.25 \sqrt{g(\operatorname{tg} \beta + \operatorname{tg} \beta_1) / r}, n \approx 0.71 \sqrt{(\operatorname{tg} \beta + \operatorname{tg} \beta_1) / r}$$

где r — эксцентриситет вала — втулки. При расчете частоты вращения эксцентрикового вала — втулки дробилок среднего и мелкого дробления исходят из того, что материал в камере дробления скользит под действием силы тя-жести по наклонной поверхности дробящего конуса и за время

прохождения зоны параллельности материал должен не менее одного раза быть сжатым дробящими плитами конусов (рис. 2.6). Если угол между образующей дробящего конуса и основанием составляет α , то во время работы дробилки этот угол изменяется от $\alpha - \psi$ до $\alpha + \psi$. Так как значение угла небольшое, то при расчетах им пренебрегают.

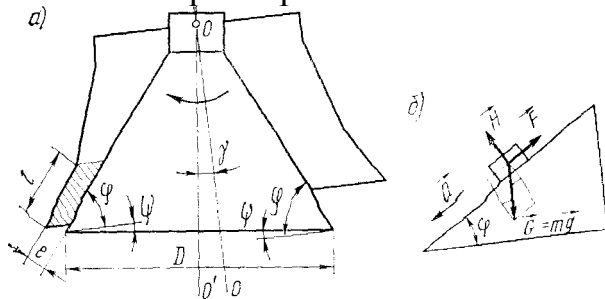


Рис. 2.6. Схема к расчету производительности (а) и частоты вращения эксцентрикового вала-втулки (б)-конусных дробилок среднего и мелкого дробления

Учитывая силы, действующие на материал в камере дробления, время оборота эксцентриковой втулки и пройденный материалом путь, частота вращения (c^{-1})

$$n \geq \sqrt{g(\sin \varphi - f \cos \varphi) / (2l)}$$

где l — длина зоны параллельности; f — коэффициент трения материала о футеровку конусов.

Если принять $l = (1/12) D$, то

$$n \geq 7,5 \sqrt{(\sin \varphi - f \cos \varphi) / D},$$

где D — диаметр основания дробящего конуса.

Производительность конусных дробилок крупного дробления

$$\Pi = VnK_p = 2\pi DnK_p r(e + r) / (tg \beta + tg \beta_1)$$

где K_p — коэффициент разрыхления материала, $K_p = 0,4 \dots 0,5$.

Производительность конусных дробилок среднего и мелкого дробления определяется из условия, что за один оборот эксцентрикового вала — втулки материал определенного объема проходит зону параллельности и выгружается через выходную щель:

$$\Pi = VnK_p = \pi e \ln K_p D$$

Усилие дробления (Н) в дробилках среднего и мелкого дробления

$$P = 46S10^4$$

где S — поверхность дробящего подвижного конуса, m^2

Мощность электродвигателя (кВт) конусных дробилок среднего и мелкого дробления расходуется на преодоление моментов равнодействующей сил дробления, трения в сферической опоре, трения в эксцентриковом и приводном механизмах:

$$N = 2160D^2nr, N = 12,6D^2n$$

Конусные дробилки являются тяжело нагруженными машинами с неуравновешенными вращающимися массами. Для уменьшения нагрузок на детали и фундамент требуется динамическая балансировка конусной дробилки.

2.4. ДРОБИЛКИ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ

Дробилки ударного действия применяются в основном для крупного, среднего и мелкого дробления малоабразивных материалов малой и средней прочности ($\sigma_{сж} < 200$ МПа). Только иногда из-за производственной необходимости эти дробилки используют и при переработке материалов с повышенной прочностью и абразивностью (например, асбестовых руд, шлаков и т. п.).

В дробилках ударного действия материал разрушается под действием механического удара рабочих органов (бил или молотков), при котором кинетическая энергия материала полностью или частично переходит в энергию деформации и разрушения. В отличие от рассмотренных выше дробилок, в них материал подвергается, как правило, воздействию только с одной стороны, а необходимые и достаточные при этом усилия дробления определяются силами инерции массы материала. Эти дробилки характеризуются технико-экономическими показателями: высокой степенью дробления (до 30), что позволяет сократить число стадий дробления; высокой производительностью; низкими энергоемкостью и металлоемкостью; простотой конструкции и удобством обслуживания; избирательностью дробления и более высоким качеством готовой продукции.

Дробилки ударного действия подразделяются на роторные и молотковые в зависимости от конструкции рабочего органа. Первые имеют массивный ротор с билами, достигающий нескольких десятков тонн, вторые — вал с дисками и молотками. Известны и другие конструкции дробилок ударного действия (дезинтеграторы, крестовые и барабанные дробилки), которые имеют ограниченное применение в промышленности.

На рис. 2.7 показаны схемы конструкций роторных и молотковых дробилок. Они подразделяются на одно- и двухроторные, нереверсивные и реверсивные, одно- и двухступенчатые. Реверсивные однороторные дробилки (рис. 2.7,6) снабжены симметричной камерой дробления и могут работать при различном направлении вращения ротора, что способствует увеличению срока службы

рабочих органов. В двухроторных дробилках одноступенчатого дробления (рис. 2.7,в) оба ротора работают самостоятельно и исходный материал на них поступает равномерно. В дробилках двухступенчатого дробления (рис. 2.7,г) исходный материал поступает вначале на первый ротор, а затем на второй, что способствует повышению степени дробления материала.

Для обеспечения эффективного разрушения исходного материала, т. е. необходимой кинетической энергии ротору с рабочи-

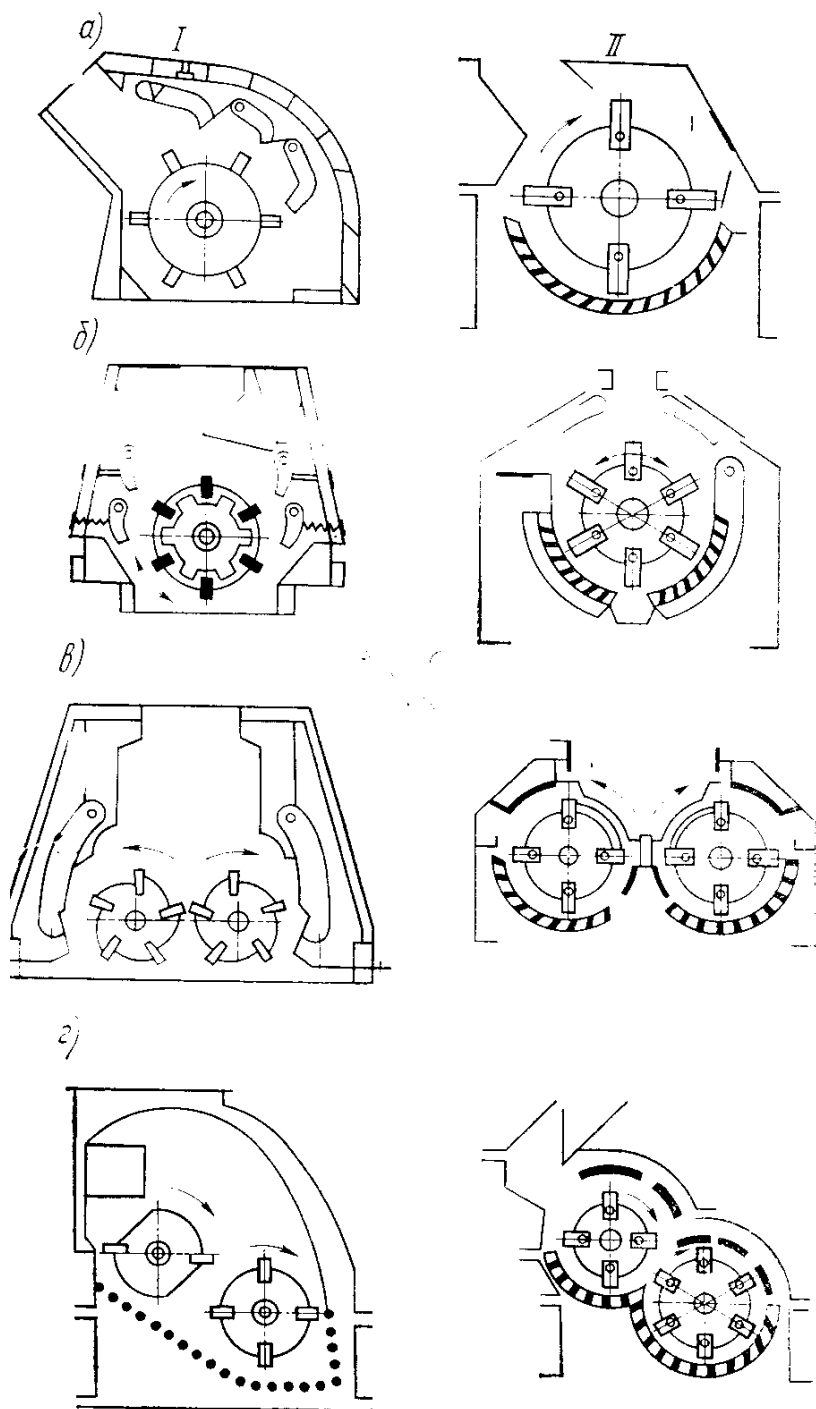


Рис. 2.7. Схемы конструкций роторных (I) и молотковых (II) дробилок: а — однороторных нереверсивных; б — однороторных реверсивных; в — двухроторных одноступенчатых; г — двухроторных двухступенчатых

ми органами, окружная скорость ротора должна быть 20...80 м/с. При таких скоростях в роторе возникают большие ударные и инерционные нагрузки, поэтому конструкция дробилок ударного действия должна обладать высокой надежностью.

Основными параметрами дробилок ударного действия являются диаметр и длина ротора, которые входят в их условное обозначение. Например, роторная дробилка крупного дробления с диаметром $D=2000$ мм и длиной $l=1600$ мм ротора имеет обозначение ДРК 20 X 16, а молотковая дробилка с диаметром $D=2000$ мм и длиной $L=2000$ мм ротора — М20Х20.

У роторных дробилок крупного дробления (ДРК) диаметр ротора больше его длины, а у дробилок среднего и мелкого дробления (ДРС) эти размеры одинаковы. Камера дробления образуется ротором и отражательными плитами: у ДРК—двумя, у ДРС—тремя.

$$v_{кр} = 1,75 \cdot 10^{-2} \sqrt[3]{[\sigma_p / (\rho d)]^2}$$

Критическая окружная скорость (м/с) ротора

где σ_p — прочность материала при растяжении, Па; $\sigma_p = (70 \dots 140) \cdot 10^5$; ρ — плотность материала, кг/м³, $\rho = (2,6 \dots 2,7) \cdot 10^3$; (d —предельный минимальный размер материала, м.

Производительность (м³/с) роторных дробилок по формуле ВНИИстройдормаша

$$P = 0,33 \frac{L_p D_p^{1,5}}{v_p^{0,35} z^{0,5}} K_\beta$$

где L_p , D_p — длина и диаметр ротора, м; v_p — окружная скорость ротора, м/с; z —число рядов бил; K_β —коэффициент, учитывающий положение отражательной плиты; при опущенной плите $K_\beta = 1,3$, при полностью поднятой плите $K_\beta = 5,2$.

Производительность молотковых дробилок (по формулам В. П. Барабашкина): при $D_p > L_p$ $P = 1,66 D_p^2 L_p n$, при $D_p < L_p$ $P = 1,66 D_p L_p^2 n$, где n — частота вращения ротора, с⁻¹.

Мощность (кВт) электродвигателя дробилок ударного действия (формула ВНИИстройдормаша)

$$N = W_{\partial p} P (i - 1) / (D_{св} \eta_{\partial p} \eta_{np} 1000)$$

где $W_{\partial p}$ — энергетический показатель, зависящий от материала, Вт·ч/м², $W_{\partial p} = 2,5 \dots 40$; P — производительность, м³/ч; i —степень дробления; $D_{св}$ — средневзвешенный диаметр материала, м;

$\eta_{\partial p}$ —КПД дробилки, $\eta_{\partial p} = 0,75 \dots 0,95$; η_{np} —КПД привода, $\eta_{np} = 0,9 \dots 0,95$.

Мощность электродвигателя роторных и молотковых дробилок можно рассчитать и по эмпирическим формулам, выведенным на основе их конструктивных размеров и основных парамет-

ров. Расчет и конструирование дробилок ударного действия производятся на основе закона движения и импульсов сил при соударении двух абсолютно упругих или неупругих тел. Основным недостатком их является повышенный износ рабочих органов и бронештуперовок.

2.5. ВАЛКОВЫЕ ДРОБИЛКИ

Валковые дробилки применяют для среднего и мелкого дробления как твердых материалов прочностью $\sigma_{сж} \leq 150$ МПа, так и мягких и хрупких материалов прочностью $\sigma_{сж} \leq 80$ МПа. Основными рабочими органами валковой дробилки являются цилиндрические валки, вращающиеся навстречу друг другу. Материал для измельчения подается в дробилку сверху, затягивается валками, раздавливается, частично истирается и выгружается из нее. Для увеличения истирающего эффекта валки дробилки могут иметь разную окружную скорость вращения. Количество валков

в дробилке бывает от одного до четырех. В четырехвалковой дообилке одна пара валков располагается над другой, т. е. в одном корпусе монтируют как бы две двухвалковые дробилки. В промышленности строительных материалов наиболее распространены двухвалковые дробилки

Поверхности валков бывают гладкие, рифленые (ребристые) и зубчатые. Сочетание дробящих поверхностей в дробилке может быть различным. Основными параметрами валковых дробилок являются диаметр (D) и длина (L) валков, которые входят в их условные обозначения. Например, дробилка с гладкими валками диаметром $D=600$ мм и длиной $L=400$ мм имеет обозначение ДГ—600Х400, а дробилка зубчатая с диаметром валков $D=400$ мм—ДДЗ-4.

При одинаковом диаметре валков дробилки с рифлеными и зубчатыми валками захватывают более крупный материал, чем дробилки с гладкими валками. Например, наибольшая крупность исходного материала в дробилках с гладкими валками составляет $1/20$ диаметра валка, а в дробилках с рифлеными и зубчатыми валками — $1/6$ диаметра валка.

Корпуса подшипников вала одного из валков дробилки подпружинены и могут перемещаться в результате попадания недробимого предмета. Привод валков может состоять: из электродвигателя, клиноременной передачи, приводного вала и зубчатой передачи с удлиненными зубьями; индивидуальных электродвигателей с отдельной передачей на каждый валок и электродвигателя, редуктора-синхронизатора и карданных валов.

Расчет валковых дробилок аналогичен расчету щековых и конусных дробилок.

Угол захвата, образованный касательными к поверхности валков в точках касания с материалом, не должен превышать двойного угла трения, т. е. $\alpha \leq 2\varphi$. Часто при расчетах за угол захвата

β принимается угол между направлением дробящего усилия и горизонтальной осью валков. Нетрудно убедиться, что $\alpha = 2\beta$, т. е. $\beta \leq \varphi$

Частота вращения (c^{-1}) валков

$$n_{\max} \leq 102.5 \sqrt{f / (\rho D d)}$$

где f —коэффициент трения материала о поверхность валков, $f=0,3 \dots 0,45$; ρ —плотность материала, $кг/м^3$; D —диаметр валка, м; d —диаметр материала, м.

Для уменьшения износа бандажей и динамических нагрузок окружная скорость u валков не превышает 6 м/с.

Производительность ($м^3/с$)

$$П = VnK_p = 1.25\pi DLbnK_p \approx 3.925DLbnK_p,$$

где V —объем материала, выходящий из дробилок за один оборот валка, $м^3$; n —частота вращения валка, $с^{-1}$; K_p —коэффициент разрыхления материала, $K_p=0,2 \dots 0,6$; $1,25$ —коэффициент, учитывающий увеличение выходной щели при отходе валков; D —диаметр валка, м; b —длина валка, м.

Мощность электродвигателя (кВт) валковой дробилки расходуется на дробление материала и преодоление трения в подшипниковых опорах;

$$N = \pi n (P_{op} f R / 30 + 2 d_e f_1 G) / (1000 \eta)$$

где P_{op} —суммарное усилие дробления; f —коэффициент трения материала о поверхности валков; R —радиус валка, м; $R = 0,50D$; d_e —диаметр шейки вала валка, м; f_1 —коэффициент трения качения, приведенный к валу подшипника; G —нагрузка

на подшипниковые опоры, Н; $G = \sqrt{Q^2 + P_{op}^2}$; Q —сила тяжести валка; η —КПД привода.

Суммарное усилие дробления (Н)

$$P_{op} = \sigma_{сж} S K_p = \sigma_{сж} l l K_p,$$

где $\sigma_{сж}$ —прочность материала при сжатии, Па; S —активная площадь дробления, $м^2$; K_p —коэффициент разрыхления материала; b —длина валков, м; l —длина дуги на участке дробления материала, м, $l = D \alpha / 2$; α —угол дуги, град.

Ориентировочно $P_{op} = (0,04 \dots 0,1) \sigma_{сж} DL$. Сила поджатия пружин ($P_{z.p}$) подвижного валка должна обеспечивать необходимое и достаточное усилие дробления (P_{op}).

Валковые дробилки получили наибольшее применение при измельчении глины, так как их эффективность при дроблении твердых каменных материалов ниже, чем щековых и конусных дробилок. При работе валковых дробилок в основном изнашивается средняя часть бандажей по их длине, в результате чего неоднородность продукта дробления увеличивается. Поэтому в некоторых конструкциях дробилок предусмотрены устройства для равномерного распределения материала, а также приспособления для очистки и проточки бандажей.

3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕЛЬНИЦ

Мельницы широко применяют для помола различных строительных материалов: цементного клинкера, известняка, мергеля, гипса, угля, шлака, руды и др. Крупность исходного материала не превышает 25 мм для известняка и мергеля, 15 мм—для цементного клинкера, 30 мм—для мягкого известняка, добавок гипса и углей и 10 мм—для твердых активных и инертных добавок при помоле цементного клинкера. Тонкость готового продукта на выходе из мельниц (тонкость помола) характеризуется удельной поверхностью, которая составляет для сырьевых материалов 2800 ..3000 см²/г, а для клинкера—2800 ... 4500 см²/г, или результатами ситового анализа. Для ситового анализа используют сита с сеткой, например, № 02 (в которой на 1 см² приходится 918 отверстий с размером в свету 80 мкм) и № 008. Для сырьевых материалов остаток на сите с сеткой № 02 обычно не превышает 1 ... 2 %, а с сеткой № 008—5 ... 8 %. Для цемента остаток на сите с сеткой № 008 в среднем составляет 6 ... 10 %.

Процесс помола материалов в мельницах характеризуется большой энергоемкостью и стоимостью. Применяемые для помола мельницы отличаются большим разнообразием конструкций и условий их работы.

Мельницы условно разделяются на механические (барабанные, шаровые, кольцевые, валковые, роликوماتниковые, ударного действия и вибрационные) и аэродинамические, или струйные (воздухоструйные, пароструйные и др.).

В барабанных мельницах помол материала производится за счет истирания и удара при движении мелющих тел во вращающемся барабане; в шаровых кольцевых—раздавливания и истирания при относительном перемещении шаров и верхнего и нижнего колец; валковых—раздавливания и истирания между тарелкой и валками; роликوماتниковых—раздавливания и истирания между неподвижным кольцом и вращающимися роликами; ударного действия—удара вращающихся бил или молотков и соударения с отражательными плитами; вибрационных—вибрационного воздействия мелющих тел; струйных — самоизмельчения материала при больших скоростях его движения в потоках энергоносителя (газа, пара).

3.2. БАРАБАННЫЕ МЕЛЬНИЦЫ

В промышленности строительных материалов барабанные мельницы получили наибольшее применение. Основными параметрами мельниц являются диаметр (D) и длина (L), которые входят в их условное обозначение. Например, трубная мельница диаметром $D=2$ м и длиной $L=10,5$ м имеет обозначение 2X10,5 м. Если отношение $D/L < 3$, то мельницы обычно называют барабанными (шаровыми), если $L/D > 3$ — трубными. В современных конструкциях мельниц $L/D = 3,2 \dots 3,5$. Барабанные (трубные) мельницы бывают;

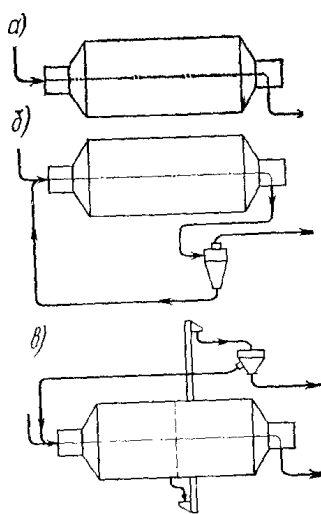


Рис. 3.1. Схемы работы трубных мельниц:

а — по открытому циклу;
 б — по замкнутому циклу с гидроциклоном (мокрый помол);
 в — то же, с сепаратором (сухой помол)

центральным и периферийным приводом.

Мельницы периодического действия применяют для тонкого помола глины, глазури и других материалов при производстве керамических изделий. В промышленности строительных материалов преимущественное применение имеют мельницы непрерывного действия. Барабанные мельницы 0,3X1,8; 1,5X1,6; 1,5X3 и 1,5X5,6 м предназначены для мокрого и сухого измельчения строительных материалов малой и средней прочности (твердости). Трубные мельницы 2x10,5; 2,6X13 м используют для помола сырьевых материалов и цементного клинкера при сухом и мокром способе его производства; мельницы 4X13,5

м — для помола клинкера с добавками и сырьевых материалов при мокром способе производства цемента.

Для устранения пылевыделения и отвода теплоты при сухом помоле цементного клинкера мельницы снабжаются аспирационным устройством, состоящим из вентилятора, фильтра и осадительных циклонов, что увеличивает производительность мельниц на 8 ... 10%. Производительность мельниц при мокром помолу на 20 ... 25 % выше, чем при сухом.

Мельницы могут работать как по открытому, так и по замкнутому циклу (рис. 3.1). В мельницах, работающих по замкнутому циклу, материал после помола направляется на классификацию (вибросито, дуговой грохот, гидроциклон или другое сепарирующее устройство), для разделения на готовый продукт и за-

крупненный, который вновь возвращается в мельницу на домол.

Барабанные (трубные) мельницы состоят из загрузочной воронки, полых цапф, подшипниковых опор, торцовых днищ (крышек), барабана, бронефутеровки, межкамерных перегородок, разгрузочных устройств, мелющих тел, привода, смазочного устройства и электрооборудования.

Барабан представляет собой сварную конструкцию из листовой стали, внутренняя поверхность которого футеруется броневыми плитами. Для предохранения внутренней поверхности барабана от повреждения, а также для снижения шума и теплопотерь под бронеилиты прокладывают асбестовую ткань или другой подобный материал.

Размеры броневых плит составляют 250 ... 500 мм по длине, 300 ... 400 мм по ширине и 50 ... 80 мм по высоте. Поверхность их бывает гладкой, с узором, волнистой, ребристой, каблучковой и ступенчатой. Плиты изготавливают из аустенитовой стали.

Междукамерные перегородки мельниц бывают с радиальным или концентрическим расположением щелей, одинарные, двойные или элеваторные. Величина живого сечения для междукамерных перегородок составляет 10 ... 12%, а выходных решеток— 5 ... 7 %. Междукамерные перегородки выполняют из листовой марганцовистой стали. Применение наклонной междукамерной перегородки увеличивает интенсивность обработки материала мелющими телами, в результате чего повышается производительность мельниц. Загрузочные и разгрузочные торцовые крышки изготавливаются из стального литья и присоединяются к фланцам барабана болтами. Внутренняя поверхность торцовых крышек также футерована бронеплитами из стали Г13Х2Л. Загрузочные и разгрузочные трубошнеки имеют сварную конструкцию и способствуют равномерной загрузке и разгрузке материала мельницы.

Привод мельниц обеспечивает рабочее вращение барабана с частотой $0,2 \dots 0,5 \text{ с}^{-1}$ и медленное вращение при ремонтных работах с частотой $0,002 \dots 0,003 \text{ с}^{-1}$. Медленное вращение обеспечивается вспомогательным приводом, состоящим из электродвигателей, муфты с тормозом, редуктора, кулачковой или обгонной муфты переключения (рис. 3.2).

Опорами вращающейся части мельниц служат два подшипника скольжения. Подшипники имеют сферические вкладыши, через которые они опираются на сферическую поверхность опоры, что позволяет компенсировать неточности монтажа мельницы. В качестве мелющих тел используются шары и цилиндры (короткие и длинные). Их изготавливают из легированного чугуна и стали. Шары диаметром 15 ... 80 мм подвергаются закалке и отпуску с твердостью не менее 400 НВ (НРС 42), диаметром 90 ... 110 мм—не менее 350 НВ (НРС 37). Коэффициент заполнения мельницы мелющими телами для первой камеры составляет 0,35, а для остальных камер—0,25 ... 0,3. Из-за износа мелющих тел через каждые 150 ... 200 ч работы мельницы производится их догрузка. Полную

замену шаровой (стержневой) загрузки осуществляют через 1800 . . . 2000ч. На рис. 3.3 показан общий вид мельницы размером 4,2X10 м для помола и сушки сырьевых материалов при сухом способе производства цемента.

Частота вращения барабана мельницы определяет характер движения мелющих тел в барабане, от которого зависит эффективность помола материала. Перемещение мелющих тел зависит

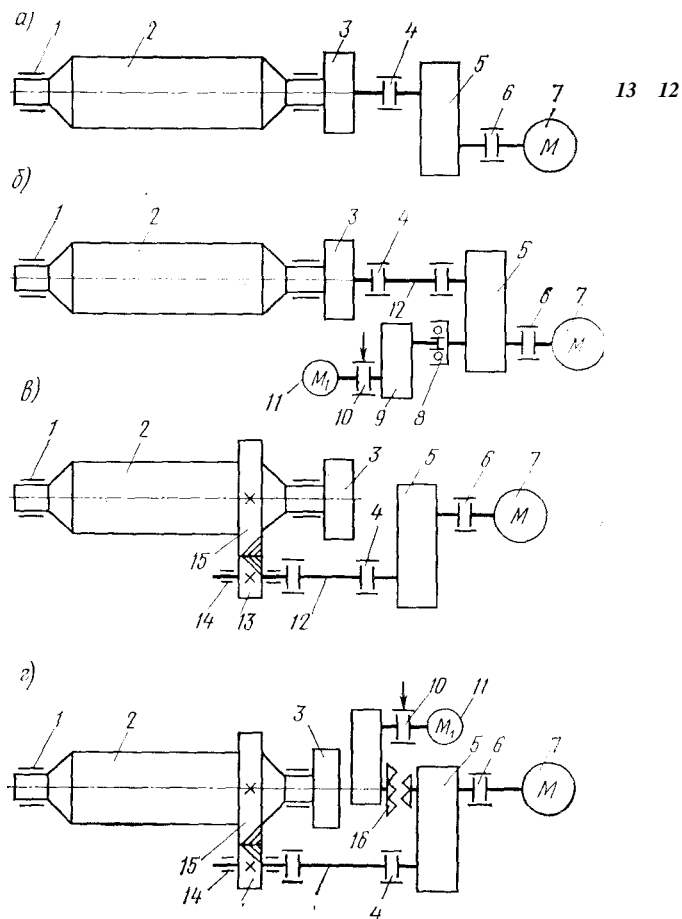


Рис. 3.2. Кинематические схемы привода трубных (барабанных) мельниц:

а, б—с центральным приводом; в, г—с периферийным приводом (через зубчатый венец):

1—подшипниковая опора; 2—корпус мельницы; 3—разгрузочное устройство; 4.

б—со-единительные муфты; 5—редуктор; 7 — электродвигатель главного привода; в—обгонная муфта; 9 — редуктор вспомогательного привода; 10—муфта с тормозом; 11—электродвигатель вспомогательного привода; 12 — соединительный вал; 13—подвенцовая шестерня;

14—подшипниковая опорная шестерня; 15—зубчатый венец; 16—кулачковая муфта

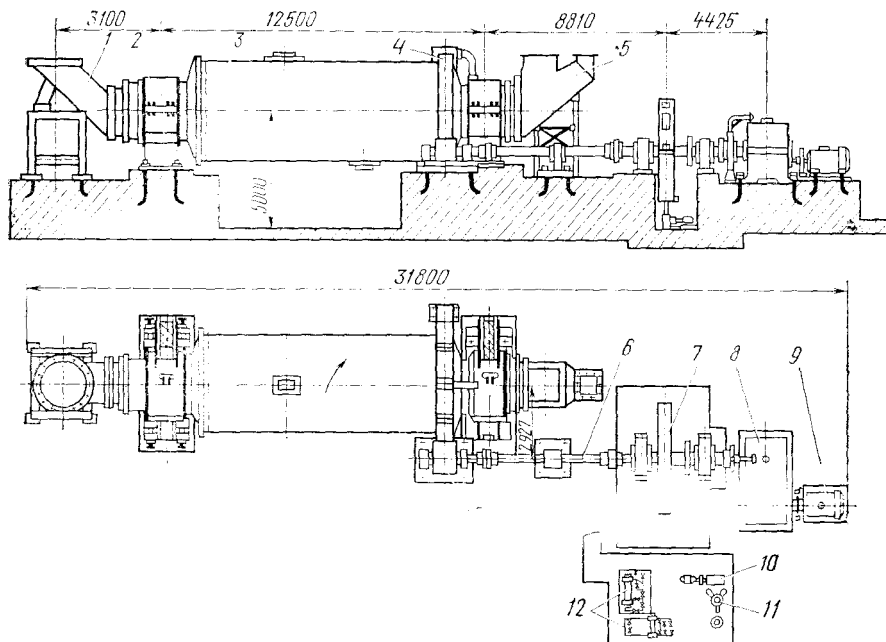


Рис. 3.3. Общий вид трубной мельницы размером 4,2x10 м:

1 — разгрузочный патрубок; 2 — цапфовый подшипник; 3 — барабан; 4 — зубчатый венец; 5 — воронка загрузочная с патрубком для подвода горячих газов; и — промежуточный вал; 7, 9 — электродвигатели главного и вспомогательного привода; 8 — редуктор вспомогательного привода; 10 — система гидроподпора цапф мельницы; 11 — система густой смазки зацепления зубчатого венца и подвенцовой шестерни; 12 — система жидкой циркуляционной смазки цапфовых подшипников мельницы, главного электродвигателя и подвенцовой шестерни; 13 — подвенцовая шестерня

от частоты вращения, диаметра барабана, степени его заполнения мелющими телами и других параметров. При малой частоте вращения мелющие тела поднимаются на небольшую высоту в барабане и затем скатываются, не производя удара. При слишком большой, частоте вращения мелющие тела под действием центробежной силы прижимаются к внутренним стенкам барабана и вращаются вместе с ним, не производя помола материала. Оптимальная частота вращения барабана определяется из условия обеспечения максимальной высоты падения мелющих тел по параболической траектории. В точке *A* (рис. 3.4) на тело действуют сила тяжести G , сила инерции P_c и сила трения F . Отрыв от стенок барабана тел будет обеспечен при условии

$$G \cos \alpha = mg \cos \alpha \geq P_c = m\omega^2 R$$

где m — масса тела; g — ускорение силы тяжести; α — угол подъема мелющих тел; R — радиус барабана; ω — условная критическая угловая скорость вращения барабана.

Оптимальный угол отрыва мелющих тел $\alpha = 54^\circ 40'$. Условная критическая частота (с^{-1}) вращения барабана мельницы

$$n_{\text{крит}} \approx 0,705 / \sqrt{VD},$$

где D —диаметр барабана, м.

Рабочая частота (c^{-1}) барабана мельницы

$$n \approx K_3 \cdot 0,705 \sqrt{VD}$$

где K_3 —коэффициент запаса, учитывающий условия сочетания максимально полезной мощности с минимальным износом мелющих тел и бронефутеровки, $K_3 = 0,78 \dots 0,84$; D_0 —условный (в свету) диаметр мельницы; $D_0 = (0,94 \dots 0,95) D$.

За один оборот барабана количество циркуляции шаровой (стержневой) загрузки составляет в среднем $1,65 \dots 1,75$.

Механический режим барабанных (шаровых, стержневых) мельниц характеризуется в основном двумя параметрами: относительной частотой вращения барабана $\psi = (n / n_{\text{крит}}) 100\%$ и относительным заполнением барабана мельницы мелющими телами $\varphi = (V_3 / V) 100\%$, где V_3 —объем шаровой (стержневой) загрузки; V —рабочий объем барабана мельницы. В зависимости от принятых значений параметров ψ и φ для барабанных мельниц возможен один из следующих скоростных режимов: 1) каскадный, с перекачиванием мелющих тел без их полета;

2) водопадный, с полетом мелющих тел, но с частотой вращения меньше критической; 3) смешанный (частично с перекачиванием и частично с полетом мелющих тел); 4) другие режимы (со сверх/критической частотой вращения барабана или режим махового колеса). Коэффициент заполнения объема барабана материалом составляет $0,08 \dots 0,14$. Производительность зависит от свойств материала, размеров и режима работы мельницы, тонкости и способа помола, равномерности питания и др.

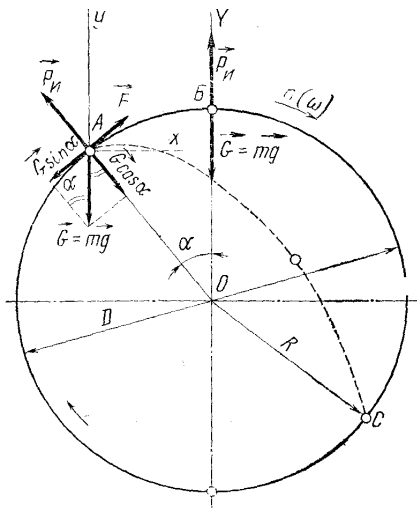


Схема к расчету частоты вращения барабана мельницы

На практике производительность (т/ч)

$$\dot{I} = 6,45V \sqrt{D} (M/V)^{0,8} gK$$

где V —рабочий объем барабана мельницы, м^3 ; D —внутренний диаметр барабана, м ; M —масса мелющих тел, т ; g —удельная производительность мельницы, $\text{т}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$, $g=0,07 \dots 0,1$ (зависит от материала и способа помола); K —поправочный коэффициент, учитывающий тонкость помола, $K=0,59 \dots 1,4$.
 Масса (τ) мелющих тел

$$M = V \varphi \rho = 0,785 D^2 L \varphi \rho,$$

где φ —коэффициент заполнения барабана мелющими телами, $\varphi=0,2 \dots 0,4$; ρ —насыпная плотность мелющих тел, $\text{т}/\text{м}^3$, $\rho=4,3 \dots 6,7$.

Мощность привода барабанных мельниц расходуется на подъем шаровой (стержневой) загрузки, сообщение ей и материалу кинетической энергии и преодоление сопротивлений от трения материала и мелющих тел о бронефутеровку, в подшипниковых опорах и присоединительных устройствах и других источниках.

Мощность (кВт) привода трубных шаровых мельниц (по формуле В.В.Товарова):

$$N = 6,55 V \sqrt{D} (M / V)^{0,7}$$

Установочная (номинальная) мощность электродвигателя назначается с некоторым запасом $K_z=1,1$ по сравнению с расчетной.

Преимущества трубных (барабанных) мельниц: простота конструкции, удобство в эксплуатации, надежность в работе, достаточно высокая тонкость помола и возможность автоматизации. К недостаткам относятся: малая эффективность измельчения материала мелющими телами; высокий удельный расход электро-энергии ($35 \dots 40 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{т}$); большой износ мелющих тел и бронефутеровок ($0,5 \dots 1,1$ и $0,05 \dots 0,15 \text{ кг}/\text{т}$): большая металлоемкость и значительный шум при работе.

Современные конструкции трубных мельниц оснащаются контрольно-измерительными приборами и средствами автоматики. Для каждой трубной мельницы устанавливаются нормативные показатели: производительность; удельный расход электроэнергии, мелющих тел, бронеплит и междукамерных перегородок; тонкость помола; влажность материала и т. д. Контроль должен осуществляться главным образом ускоренными методами. Регулирование тонкости помола производится по степени загрузки первой камеры мельницы сырьевым материалом. Чем больше материала в камере, тем меньше шум при работе, и наоборот.

В схемах регулирования (рис. 3.5) датчиком системы $Д1$ является микрофон, установленный у обечайки первой камеры, с частотомером, анализирующим шум, воспринимаемый микрофоном. Сигнал от датчика поступает на регулятор $Р1$, который через исполнительный механизм $ИМ1$ изменяет расход материала, поступающего в мельницу. В зависимости от типа питателей исполнительный механизм может воздействовать либо на задатчик весового дозатора, либо на привод ножа тарельчатого питателя. Наибольшее распространение, например, на цементных заводах получил регулятор загрузки типа РЗМ-2а, который в зависимости

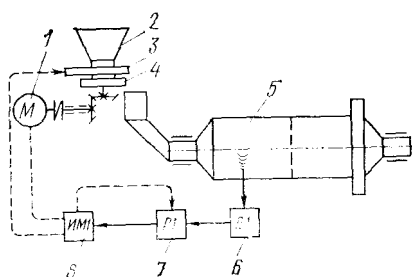


Рис. 3.5. Схема регулирования тонкости помола материала в мельнице:

1 — электродвигатель привода питателя;
 2 — бункер; 3 — нож тарельчатого питателя; 4 — тарельчатый питатель; 5 — корпус мельницы; 6 — датчик-микрофон с частотомером; 7 — регулятор загрузки; 8 — исполнительный механизм питателя

от величины воспринимаемого датчиком сигнала включает и выключает электродвигатель тарельчатого питателя. Разработаны системы регулирования типа РЗМО—1 для работы с тарельчатыми питателями и РЗМО—2—для работы с весовыми дозаторами.

3.3. ВИБРАЦИОННЫЕ МЕЛЬНИЦЫ

Вибрационные мельницы в промышленности строительных материалов имеют ограниченное применение ввиду их малой производительности и большой энергоемкости.

Различают следующие типы мельниц: инерционные, гирационные (эксцентрикковые), со сложными пространственными колебаниями, сухого и мокрого помола, периодического и непрерывного действия, одно- и двухкамерные, с мелющими телами и без мелющих тел (самоизмельчения) и мельницы, работающие по открытому и замкнутому циклу. Основным параметром вибромельниц является объем (V) камеры, который входит в их условное обозначение. Например, вибромельница с объемом камеры $V=1000 \text{ см}^3$ имеет обозначение М-1000.

Современные конструкции вибромельниц характеризуются следующими значениями параметров: объем камеры— $0,05 \dots 2,7 \text{ м}^3$, амплитуда колебаний— $3 \dots 14 \text{ мм}$; частота колебаний— $10 \dots 50 \text{ с}^{-1}$, производительность— $0,1 \dots 15000 \text{ кг/ч}$; мощность электродвигателя — $10 \dots 420 \text{ кВт}$.

Вибромельницы состоят из следующих сборочных единиц: сварного корпуса (барабана), рамы, загрузочного и разгрузочного люков, вибровала, подшипниковых опор, пружинных или других амортизационных опор, уравновешивающих противовесов, эластичной соединительной муфты, электродвигателя, мелющих тел, устройств для охлаждения, подачи и выпуска жидкости (при мокром помоле материала) и пусковой аппаратуры.

Инерционная вибромельница (рис. 3.6) состоит из сварной станины 10, опирающейся на фундамент через резиновые амортизаторы 11; барабана 2 с приваренными к нему кронштейнами, с помощью которых он опирается через пружины 9 на станину, что обеспечивает колебание барабана с материалом и шаровой загрузкой. Торцовые стенки барабана—двойные, к внутренней стенке приварены наружная и внутренняя трубы 3, в полость которых подается охлаждающая вода. Внутренняя труба барабана является опорой подшипников 4 дебалансного вала 8, на котором установлены дополнительные дебалансы 7. Полость подшипников закрывается торцевыми крышками. Вал 8 приводится во вращение от электродвигателя 6 через карданный вал 5. Барабан загружается и разгружается материалом и мелющими телами через люк 1. Коэффициент загрузки равен в среднем 0,7 ... 0,8. В процессе работы вибромельницы загруженный материал поворачивается в сторону, противоположную направлению вращения вала, и измельчается за счет вибрации с определенной амплитудой и частотой.

Гириационные (эксцентрикковые) вибромельницы отличаются от инерционных конструкций вибровала. Вместо дебалансного вала в них используется эксцентриковый вал, с двумя парами подшипниковых опор. Одной парой эксцентриковый вал опирается на станину, а другая пара служит опорой барабана. Амплитуда колебаний вибромельницы характеризуется величиной эксцентриситета вала.

При работе вибромельниц выделяется значительное количество теплоты, вследствие чего корпус мельницы нагревается. Для снижения температуры барабаны мельниц охлаждаются водой. Частота и амплитуда колебаний вибромельниц определяются исходя из технологических особенностей их работы на основе общей теории вибромашин. Мощность привода в вибромельницах расходуется на сообщение колебаний системе и на преодоление сил сопротивления от трения в подшипниковых опорах вала.

Производительность зависит от характера их работы (периодического или непрерывного действия) и определяется объемом камеры, коэффициентом заполнения, продолжительностью цикла помола, сечением выходного отверстия, скоростью разгрузки материала, коэффициентом сплошности потока и другими параметрами.

3.4. СТРУЙНЫЕ МЕЛЬНИЦЫ

Струйные мельницы применяют для сверхтонкого помола материалов и разделяются по виду энергоносителя на воздухе- и пароструйные. В противоточной струйной (эжекторно и) мельнице (рис. 3.7) материал из расходного бункера подается в разгонные трубки, подхватывается сжатым воздухом и направляется в помольную камеру, внутренняя поверхность которой имеет футеровку из износостойкой стали. Материал измельчается за счет соударения частиц при встречных вихревых потоках. Сжатый воздух подается в мельницу либо вентилятором, либо компрессором.

В струйной мельнице с плоской помольной камерой (рис. 3.8) материал из бункера 2 поступает в эжектор 3 и сжатым воздухом подается в коллектор б, куда поступает энергоноситель.

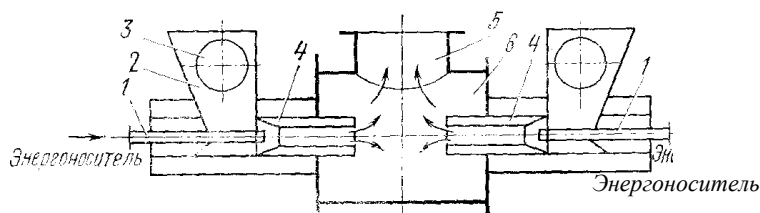


Рис. 3.7. Схема противоточной струйной мельницы:

1 — сопла; 2 — бункер; 3 — лок; 4 — разгонные трубки; 5 — выпускная (отводная труба); 6 — помольная камера

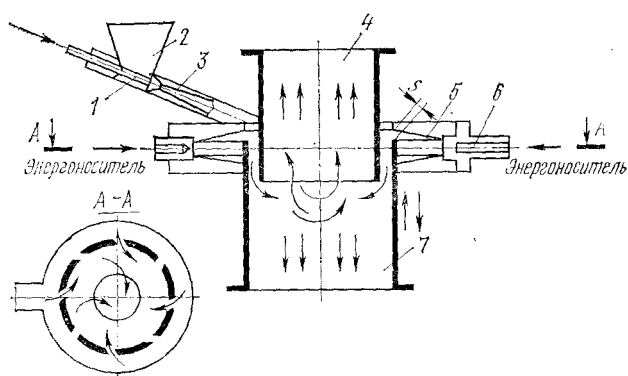


Рис. 3.8. Схема струйной мельницы с плоской помольной камерой

Материал из коллектора подхватывается энергоносителем и выносится в помольную камеру 5, имеющую износостойкую футеровку, и далее в осадительную трубу 7. Потоки газа в помольной камере пересекаются, так как направляющие сопла 1 расположены под углом к оси камеры. В процессе кругового движения частиц в помольной камере происходит интенсивное измельчение материала. На выходе скорость газа значительно уменьшается и из него выпадает измельченный материал, который далее отводится по трубе 4 в пылеочистительные аппараты.

ГЛАВА 4 Машины и оборудование для классификации и обогащения нерудных строительных материалов

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГРОХОЧЕНИЯ

Грохочение представляет собой процесс разделения кусковых материалов по крупности и подразделяется на следующие виды:

предварительное, когда из общей массы материала выделяются куски, не требующие дробления в машинах первой стадии дробления или куски негабаритных размеров; промежуточное, когда отделяется продукт, не требующий дробления в последующей стадии; контрольное, когда после последней стадии дробления выделяются частицы крупнее заданных размеров, которые вновь возвращаются на повторное дробление; окончательное, когда готовый продукт дробления разделяется на части заданной крупности.

Грохочение может быть сухим и мокрым. В последнем случае исходный материал поступает на грохот в виде пульпы или в сухом виде, но на грохоте орошается водой из специальных брызгальных устройств. При мокром грохочении происходит не только разделение материала по крупности, но и промывка его, очищающая материал от вредных примесей (глины, ила и т. д.).

Машины, применяемые для грохочения материалов—грохоты, подразделяются на валковые, дуговые, барабанные, качающиеся и вибрационные. Наиболее распространены вибрационные грохоты.

По траектории колебаний рабочих органов (коробов) они делятся на грохоты с циркуляционными колебаниями, круговыми или эллиптическими (наклонные грохоты) (рис. 4.1,а,б) и направленными колебаниями (горизонтальные грохоты) (рис.4.1,в,г). *По способу возбуждения колебаний*—на грохоты с силовым (центробежным) (рис. 4.1,а,в) и кинематическим возбуждением (эксцентрикковые грохоты) (рис. 4.1,8,г).

По характеру настройки— на грохоты резонансные и нерезонансные. По числу колеблющихся масс—на грохоты одно- и многомассные. По числу сит—на одно- и многоситные.

Наибольшее распространение из-за простоты конструкции получили одномассные грохоты с резонансной настройкой (рис. 4.1, а, б).

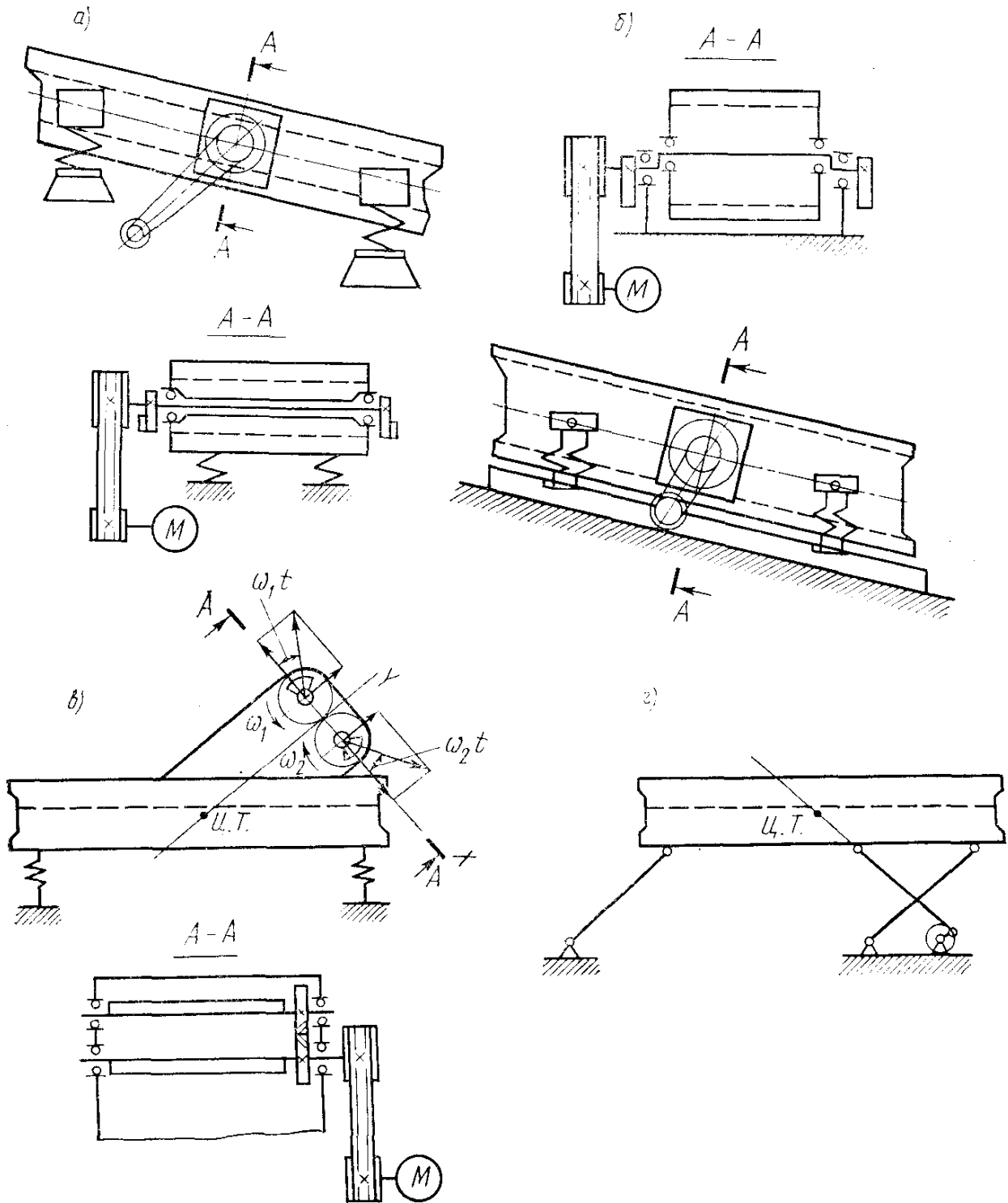


Рис. 4.1. Схемы грохотов

Виброгрохоты с центробежным возбуждением колебаний имеют постоянный статический момент массы дебалансов, а следовательно, и постоянную величину вынуждающей силы

$$F_a = (m_k + 0,15m_m)x_a\omega^2,$$

где m_k —масса короба грохота; m_m —масса материала; X_a —амплитуда колебаний; ω —частота колебаний.

Из этого выражения следует, что амплитуда колебаний короба грохота X_a зависит от массы материала m_m , находящегося на ситах. Это обстоятельство предъявляет повышенные требования к равномерности их питания с целью избежания завалов. Эксцентрикковые грохоты (рис. 4.1,б) имеют жесткое кинематическое возбуждение. Поэтому амплитуда колебаний их коробов всегда независимо от количества материала на ситах равна эксцентриситету e эксцентриккового вала. В этих машинах дебалансы, установленные на концентричных частях эксцентриккового вала, служат лишь для того, чтобы исключить передачу динамических нагрузок на фундамент, возникающих при движении короба грохота. Для этого статический момент массы уравнивающих дебалансов

$$S = m_0r = (m_k + 0,15m_m)e.$$

Поскольку m_m величина не постоянная, полностью исключить передачу динамических нагрузок на фундамент невозможно. Из-за повышенной сложности и динамической нагруженности фундаментов такие грохоты применяют редко.

В зависимости от площади сит, насыпной плотности и крупности сортируемого материала грохоты подразделяются на легкие, средние и тяжелые. В промышленности строительных материалов в основном используются средние и тяжелые грохоты.

Горизонтальные грохоты с направленными колебаниями имеют большую, чем у наклонных, эффективность грохочения. Вибровозбудитель таких грохотов для обеспечения направленных колебаний всегда выполняется двухвальным (см. рис. 4.1,в). Дебалансные валы между собой имеют жесткую кинематическую связь, обычно зубчатую передачу с передаточным отношением, равным 1. Если центробежные силы, развиваемые каждым из дебалансных валов, равны по величине, а сами валы вращаются в противоположных направлениях, но синхронно (т. е. с одинаковой скоростью) и синфазно (т. е. в любой момент времени текущие углы ω_1t ω_2t

равны между собой), то проекции центробежных сил на ось x взаимно уравниваются, а проекции центробежных сил на ось y складываются. При этом возникает и направленная вынуждающая сила, действующая перпендикулярно плоскости, проходящей через оси дебалансных валов.

Как следует из сравнения схем, вибропривод горизонтальных грохотов существенно сложнее вибропривода грохотов с круговыми колебаниями. Поэтому горизонтальные грохоты применяют в тех случаях, когда необходима повышенная эффективность грохочения или если в месте установки стеснен габарит по высоте. Поэтому горизонтальные грохоты нашли широкое распространение на передвижных дробильно-сортировочных установках.

Важнейшей рабочей частью любого грохота является просеивающая поверхность. Просеивающие поверхности выполняют штампованными, проволочными или прутковыми, колосниковыми. Штампованные просеивающие поверхности изготовляют из стальных листов с просеченными в них круглыми, квадратными или прямоугольными отверстиями.

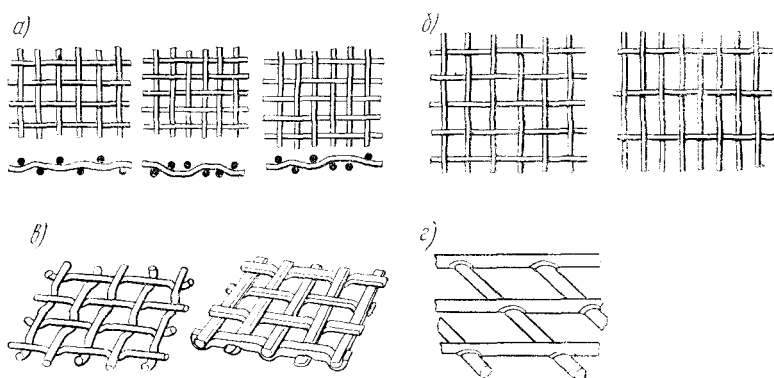


Рис. 4.2. Проволочные просеивающие поверхности

Такие сита наиболее долговечны. Основным их недостатком является малая световая поверхность. При круглых отверстиях она составляет около 50%. Чаще используют сита с круглыми отверстиями диаметром 10 ... 80 мм.

Проволочные, или прутковые, просеивающие поверхности (рис. 4.2) обеспечивают наибольшую полезную площадь (до 70%). Проволочные сита выполняют с квадратными или прямоугольными отверстиями (рис. 4.2,а,б). Часто сита изготовляют из предварительно изогнутой проволоки, которая может быть круглого и специального сечения (рис. 4.2,в). Для прутковых сит применяют прямые, сваренные между собой прутки диаметром 6 ... 8 мм (рис. 4.2,г). Размер отверстий таких сит составляет обычно 60 ... 100 мм.

Колосниковые просеивающие поверхности применяют для крупного грохочения (более 80 мм).

Все сита должны обладать высокими жесткостью и износостойкостью. Поэтому их изготовляют из высокоуглеродистых марганцовистых сталей. В последние годы применяют просеивающие поверхности, выполненные из резины и полимеров. Они обладают износостойкостью большей, чем стальные, однако они недостаточно прочны.

Для устранения этого недостатка иногда резиновые сита выполняют со стальной арматурой. Резиновые и полимерные просеивающие поверхности благодаря возбуждению в них дополнительных колебаний обеспечивают более высокую производительность и эффективность грохочения при сортировке материалов, обладающих тенденцией к налипанию.

Работоспособность грохотов и долговечность сит в большой мере зависят от конструкции крепления их к корпусу грохота. Слабое натяжение сит приводит к быстрому выходу их из строя, особенно проволочных плетеных сит. Поэтому крепление сита должно обеспечивать его постоянное и равномерное натяжение.

Допустимая засоренность любого из продуктов зернами других классов составляет 5%. Поэтому если хотят разделить материал по какому-либо размеру куска $игр$, отверстие сита a принимают несколько большим $игр$ так, чтобы и верхний и нижний продукты были засорены равномерно, но меньше, чем верхний продукт при разделении на сите с отверстиями $d_{зр}$. Так, при $d_{зр} = 40$ мм стандартные отверстия горизонтального сита $a_г = 42$ мм, а наклонного $a_н = 45$ мм.

Важным узлом грохотов с зарезонансным режимом работы являются их опорные виброизолирующие упругие элементы. Чаще всего они выполняются в виде витых цилиндрических пружин сжатия. Применяют также пневматические упругие элементы. Они представляют собой одно- и двухполостные резинокордные оболочки, в которые нагнетается воздух с давлением до 0,5 МПа. Такие пневмоупругие опоры обладают малой жесткостью и высокой диссипацией энергии. Поэтому они обеспечивают хорошую виброизоляцию и снижают при выбеге грохотов амплитуду их колебаний при проходе резонансной частоты. Удовлетворительная виброизоляция несущих конструкций достигается при

$$\omega / \omega_0 \geq 5.$$

Одним из основных параметров грохотов является их производительность. Для грохотов окончательного и промежуточного грохочения (по эмпирической формуле ВНИИстройдормаша) производительность ($м^3/ч$)

$$Q = qSk_1k_2k_3m', \quad (4.1)$$

где q —удельная производительность сита, зависящая от размеров его отверстий, $м^3/(ч \cdot м^2)$; S —площадь сита, $м^2$; k_1 —коэффициент, зависящий от угла наклона грохота; k_2 —коэффициент, зависящий от процентного содержания нижнего класса в исходном продукте; k_3 —коэффициент, учитывающий процентное содержание зерен размером, меньшим $d_{гр}/2$ в нижнем классе; m' —коэффициент, учитывающий неравномерность питания грохота, его тип и форму зерен; для наклонных грохотов $m' = 0,50 \dots 0,60$; для горизонтальных $m' = 0,65 \dots 0,80$.

Значения q, k_1, k_2, k_3 принимаются по графикам или таблицам, приведенным в специальной литературе.

Производительность, эффективность грохочения и способность отверстий сит к самоочищению зависят от амплитуды и частоты колебаний короба грохота, а также от формы траектории его движения. Особо важную роль играет способность грохота к самоочищению отверстий сит. Если отверстия забиваются так называемыми «трудными зернами», т. е. зернами, размер которых близок к размеру отверстий сита в свету, то производительность и эффективность грохочения падают. Способность грохота к самоочищению целиком определяется инерционными силами, приложенными к застрявшим в отверстиях частицам в той части периода движения короба грохота, когда эти силы перпендикулярны поверхности сит и действуют на застрявшие частицы вверх. Если инерционные силы превысят силы трения между застрявшими частицами и элементами сита, то эти частицы будут вырваны из отверстий. Таким образом, чем больше в исходном материале «трудных частиц», тем большие ускорения колебаний должен иметь короб грохота. Силы сопротивления, препятствующие очищению отверстий сит, примерно пропорциональны квадрату линейных размеров частиц, а инерционные силы — кубу линейных размеров. Следовательно, с уменьшением крупности сортируемых частиц ускорения колебаний короба грохота должны расти. Кроме того, ускорения колебаний короба грохота должны повышаться с уменьшением количества частиц нижнего класса в исходном продукте.

Динамическую нагруженность короба грохота и величину его ускорений оценивают динамическим коэффициентом

(4.2)

$$\tilde{A} = \frac{x_a \omega^2 \sin \beta}{g \cos \alpha}$$

где β — угол между плоскостью сит и направлением колебаний;

для горизонтальных грохотов с направленными колебаниями $\beta = 35 \dots 45^\circ$, а для наклонных грохотов с круговыми колебаниями $\beta = 90^\circ$; α — угол наклона сит к горизонтали; для грохотов с направленными колебаниями $\alpha = 0 \dots 6^\circ$, для грохотов с круговыми колебаниями $\alpha = 10 \dots 30^\circ$.

Из выражения (4.2) следует, что динамический коэффициент есть отношение амплитуды ускорения колебаний короба грохота к ускорению силы тяжести, взятые в плоскости, перпендикулярной плоскости сит. Величина динамического коэффициента Γ определяется по эмпирической формуле

$$\tilde{A} = 4 / \sqrt[3]{d_{гр} + (k_2^2 + k_1) / (k_2 k_1)}, \quad (4.3)$$

где $d_{гр}$ в мм.

Экспериментально установлено, что из условий прочности короба грохота должно выдерживаться неравенство $\Gamma \leq 8$.

Эффективность грохочения горизонтальных грохотов при частоте колебаний $\omega = 60 \dots 105 \text{ с}^{-1}$ достигает 90%; а при $\omega = 75 \dots 150 \text{ с}^{-1}$ она составляет 85 %.

Расчет виброгрохотов с центробежным возбуждением колебаний обычно производится по заданной производительности и гранулометрическому составу сортируемого материала в такой последовательности.

1. Выбирают тип грохота (горизонтальный или наклонный) и задаются частотой колебаний его короба ω .

2. Находят необходимую площадь сит (м^2): $F = Q / (qk_1k_2k_3m')$.

3. Задаются размерами сита из соотношения $L_c / B_c = 2 \dots 3$, где L_c и B_c —длина и ширина сита.

4. По формуле (4.3) вычисляют значение коэффициента Γ .

5. Определяют амплитуду колебаний короба грохота (м):

6. Так как грохоты работают далеко зарезонансном режиме, принимают $\omega_0 = 0$ и используя выражение (1.9), находят статический момент массы дебалансов ($\text{Н}\cdot\text{м}$), при котором выдерживается найденное значение X_a :

$$S = m_0 r = - [x_a (m_k + 0,15m_i)] / \cos \varphi$$

По экспериментальным данным $\varphi = 145 \dots 155^\circ$. Далее по найденному значению S рассчитывают геометрические размеры дебаланса.

7. С учетом принятых в и. 5 и 6 допущений, используя выражение (1.20), находят мощность (Вт), необходимую для поддержания колебаний:

$$N_{\text{н}\delta} = - \frac{S \omega^3 x_a}{4} \sin 2\varphi$$

$\mu = 0,0007$

8. Находят мощность (Вт), необходимую для преодоления трения в подшипниках: $N_{\text{о}\delta} = S \omega^3 \mu d_a / 2$, где —приведенный квалу коэффициент трения скольжения подшипника качения; при консистентной смазке $\mu = 0,007$, при жидкой — $\mu = 0,005$; d_a —диаметр вала под подшипником, м .

9. Определяют мощность приводного электродвигателя:

а) для горизонтальных грохотов с направленными колебаниями $N_{\text{дв}} = (N_{\text{ср}} + N_{\text{тр}}) / \eta$;

б) для наклонных грохотов с круговыми колебаниями $N_{\text{дв}} = (2N_{\text{ср}} + N_{\text{тр}}) / \eta$ где где η — КПД привода.

10. Находят суммарную жесткость опорных упругих элементов:

$$c = \frac{\omega^2}{25} (m_k + 0,1m_m)$$

4.2. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ

Гидравлической классификации подвергается материал, крупность которого в основном не превышает 5 мм, т. е. мелкий заполнитель бетона — песок. Использование чистого (обогащенного) песка не только повышает качество бетонных и железобетонных изделий, но и позволяет экономить до 20 % цемента. При гидравлической классификации песков происходит не только их разделение на классы крупности, но и промывка, т. е. отделение илистых, глинистых и других примесей, снижающих их качество. Для

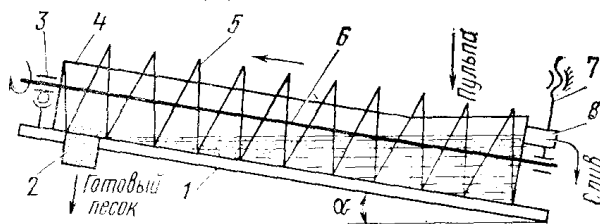


Рис. 4.3. Схема спирального классификатора: 1 — рама; 2 — разгрузочная воронка; 3 — подшипниковая опора; 4 — корыто (короб); 5 — спираль; 6 — вал; 7 — механизм подъема и опускания спирали; 8 — сливной порог

классификации применяются механические (спиральные, речные, дражные, чашевые и др.), гидравлические (горизонтальные, вертикальные) и центробежные (циклоны) классификаторы. Основными рабочими органами в механических классификаторах являются спирали, гребковые рейки и скребки, устанавливаемые на бесконечной ленте или цепи.

При движении рабочих органов пульпа (песок с водой), находящаяся в корыте, взмучивается, мелкие частицы вместе с водой удаляются через сливной порог, а крупные, осевшие на дно, перемещаются к верхнему разгрузочному окну (воронке). При обогащении песков наибольшее распространение получили спиральные классификаторы (рис. 4.3). Они бывают с непогруженной (с высоким порогом) и погруженной спиралью, одно- и двухспиральные. Эти классификаторы используют главным образом для удаления в слив частиц песка размером менее 0,15 мм, а также для его обезвоживания до влажности $W \leq 18 \dots 20\%$. Основным параметром является диаметр спирали, который входит в их условное обозначение. Современные конструкции спиральных классификаторов характеризуются следующими конструктивными параметрами: диаметром спирали (750 ... 1500 мм); частотой вращения спирали (0,085 ... 0,43 с⁻¹); углом наклона корыта (10 ... 25°); производительностью (≤ 2000 т/ч) и мощностью электродвигателей (для вращения до 13,5 кВт и для подъема спирали до 0,6 кВт). Эффективность классификации песков в этих машинах не превышает 70%.

Производительность (т/ч) спиральных классификаторов

$$\dot{I} = 340knD^2$$

где k — коэффициент, учитывающий угол наклона корыта, $k=0,72 \dots 1,1$; n — частота вращения спирали, с^{-1} ; D — диаметр спирали, м.

В вертикальном гидроклассификаторе (рис. 4.4) пульпа подается в классификатор через нижний патрубок и, проходя диффузор, поступает в разделительную камеру, в которой происходит перераспределение частиц по крупности. Вода для образования восходящего потока подается в классификационную камеру. Ча-

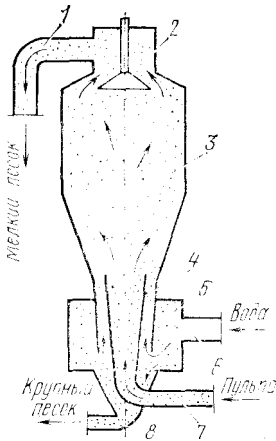


Рис. 4.4. Схема вертикального гидроклассификатора:

1 — сливная труба; 2 — коллектор; 3 — приёмно-распределительная камера; 4 — классификационная камера; 5 — трубопровод; 6 — трубопровод; 7 — патрубок для подачи пульпы; 8 — патрубок для выпуска крупного песка

стицы песка, скорость падения которых меньше скорости восходящего потока, отводятся по трубе через верхний сливной коллектор, а крупные — через выпускное отверстие классификационной камеры на дальнейшее обезвоживание до определенной влажности. Существует несколько конструкций гидроклассификаторов различных типоразмеров до $2000 \text{ м}^3/\text{ч}$ по исходной пульпе и до $400 \text{ м}^3/\text{ч}$ — по исходному песку. Эффективность классификации в таких машинах составляет $75 \dots 90 \%$. Давление в подающем шлам трубопроводе равно $(0,303 \dots 1,01)10^5 \text{ Па}$.

За рубежом при разделении песков на несколько классов применяют ступенчатые и комбинированные установки, состоящие из отдельно объединенных классификаторов, которые позволяют значительно повысить эффективность классификации песков.

Центробежные гидроклассификаторы (центрифуги и гидроциклоны) используют в основном для разделения мелких частиц с граничным диаметром $5 \dots 500 \text{ мкм}$. Эффективность разделения материала определяется соотношением скоростей выпадения (осаждения) частиц и скоростью потока пульпы.

Наибольшее применение получили гидроциклоны, в которых пульпа подводится тангенциально с определенной скоростью под давлением $(0,303 \dots 1,8)10^5$ Па. Гидроциклон представляет собой литой или сварной корпус, нижняя часть которого имеет коническую форму, а верхняя — цилиндрическую. Внутренняя поверхность циклонов имеет износостойкую футеровку. Граница разделения регулируется величиной давления на входном патрубке и не превышает 0,5 мм по крупности материала. Размеры гидроциклонов зависят не только от производительности, но и от крупности частиц. Чем меньше диаметр циклона, тем эффективность разделения материала повышается. Современные гидроциклоны имеют следующие параметры: диаметр (D)—250, 350, 500, 750 и 1000 мм; диаметр питающего патрубка— $(0,1 \dots 0,2)D$; диаметр сливного патрубка— $(0,2 \dots 0,5)D$, производительность—17,5 ... 600 м³/ч.

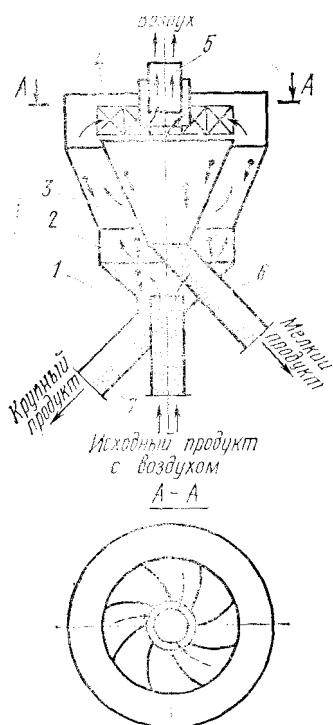
Производительность (т/ч) гидроциклона

$$\dot{V} = k d d_1 \sqrt{p}$$

где k —опытный коэффициент, $k = 250 \dots 300$; d, d_1 —соответственно диаметры питающего и сливного патрубков, м; p —давление в питающем патрубке, МПа.

Эффективность классификации в гидроциклонах не превышает 75%.

4.3. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВОЗДУШНОЙ СЕПАРАЦИИ



Воздушной сепарации подвергают сухие порошкообразные материалы крупностью менее 1 мм. При этом используют проходные и циркуляционные пневматические (воздушные) сепараторы. Они применяются в помольных установках при производстве цемента, гипса, извести и других материалов. При использовании в качестве энергоносителя горячих газов в них производится одновременно и сушка, и классификации материалов.

Рис. 4.5. Схема проходного воздушного сепаратора:

1 — патрубок для воздуха с исходным материалом; 2 — корпус; 3 — конус внутренний; 4 — направляющие лопасти; 5—труба для выпуска; 6, 7—патрубки для отвода мелких и крупных частиц материала

В проходном пневматическом сепараторе (рис. 4.5) воздушный поток проходит по направляющим лопастям во внутренний конус, где из него выпадают мелкие частицы в результате действия центробежных сил. Крупные и мелкие частицы отводятся из сепаратора по соответствующим патрубкам. Граница разделения регулируется с помощью дроссельной заслонки, установленной на питающем патрубке, либо изменением угла установки лопастей. Недостатком такого сепаратора является повышенный расход сжатого воздуха.

Циркуляционные сепараторы с разбрасывающим диском и крыльчаткой более компактны и экономичны, так как в них в один агрегат объединены устройство, создающее избыточное давление воздуха (вентилятор), сепарирующие и осадительные устройства. Пневматические сепараторы имеют следующие параметры: диаметр (3 ... 6,5 м); производительность (15 ... 170 т/ч по цементу); частоту вращения ротора (0,15 ... 4 с⁻¹); расход газа [(95 ... 365) 10³ м³/ч], мощность электродвигателей (9 ... 380 кВт).

Расчет воздушных сепараторов производится в основном по эмпирическим зависимостям.

Диаметр сепаратора (м)

$$D = 1,3\sqrt[3]{V},$$

где V —объем сепаратора, м³;

$$V = Q / k,$$

где Q —необходимый расход газа, м³/ч; k —степень использования объема сепаратора, м³/(м³/ч), $k = 2000 \dots 3500$;

$$Q = \dot{I} / \rho_{\bar{n}}$$

где \dot{I} —производительность по мелкому продукту, кг/ч; ρ_c —объемная плотность (концентрация) среды, кг/м³, $\rho_c = 0,25 \dots 0,35$.

4.4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ

К оборудованию для обогащения нерудного строительного материала относятся машины для промывки, отсадочные машины, установки для разделения в тяжелых жидкостях, по упругости и трению, рентгенсепараторы и др. В промышленности нерудных строительных материалов наибольшее применение получили корытные, барабанные и вибрационные промывочные машины (мойки).

Процесс промывки основан на разрушении глины в водной среде и отделении ее от щебня, гравия и песка. При интенсивном трении всей горной массы в промывочной машине глина разрушается и удаляется вместе со сливом. Удельный расход

энергии (кВт·ч/т) составляет для легкопромываемого материала менее 0,25; среднепромываемого—0,25 ... 1,0; труднопромываемого 1 ... 2; и весьма труднопромываемого — более 2,0.

Корытная мойка представляет собой ванну (корыто), в которой смонтированы один или два вала с лопастями, вращающиеся навстречу друг другу. Лопасты служат для перемешивания и транспортирования материала. Угол установки корыта составляет 7 ... 12°. Применяются различные конструкции корытных моек. Они характеризуются следующими параметрами: производительностью (100 ... 150 т/ч); диаметром, описываемым лопастями (1200 ... 1400 мм); частотой вращения валов (0,15 ... 0,25 с⁻¹). На дробильно-сортировочных заводах корытные мойки устанавливаются, как правило, на последних стадиях переработки сырья для промывки щебня (гравия) крупностью ≤ 60 мм.

Барабанные мойки представляют собой вращающийся барабан (сплошной, перфорированный или комбинированный), установленный на ролики под углом до 7° к горизонтали. Современные мойки имеют барабан диаметром до 4 м, длиной до 10 м и производительностью до 500 т/ч. В них можно промывать материал крупностью до 400 мм.

Вращение барабана осуществляется от привода либо через зубчатую передачу (зубчатый венец и подвенцовую шестерню), —и либо через ролики. Внутри барабана устанавливаются брызгальные устройства, лопасти, специальные ножи и другие приспособления. Материал в барабанных мойках загружается с одного конца барабана, а разгружается с другого (либо через разгрузочный лоток, либо с помощью элеваторного колеса).

Вибрационные мойки применяют для промывки легко-, средне- и труднопромываемого материала. Легкопромываемый материал обрабатывается главным образом на вибрационных грохотах снабженных системой орошения. Труднопромываемый материал подвергается промывке в вибрационных мойках, состоящих из рабочих трубчатых ванн, перфорированных в нижней части, вибровозбудителя и привода. Ванны устанавливаются на раму горизонтально или с небольшим углом к горизонтали на пружинных амортизаторах. На разгрузочном конце ванн имеются пороги для создания определенной толщины материала и регулирования скорости его перемещения.

Применяются вибрационные мойки различной конструкции.

Вибромойки характеризуются следующими параметрами: производительностью (20 ... 100 м³/ч); крупностью промываемого щебня (20 ... 150 мм); амплитудой колебаний (5 ... 6 мм); частотой колебаний (15 ... 16 кол/с); продолжительностью промывки (0,025 ... 0,035 с); расходом воды (40 ... 100 м³/ч) и мощностью электродвигателей (20 ... 40 кВт).

5.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАВОДОВ И УСТАНОВОК

Дробильно-сортировочные заводы относятся к предприятиям промышленности нерудных строительных материалов и предназначены для производства щебня, гравия и песка, используемых для промышленного, гражданского и гидротехнического строительства, а также для строительства автомобильных и железных дорог и других целей. Большим потребителем нерудных материалов является промышленность сборного железобетона.

Дробильно-сортировочные заводы строятся как предприятия районного значения и как ведомственные предприятия. Они бывают стационарные, сборно-заборные и передвижные. Последние называются передвижными дробильно-сортировочными установками (ПДСУ). Сооружаются заводы по высотной или ступенчатой схеме. Производительность современных заводов превышает 2,4 млн. м³/год. В качестве типовых приняты дробильно-сортировочные заводы производительностью 400, 600, 1200 и 2400 тыс. м³/год. Они сооружаются, как правило, в стационарных и отапливаемых помещениях.

ПДСУ применяют для производства щебня и песка при разработке притрассовых карьеров. Они подразделяются на установки малой (до 10 м³/ч), средней (до 50 м³/ч) и большой (свыше 50 м³/ч) производительности. Современные ПДСУ имеют производительность 500 м³/ч и больше и состоят из двух агрегатов и более.

В качестве сырья для получения нерудных строительных материалов используют горные породы, обладающие необходимыми качественными показателями по прочности, морозостойкости, истираемости **СОДЕРЖАНИЮ** вредных примесей и другим параметрам. К таким горным породам относится большинство изверженных и метаморфических пород (гранитов, диабазов, габбро, базальтов и др.), однородных и неоднородных осадочных пород (доломитов, известняков, песчаников и др.), а также гравий и песок. Среди всех месторождений на долю карбонатных пород приходится 40%.

Весь комплекс переработки сырья на дробильно-сортировочных заводах и установках состоит из отдельных взаимосвязанных операций, образующих так называемую технологическую схему.

5.2. ПОДБОР И КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ

На дробильно-сортировочных заводах горное сырье измельчается за несколько стадий. Количество стадий дробления назначается исходя из крупности исходной горной породы и готовой продукции, физико-механических свойств материала и применяемых типов дробилок.

Крупность исходной горной породы на заводе не превышает 1300 мм, а готовой продукции 40 (70) мм. При этом степень измельчения $i=1200/40=30$. Получение такой высоко; степени дробления в одной машине в силу конструктивных е; возможностей очень сложно. Поэтому материал подвергается дроблению в нескольких последовательно установленных дробилках. В каждой такой дробилке осуществляется часть процесса дробления, которая называется *стадией* дробления. Степень дробления, достигаемая в каждой отдельной стадии, называется *частной*, а на всех стадиях вместе—*общей*:

$$i_{\text{общ}} = i_1 i_2 \dots i_e = 3 \cdot 3,1 \cdot 3,2 \approx 30$$

где $i_{\text{общ}}$ —общая степень дробления; (i_1, i_2, i_k) —частные степени дробления; k —количество стадий дробления.

Различают крупное, среднее и мелкое дробление. На практике встречаются заводы с большим количеством стадии дробления. Последовательность стадий дробления называется *схемой* дробления. В схему обычно включается и операция грохочения, Грохочение бывает предварительное, контрольное и окончательное. Дробление выполняется как по открытому, так и по замкнутому циклам. Крупное дробление осуществляется, как правило, по открытому циклу, среднее и мелкое—по замкнутому циклу. При замкнутом цикле из продукта исключается материал, превышающий заданную крупность.

Для расчета схемы дробления и подбора оборудования необходимо иметь: производительность по исходной горной массе или готовой продукции; характеристику крупности исходной горной породы и физико-механические свойства; характеристику крупности продуктов дробления в соответствующих дробилках, установленных на отдельных стадиях; эффективность грохочения и технические требования, предъявляемые к готовой продукции.

Расчет технологических схем производится по стадиям дробления вместе с операциями грохочения, относящихся к ним. В настоящее время расчет производится с применением ЭВМ. Для предварительных расчетов допускается пользование усредненными типовыми характеристиками исходной горной массы и крупности продуктов дробления в дробилках разных типов.

На рис. 5.1 показана схема цепей оборудования дробильно-сортировочного завода. В табл. 5.1 приведены дробилки, рекомендуемые для первой, второй и третьей стадий дробления высокопрочных горных пород. Подбор технологического оборудования дробильно-сортировочных заводов и установок производится по нормам технологического проектирования. Основными показателями, определяющими экономическую эффективность технологической схемы дробильно-сортировочного завода, являются: удель-

ные капитальные затраты на единицу производственной мощности; производительность труда; себестоимость продукции; сроки окупаемости капитальных вложений и др.

Себестоимость производства 1 м³ щебня на заводах в среднем составляет 1,75 ... 2,5 руб., а выработка на одного работающего— 2400 ... 3900 м³/год.

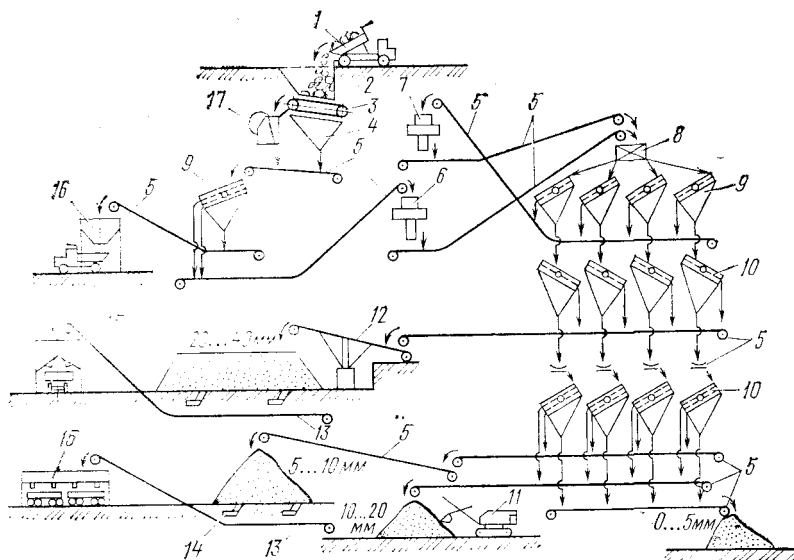


Рис. 5.1. Схема цепей оборудования дробильно-сортировочного завода:

1— автосамосвал; 2 — приемные; бункер; 3 — пластинчатый питатель; 4 — бункер просыпи; 5 — конвейеры; 6 — конусная дробилка среднего дробления; 7 — то же, мелкого дробления; 8—разделительное устройство; 9 — контрольные грохоты; 10—грохоты окончательной сортировки 11 — экскаватор; 12 — штабелюк; 13 — подштабельные конвейеры; 14—подштабельные питатели 15. Железнодорожные бункера с затворами; 16—бункер погрузочный 17—щековая дробилка крупного дробления.

Таблица 5.1. Типы дробилок, применяемых для дробления высокопрочных горных пород

Мощность завода, тыс. м ³ /год	Первая стадия дробления		Вторая стадия дробления		Третья стадия дробления	
	щековые крупнодробления	количество	конусные среднего дробления	количество	конусные мелкого дробления	количество
400	900x1200x130	1	КСД—1750	1	КСД—1750	1...2
600	1200 x1500x150	1	КСД—2200	1	КСД—2200	1...2
1200	1200x1500x130	2	КСД—2200	2	КСД—2200	2...4
2400	1500x2100x180	2	КСД—2200	4	КСД—2200	4...6

**Оборудование для очистки
воздуха и газов от пыли**

6.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ. СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ

Ряд технологических процессов при производстве железобетонных изделий и конструкций (измельчения, сушки и сортировки материалов, транспортирования и хранения заполнителей и цемента, приготовления бетонных и растворных смесей, изготовления арматуры и т. д.) сопровождается значительным пылевыделением. Поэтому применение рациональных конструкций технологического и обеспыливающего оборудования является одним из путей устранения запыленности воздуха не только в производственных помещениях, но и в атмосфере.

Из большого количества обеспыливающего оборудования наибольшее распространение на заводах железобетонных изделий и конструкций получили осадительные камеры, циклоны, рукавные фильтры и электрофильтры. Отделение пыли из воздушных потоков в них происходит в результате действия сил тяжести, центробежных (инерционных), электрических (электростатических) и других сил, а также в результате диффузии. Во всех случаях окончательное отделение пыли от воздушных потоков и ее улавливание определяются действием сил тяжести частиц или условиями их контакта с поверхностями, на которые они осаждаются.

Выбор способа пылеулавливания и соответствующего оборудования определяется главным образом усредненными показателями, приведенными в табл. 6.1. Из этих показателей расчетными являются степень очистки воздуха или газа в данном аппарате и его гидравлическое сопротивление.

Степень очистки (эффективность пылеулавливания, или КПД пылеуловителя), %

$$\eta = \frac{m_{\text{улов}}}{m_{\text{вх}}} 100 = \frac{\dot{m}_{\text{вх}} - \dot{m}_{\text{вых}}}{\dot{m}_{\text{вх}}} 100$$

или

$$\eta = \frac{V_{\text{в}} C_{\text{вх}} - V_{\text{в}} C_{\text{вых}}}{V_{\text{в}} C_{\text{вх}}} 100 = \frac{C_{\text{вх}} - C_{\text{вых}}}{m_{\text{вх}}} 100$$

где $m_{\text{улов}}$ — массовый расход уловленных аппаратом частиц пыли, кг/с; $m_{\text{вх}}$, $m_{\text{вых}}$ — массовый расход частиц пыли соответственно на входе и выходе аппарата, кг/с; $V_{\text{в}}$ — расход воздуха или газа, проходящего через пылеуловитель, м³/с; $C_{\text{вх}}$, $C_{\text{вых}}$ — концентрация пыли в воздухе соответственно на входе и выходе аппарата, кг/м³.

Степень очистки воздуха в нескольких последовательно установленных пылеуловителях (%)

$$\eta_{\text{и}} = [1 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \dots (1 - \eta_n)] 100$$

где $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$ — относительная степень очистки газа в каждом из установленных последовательно аппаратов, в долях единицы;
 n — количество аппаратов.

Таблица 6.1. Усредненные показатели обеспыливающего оборудования

Обеспыливающее оборудование	Максимальное содержание пыли в воздухе, кг/м ³	Размеры улавливаемых частиц пыли, мкм	Степень очистки, %	Гидравлическое сопротивление, Па	Максимальная температура воздуха на входе в аппарат, °С
Пылеосадительные камеры	—	100	30...40	—	Не лимитируется
Циклоны	0,40	10	70...95	400...700	400
Батарейные циклоны	0,10	10	85...90	500...800	400
Тканевые фильтры	0,02	1	98...99	500...2500	100 (130) 250*
Электрофильтры	0,01...0,05	0,5...5	99	100...200	425

Соответственно для шерсти и хлопка, лавсана и стеклоткани.

Гидравлическое сопротивление $\Delta\rho$ (Па), определяющее энергетические затраты на подачу и прохождение газа через аппарат,

$$\Delta\rho = \xi \rho_a v_a^2 / 2,$$

где ξ - коэффициент гидравлического сопротивления аппарата;

ρ_a - плотность газа на входе в аппарат при рабочей температуре, кг/м³; v_a - скорость газа во входном патрубке, м/с.

6.2. ПЫЛЕОСАДИТЕЛЬНЫЕ КАМЕРЫ

Пылеосадительные камеры (рис. 6.1) предназначены для улавливания из воздушных потоков частиц пыли размером более 100 мкм. Они представляют собой емкость, состоящую из одной или нескольких камер 7, входного 2 и выходного 4 патрубков, отражательных 3 и междукамерных 5 перегородок и разгрузчика пыли 6. В пылесадительных камерах отделение пыли происходит в результате ее осаждения под действием силы тяжести частицы. Длина камеры (мм), необходимая для полного осаждения из ламинарного (турбулентного) потока всех частиц со скоростью витания $U_{\text{вит}}$ (м/с),

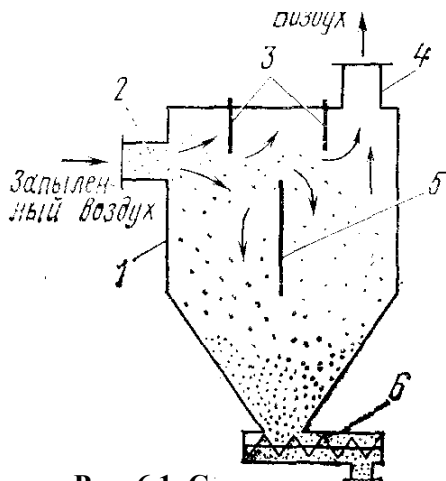


Рис. 6.1. Схема пылеосадительной камеры

определяется по формуле

$$L = v_a H / v_{\text{ос}} \quad (6.1)$$

где v_a — скорость турбулентного потока, м/с; H — высота камеры, м.

Осаждение частиц под действием сил тяжести происходит очень медленно.

Эффективность осаждения пыли не зависит от распределения скоростей U_m по поперечному сечению камеры, если поток полностью заполняет это сечение. Так как поток воздуха вводится в камеру через отверстие небольшого размера, то предусматриваются соответствующие воздухораспределительные устройства. Вследствие большого размера камер течение воздушного потока в них практически всегда турбулентное. Скорость воздушного потока равна 0,25 ... 1,0 м/с.

Пылеосадительные камеры используются для предварительной (грубой) очистки воздуха и газа от пыли и устанавливаются как отдельно, так и последовательно с другими пылеуловителями. Ввиду небольшой степени очистки они имеют ограниченное применение.

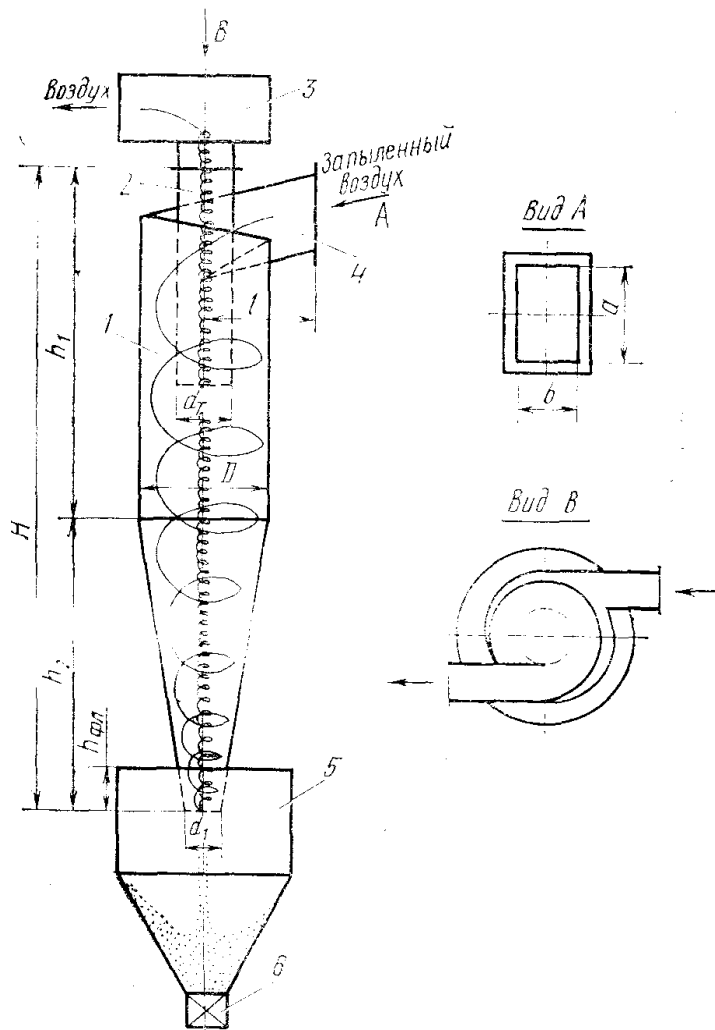
6.3. ЦИКЛОНЫ

Циклоны предназначены для улавливания из газовых потоков частиц пыли размером более 10 мкм. Процесс разделения в них газа и пыли основан на действии центробежных (инерционных) сил и разности плотности частиц пыли и газа, находящихся во вращательном движении. Центробежные силы, возникающие в аппаратах, обеспечивают большую эффективность процесса разделения по сравнению с действием только сил тяжести. Соотношение этих сил называют *фактором разделения*:

$$f = \frac{P_{\text{ц}}}{G} = \frac{\rho \omega_{\text{ц}}^2 / 2}{\rho g} = \frac{v_{\text{ц}}^2}{Rg},$$

где m — масса частицы пыли, кг; $\omega_{\text{ц}}$ — окружная скорость частицы (принимается равной скорости газового потока во входном патрубке циклона, м/с); R — радиус циклона, м.

Из выражения (6.1) следует, что эффективность разделения возрастает с увеличением скорости газового потока и с уменьшением радиуса циклона. Однако значительное увеличение скорости связано с возрастанием гидравлического сопротивления циклона и усилением местных завихрений, срывающих уже осевшие частицы пы-



ли, что приводит к ухудшению очистки газа. Наиболее эффективной является скорость газового потока на входе в циклон в пределах 20 ... 25 м/с. Условная скорость газа в циклоне, обеспечивающая высокую степень очистки, равна 3 ... 3,5 м/с.

На рис. 6.2 показана схема конструкции циклона типа ЦН. Он состоит из цилиндроконического (конического) корпуса 7, входного патрубка 4, выхлопной трубы 2, улитки 3, приемного бункера 5 и затвора 6. Для непрерывного отвода осевшей пыли применяется винтовой (шнековый) конвейер. Запыленный воздух поступает в циклон через тангенциально встроенный патрубок 4 и, приобретая вращательное движение, опускается по спирали вниз по внутренней поверхности цилиндрической и конической частям корпуса,

образуя внешний вращающийся вихрь. Под действием центробежных сил частицы пыли, находящиеся в газовом потоке и обладающие значительно большей плотностью, чем газ, отбрасываются к стенкам циклона и перемещаются вниз за счет сил тяжести и давления газового потока. Из нижней части корпуса пыль поступает в приемный бункер 5, снабженный затвором 6.

В конической части корпуса циклона газовый поток начинает менять свое направление и от нижнего торца перемещается вверх к выхлопной трубе, образуя внутренний вращающийся вихрь. Освобожденный от пыли воздушный поток поступает в выхлопную трубу 2 и, поднимаясь по ней вверх винтообразно, удаляется из циклона через улитку 3. В бункере 5 создается большее разрежение, чем на выходе из выхлопной трубы 2, поэтому при наличии даже незначительных подсосов (из-за нарушения герметичности) струя воздуха, захватывая частицы пыли, выносит их из циклона, снижая при этом степень очистки.

Циклоны рассчитаны на высокую запыленность воздуха (газа) до $2,5 \text{ кг/м}^3$ и температуру до $400 \text{ }^\circ\text{C}$ при разрежении или давлении до 2500 Па .

В зависимости от количества поступающего запыленного воздуха (газа) применяются одиночные или групповые циклоны, включающие 2, 4, 6 и 8 циклонов.

Тип циклона, обеспечивающий заданную степень очистки, выбирается с помощью специальных зависимостей условной степени очистки газа от условного времени его пребывания в циклоне, исходя из минимума приведенных затрат, учитывающих конструктивные, технологические и эксплуатационные показатели.

Диаметр циклона

$$D = 0,94 t_y \sqrt[3]{\hat{E}_o \hat{E}_y \geq \hat{E} \tilde{N}_{ao}},$$

где t_y — условное время пребывания газа в циклоне, с, $t_y = 0 \dots 2$; K_u — коэффициент, учитывающий тип циклона; $K_{\text{э}}$ — коэффициент, учитывающий условия эксплуатации; K — коэффициент, учитывающий адгезионные свойства пыли, для слабослипающихся пылей $K = 2$; для среднеслипающихся пылей $K = 4$; для сильнослипающихся пылей $K = 8$; $C_{\text{вх}}$ — начальная запыленность воздуха, кг/м^3 .

Количество циклонов (шт.) в одной установке

$$z = 4V_a / \pi D^2 v_a$$

где V_a — расход запыленного воздуха при заданной температуре, $\text{м}^3/\text{с}$; v_a — скорость газа (воздуха), м/с ; $v_a = D/t_y$

6.4. ТКАНЕВЫЕ РУКАВНЫЕ ФИЛЬТРЫ

Тканевые рукавные фильтры (рис. 6.3) представляют собой вертикально расположенные секции рукавов 1, помещенные в герметичный корпус 2 прямоугольного или круглого сечения и оснащены

встряхивающим механизмом 3, клапанами 5 для очищенного воздуха и продувки, патрубками 4, 6, 7 и винтовым конвейером 8.

При прохождении запыленного газа через фильтровальную ткань твердые частицы пыли постепенно осаждаются в порах между волокнами, сцепляются друг с другом, образуя пористую перегородку. При образовании пылевого слоя определенной толщины, когда резко увеличивается гидравлическое сопротивление фильтра (500 ... 2000 Па), производится удаление пыли встряхиванием или обратной продувкой рукавов.

Тканевые рукавные фильтры работают в диапазоне температур, верхний предел которых определяется термостойкостью фильтровальной ткани (сукно № 1—80°C; байка ЧШ—95°C; нитрон—120 °C; лавсан—130°C; стеклоткань—240°C), а нижний—точкой росы очищаемого газа. Основной характеристикой рукавных фильтров является общая поверхность S его рукавов (z). Так как во время работы фильтра с обратной продувкой часть его рукавов z_{np} отключается на регенерацию, то общая поверхность (m^2)

$$S = S_{\phi} z / (z - z_{i\delta}),$$

где S_{ϕ} — расчетная поверхность фильтрации, m^2 .

При импульсной продувке $S = S_{\phi}$.

Для фильтров, состоящих из n секций, количество рукавов, работающих одновременно на продувку $z_{np} = z/n$. Для односекционных фильтров $z_{np} = (0,15 \dots 0,20)z$

Расчетная поверхность фильтрации;

$$F_{\delta} = (V_{\bar{a}} + V_{i\delta} + V_{\bar{i}}) / q_{\delta} \geq \delta_{\bar{a}\delta} / q_{\delta}$$

где $V_{\bar{r}}$ — расход запыленного воздуха (газа), поступающего в фильтр, m^3/c ; V_{np} — расход воздуха на продувку, m^3/c ; $V_{np} = (0,1—0,2) V_{\bar{r}}$; $V_{\bar{n}}$ — то же, на подсос, m^3/c ; q_{ϕ} — допускаемая удельная нагрузка фильтра по газу, $m^3/(m^2c)$, $q_{\phi} = (0,8 \dots 1,0) \times 10^{-2}$; $m_{вх}$ — массовый расход пыли на входе в фильтр, г/с; q_{τ} — допустимая удельная запыленность ткани фильтра, г/(m^2c), $q_{\tau} = (0,2 \dots 0,3)$.

Расход подсасываемого воздуха зависит от температуры запыленного воздуха. Если запыленный газ подходит к фильтру с высокой температурой t_r , которую необходимо снизить до темпера-

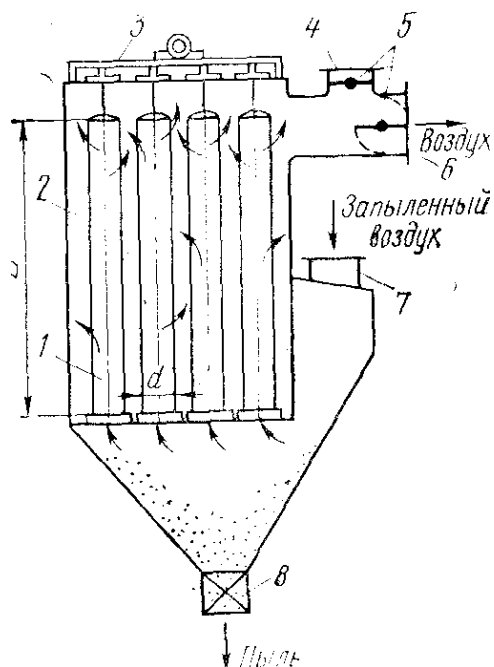


Рис. 6.3. Схема тканевого рукавного фильтра

туры смеси $t_{см} < t_{доп}$ за счет подсоса холодного воздуха, то количество подсасываемого воздуха

$$V = V_{\bar{a}} \frac{\rho_{\bar{a}}(t_{\bar{a}} - t_{\bar{m}})}{\rho_{\bar{a}}(t_{\bar{m}} - t_{\bar{a}})}$$

где $\rho_{\text{гр}}$ и $\rho_{\text{в}}$ — соответственно плотность газа и подсасываемого холодного воздуха, кг/м³; $t_{\text{в}}$ — температура атмосферного воздуха, °C, $t_{\text{г}} = 20$ °C.

Если запыленный газ подходит к фильтру с $t_{\text{г}} < t_{\text{доп}}$, то $V_n = (1,0 \dots 1,10) t_{\text{г}}$ -Фильтры ФВ(ФВК) — всасывающие автоматизированные с механическим встряхиванием рукавов и обратной продувкой ткани наружным воздухом. Рукава снабжены кольцами жесткости. Параметры фильтров ФВК аналогичны параметрам фильтров ФР.

6.5. ЭЛЕКТРОФИЛЬТРЫ

Электрофильтры применяются на второй ступени очистки, обеспечивая эффективность улавливания до 0,99 при начальной запыленности газа до 0,05 кг/м³. Они работают при разрежении в системе 2 ... 5 кПа, создавая гидравлическое сопротивление в 150 ... 200 Па.

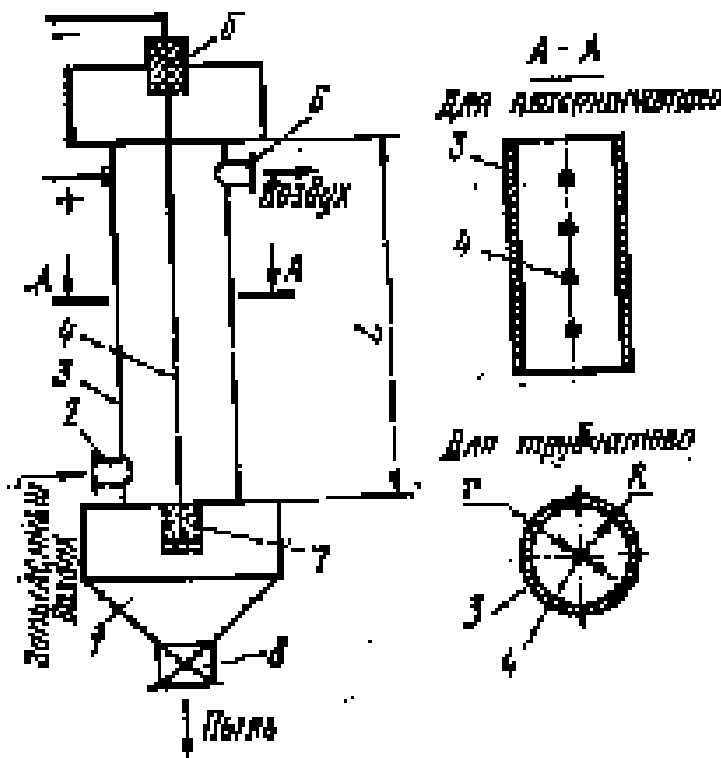


Рис. 6.4. Элементы электрофильтра

Основными элементами электрофильтра (рис. 6.4) являются осадительная камера 1, осадительный электрод 3, коронирующий электрод 4, установленный на изоляторах 5 и 7, патрубки 2 и 6 для подвода и отвода газов и затвор 8. Осадительные электроды выполнены в виде труб цилиндрических или шестигранных) или пластин, а коронирующие из нихромовой проволоки диаметром 2 ... 3 мм. При создании между электродами разности Потенциалов в 55...70 кВ газ ионизируется и заряженные ионами частицы пыли

переносятся к осадительному электроду. Пыль, осевшая на электроде, периодически встряхивается специальным устройством. Электроны, которые не получили от электрического поля достаточно энергии, возвращаются на первоначальный уровень энергии, отдавая аккумулированную энергию в виде ультрафиолетовых лучей.

Вследствие этого коронный разряд характеризуется легким свечением электродов.

Подбор электрофильтра производится в соответствии с заданными условиями его работы по площади сечения активной зоны с проверочным расчетом степени очистки.

Исходя из современной практики проектирования и эксплуатации оборудования для очистки воздуха и газов от пыли необходимо руководствоваться следующими соображениями при выборе типа пылеуловителя: а) пылеосадительные камеры целесообразно применять при больших концентрациях крупнодисперсной пыли, в частности для предварительной очистки воздуха. Размеры камер устанавливаются путем ориентировочного расчета. Среднюю скорость потока принимают 0,6 м/с; б) циклоны применяют преимущественно в качестве первой ступени очистки. При наличии ограничений по высоте применяют циклоны ЦН-15у, а при особых ограничениях по расходу энергии или в случае очень крупной пыли — циклоны ПН-24; в) тканевые пылеуловители получают более широкое распространение ввиду их высокой эффективности и возможности избежать мокрых процессов; г) электрические фильтры очень перспективны. Они обладают всеми преимуществами сухих пылеуловителей, но значительно эффективнее циклонов, не требуют частой замены рабочих органов, как, например, рукавные фильтры, и т. д.; д) герметичность пылеуловителей и их соединение с подводящими и отводящими каналами, а также герметичность разгрузочных отверстий являются необходимым условием эффективной очистки. В качестве разгрузочных устройств пылеуловителей используют механические барабанные затворы, винтовые конвейеры, конусные мигалки типа ВТИ, периодически срывающиеся под давлением пыли; е) при эксплуатации необходимо предусматривать автоматизированный контроль таких основных параметров пылеулавливающих установок, как расход или скорость воздуха, температура газа, сопротивление, степень очистки и др., а также решать вопросы их обслуживания и ремонта.

Пыль, содержащаяся в воздушных выбросах, в зависимости от ее дисперсности либо оседает на поверхность земли, либо разносится воздушными потоками, образуя загрязнение атмосферы земли. В большинстве стран допустимая концентрация пыли в воздушных выбросах вентиляционных систем ограничена величиной в 150 мг/м^3 . Предельно допустимая концентрация пыли в выбросе $C=100K$, где K — коэффициент, определяемый в зависимости от предельно допустимой концентрации (ПДК) той же пыли в воздухе рабочей зоны производственных помещений, $L=0,3 \dots 1,0$ при $\text{ПДК} < 2 \dots 10 \text{ мг/м}^3$.

6.6. УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБЕСПЫЛИВАНИЯ СПЕЦОДЕЖДЫ

Часто на заводах железобетонных изделий и конструкций возникает необходимость в сухой очистке от пыли и грязи спецодежды рабочих. Для очистки используют механизированные щеточные устройства, била, струю сжатого воздуха и т. п. Рабочие органы таких устройств оказывают только локальное воздействие на отдельные участки одежды, из-за чего необходимо менять ее положение. Более эффективны устройства, в которых очистка производится средствами, обычными для систем вентиляции. При этом обеспыливание происходит в результате проявления инерционных эффектов, возбуждаемых в процессе взаимодействия обеспыливаемых тканей с воздушными потоками, обтекающими их с относительно небольшими скоростями. Встряхивание ткани осуществляется при ее колебательных движениях, вызванных бегущими волнами.

Разработаны секционные обеспыливатели ПА-1 и ПА-2, а также цилиндрические обдувочные камеры ОК-2.

Для обеспыливания хлопчатобумажных и брезентовых костюмов массой до 6 кг скорость движения воздуха в обеспыливателях составляет 10 ... 12 м/с, число встряхиваний—до 10 ... 12 в 1с. Амплитуда колебаний равна ширине секции (я150 мм). Аэродинамическое сопротивление обеспыливателя — 5 ... 8 Па и зависит от массы одежды.

ГЛАВА 7

Комплекты оборудования технологических линий для производства железобетонных изделий

7.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

В гражданском и промышленном строительстве нашей страны около 90% сборного железобетона составляют типовые унифицированные конструкции, отвечающие требованиям заводской технологичности. Конструкции выполняются в основном линейными плоскостными и блочными. К линейным относятся колонны, фермы, ригели, балки, прогоны различного назначения; к плоскостным -плиты покрытий и перекрытий, панели стен и перегородок, стенки бункеров и резервуаров, подпорные стенки и т. п.; к блочным — массивные изделия фундаментов, стен подвалов и т. п. В отдельных случаях изготавливают также конструкции пространственного типа: санитарные кабины, объемные блок-комнаты, кольца колодцев и т. п.

В настоящее время применение сборного железобетона в строительстве составляет, % :

Жилищное и гражданское строительство	48
Промышленное и энергетическое строительство, транспорт и связь	31... 32
Сельское и мелиоративное строительство	18
Прочее строительство	2...3

Наиболее массовым видом конструкций являются стеновые панели и панели перекрытия, что связано с дальнейшим развитием полносборного домостроения.

Производство железобетонных изделий и конструкций осуществляется на конвейерных, полуконвейерных, поточно-агрегатных, кассетных и стендовых технологических линиях.

Конвейерное производство является усовершенствованным видом поточно-агрегатного способа. При нем формы с изделиями перемещаются от одного поста к другому специальными транспортными средствами в принудительном ритме. Весь процесс изготовления изделий делится на ряд технологических операций, одна или несколько из которых выполняются на определенном посту. Тепловые агрегаты являются частью конвейерной линии и работают также в принудительном ритме. Это обуславливает одинаковые или кратные расстояния между технологическими постами (определенный шаг конвейера) и одинаковые размеры агрегатов.

Конвейерные линии делятся: по характеру работы на работы периодического и непрерывного действия; по способу транспортирования — с формами, передвигающимися по рельсам или роликам, и с формами, образуемыми непрерывной стальной лентой или составленными из ряда элементов и бортовой оснастки; по расположению тепловых агрегатов — параллельно конвейеру в вертикальной или горизонтальной плоскости, а также в створе формовочной части конвейера. Наиболее распространены конвейерные линии периодического действия с формами, передвигающимися по рельсам. Рациональными областями применения конвейерных линии считается слезна визированное производство изделий одного вида и тш;а (панели перекрытий, дорожные плиты, панели внутренних и наружных стен зданий л т. п.). Число постов на линиях составляет 6 ... 15. Ритм работы—8 ... 30 мин. Скорость перемещения конвейера колеблется от 10 до 60 м/ч.

Количество конвейерных линий периодического действия 2к (шт.) определяется режимом формования, номенклатурой изделий и продолжительностью работы:

$$z_{\hat{e}} = \dot{I}_{\hat{a}} t_{\hat{e}} / (60V_{\hat{e}} z_{\hat{e}} T_{\hat{a}}) \tag{7.1}$$

где Π_r — расчетная (заданная) производительность, м³/год t_k —ритм (продолжительность) работы конвейерной линии, мин (табл. 7.1); V_u —объем изделия, м³ (определяется расчетом или принимается по справочной литературе); z_u — количество одновременно формуемых изделий (задается из условий рациональной работы конвейера);

T_r —расчетный годовой фонд времени работы конвейера, ч (определяется расчетом или принимается по справочной литературе)

$$T_{\bar{a}} = D_p z_{\bar{m}} t_{\bar{m}} K_{\bar{a}} \quad (7.2)$$

где D_p — расчетное число рабочих суток (дней) в году, $D_p=247(248)$; $z_{\text{см}}$ — количество рабочих смен в сутки, $z_{\text{см}}=3$; $t_{\text{см}}$ — продолжительность смены, ч, $t_{\text{см}}=8,2$; $K_{\bar{a}}$ — коэффициент использования конвейера по времени, $K_{\bar{a}}=0,8 \dots 0,9$.

В том случае, когда уже сделан выбор количества конвейерных линий, можно по формуле (7.1), исходя из заданной производительности, определить фактический ритм работы конвейера. При расчете ритма работы конвейера следует учитывать продолжительность операций, связанных с остановкой конвейера, а также время, необходимое для перемещения форм с поста на пост.

Количество форм-вагонеток (шт.) для конвейера периодического действия

$$z_{\text{ф}} = 1,05(z_{\text{п}} + z_{\text{т}} + z_{\text{у}}),$$

где 1,05—коэффициент запаса, учитывающий ремонт форм-вагонеток; $z_{\text{п}}$ — число форм-вагонеток на постах конвейера, $z_{\text{п}} = 6 \dots 15$; $z_{\text{т}}$ — то же, на тепловых агрегатах; $z_{\text{у}}$ — то же, на передаточных устройствах, $z_{\text{у}} = 2 \dots 4$.

$$z_{\text{т}} = 2,5 t_{\text{с}} t_{\text{ф}} / t_{\text{к}},$$

где $t_{\text{с}}$ — количество рабочих часов в сутки, ч, $t_{\text{с}} = z_{\text{см}} t_{\text{см}}$; $t_{\text{ф}}$ — средняя продолжительность пребывания формы в тепловом агрегате непрерывного действия, ч (определяется по графикам из справочной литературы), $t_{\text{ф}} = 4 \dots 18$; $I_{\text{к}}$ — ритм работы конвейера, мин и зависит от сложности работы конвейера, цикла подачи

форм в тепловой агрегат (10 ... 60 мин), продолжительности тепловлажностной обработки изделий (5 ... 15 ч) и т. п.

Таблица 7.1. Продолжительность ритма конвейерных и поточно-агрегатных технологических линий

Формуемые изделия	Продолжительность цикла t (мин) при объеме бетона, м ³		
	ДО 1,5	...3,5	3,5... 5
Однослойные изделия несложной конфигурации	10/8	16/12	25/23
Однослойные изделия сложной формы, несколько изделий в одной форме	13/10	22/20	36/30
Многослойные или офактуренные изделия	25/18	32/24	40/30

Примечание. В числителе'—значения продолжительности цикла для поточно-агрегатной линии, а в знаменателе—для конвейерных линий.

Количество конвейерных линий непрерывного действия (шт.)

$$z'_k = \dot{I} \tilde{a} / (v_{\tilde{e}} b_{\tilde{e}} h_{\tilde{e}} k_{\tilde{r}} T_{\tilde{a}}),$$

где $\dot{I}g$ — производительность, м³/год; v_k — скорость перемещения конвейера (формовочной ленты), м/ч, $v_k=10 \dots 30$; b_l — ширина формовочной ленты конвейера, м; h_u — высота изделия, м; k_{π} — коэффициент, учитывающий потери на бортоснастку и т. п., $k_{\pi}=0,9 \dots 0,95$.

Поточно-агрегатный способ производства заключается в том, что технологические операции последовательно осуществляются на отдельных рабочих постах. Часть операций обычно выполняют одновременно, например операции распалубки изделий и осмотра и подготовки форм совмещают с формованием изделий. Формование производится на виброплощадках в одиночных и групповых формах; на виброплощадках в одиночных формах с пустотообразователями без вибромеханизмов; на формовочных установках с использованием пустотообразователей, оснащенных вибромеханизмами; на роликовых и ременных центрифугах в разъемных и неразъемных формах на специальном оборудовании для виброгидропрессования на ударных столах в металлических формах, агрегатах вибрационного действия с применением вакуумирования и т. д. В состав технологической линии, как правило, входят формовочный агрегат с бетоноукладчиком; установки для заготовки и натяжения арматуры; формоукладчик; камеры твердения; участки распалубки, остывания изделия, их отделки и технического контроля; пост чистки и смазки форм; площадки под запасник арматуры, закладных деталей, утеплителя, складирования форм, их оснастки и текущего ремонта; стенд для испытания готовых изделий и т. д. Количество формовочных установок или агрегатов определяется по формуле (7.1).

Когда известны размеры технологической линии и компоновка оборудования фактическая продолжительность цикла формования изделий (мин)

$$t_{\delta} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = t_1 + \frac{l}{v} + \frac{l_1}{v_1} z_{r\delta} + t_4 + t_5$$

где t_1 — продолжительность установки и снятия формы с виброплощадки, мин, $t_1=1 \dots 2$; t_2 — продолжительность холостого хода бетоноукладчика, мин, $t_2=3 \dots 10$; t_3 — то же, рабочего хода бетоноукладчика, мин, $t_3=3 \dots 15$; t_4 — то же, уплотнения смеси, мин, $t_4=2 \dots 10$; t_5 — то же, дополнительных неучтенных рабочих операций, мин, $t_5=1 \dots 3$; l — длина холостого хода бетоноукладчика, м; l_1 — длина формуемого изделия, м; v, v_1 — скорости холостого и рабочего хода бетоноукладчика, м/мин; $z_{\text{пр}}$ — число проходов бетоноукладчика для полного заполнения формы смесью, $z_{\text{пр}}=2 \dots 3$

Расчетный годовой фонд времени работы установок определяется по формуле (7.2) при значениях параметров: $D_p=253 \dots 255(305)$ дн.; $z_{cm}=2 \dots 3$; $t_{cm}=8,2 (6,83)$ ч; $K_B=0,9 \dots 0,85$.

Количество форм

$$z_{\hat{o}} = 1,05 \frac{60 t_c t_{i\hat{o}} z_y}{24 t_{\hat{o}}} = 1,05 \cdot 2,5 \frac{t_c t_{i\hat{o}} z_y}{t_{\hat{o}}}$$

где 1,05 — коэффициент запаса, учитывающий ремонт форм; t_c — количество рабочих часов в сутки, ч, $t_c=z_{cm}t_{cm}$; t_{of} — среднее время одного оборота формы, ч; z_y — количество формовочных установок (линий); t_{ϕ} — продолжительность цикла формования изделий, мин;

$$t_{i\hat{o}} = t_{ok} + \frac{t_{\hat{o}}}{60} + \frac{t'_{\hat{o}}}{60}$$

где t_{ok} — среднее время оборота тепловой камеры, ч, определяется по графикам из справочной литературы. $t_{ok}=15 \dots 22$; t'_{ϕ} — продолжительность операций, не вошедших в цикл формования t_{ϕ} (распалубки, чистки и смазки форм, установки арматуры и других неучтенных работ), мин, $t'_{\phi}=9 \dots 15$.

Среднее время оборота тепловой камеры зависит от цикла загрузки камеры (60 ... 140 мин), продолжительности выдержки и тепловлажностной обработки изделий (9 ... 13 ч), количества форм в камере, продолжительности рабочих суток и т. п.

Коэффициент оборачиваемости форм $K_{of}=24t_{of}$. **Кассетное производство** широко используется при изготовлении сплошных панелей перекрытий и внутренних стен, перегородок промышленных зданий, плит облицовки каналов, лестничных маршей, вентиляционных блоков и т. п. Формование изделий осуществляется в двух- и многоместных кассетах периодического действия, в том числе с пустотообразователями и в кассетах непрерывного действия (кассетно-конвейерный способ производства). Уплотнение бетонной смеси производится с помощью наружных и глубинных вибровозбудителей. Тепловлажностная обработка осуществляется на месте за счет циркуляции пара внутри тепловых отсеков кассеты.

Количество кассетных установок

$$z_{ky} = \Pi \Gamma / (D_p V_{и} z_{и} k_{ок}), \quad (7.3)$$

коэффициент оборачиваемости кассеты в сутки, $k_{ок}=1 \dots 2$;

$$k_{ок} = 24/t_{ок} = 24/(t_p + t_{сб} + t_y + t_{то} + t_{пр})$$

где $t_{ок}$ — продолжительность оборота кассеты; t_p — то же, разборки кассеты и извлечения изделий; $t_{сб}$ — то же, чистки и смазки кассеты, установки арматуры и закладных деталей, сборки кассеты; t_y — то же, укладки и уплотнения бетонной смеси; $t_{то}$ — то же, выдержки и тепловлажностной обработки; $t_{пр}$ — то же, неучтенных операций.

При стандовом производстве изделия формируют в стационарных формах. Тепловлажностная обработка бетона производится на месте формирования. Стандовые технологические линии рекомендуется использовать для изготовления крупноразмерных, особенно предварительно напряженных изделий (стропильных и подстропильных балок и ферм; подкрановых балок, ригелей, плит типа П и КЖС и т. п.). Уплотнение бетонной смеси осуществляется навесными или глубинными вибровозбудителями.

Для линейных технологических стандов рекомендуется пользоваться следующими параметрами: длина станда — 75 ... 120 м;

ширина — до 3,6 м; число полос в пролете цеха — не менее 2;

оборачиваемость стандов — 1 ... 1,5 сут. Количество форм рассчитывается по формуле (7.3).

Технико-экономическая оценка работы технологической линии производится на основе сопоставления ее показателей с показателями технологической линии, принятой за эталон. В настоящее время применение основных технологических схем производства железобетонных конструкций характеризуется следующими показателями:

	<i>Доля от общего производства, о/о</i>	<i>Трудоемкость, цел -ч/м³</i>
Поточно-агрегатная.....	55...18	12...12
Стандовая, кассетно-стандовая	30	17...18
Конвейерная.....	12...15	10...11

Преобладание поточно-агрегатной схемы производства объясняется ее гибкостью и универсальностью, что позволяет наиболее эффективно изготавливать изделия большой номенклатуры при относительно малых партиях. Поточно-агрегатная схема в большей мере отвечает требованиям гибкой технологии с применением роботехнических средств. Стандовое производство используется для выпуска тяжелых и длинномерных железобетонных изделий.

Основными задачами совершенствования технологии являются: обеспечение увеличения производительности труда и уровня заводской готовности изделий, снижение материалоемкости и повышение качества.

7.2. КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОДНОСЛОЙНЫХ ПАНЕЛЕЙ НАРУЖНЫХ СТЕН

Изготовление однослойных панелей наружных стен производится на конвейерной линии (рис. 7.1), состоящей из десяти постов. Тепловая обработка изделий предусмотрена в двух вариантах:

- 1) в подземных щелевых камерах непрерывного действия и
- 2) в напольных выносных камерах непрерывного действия.

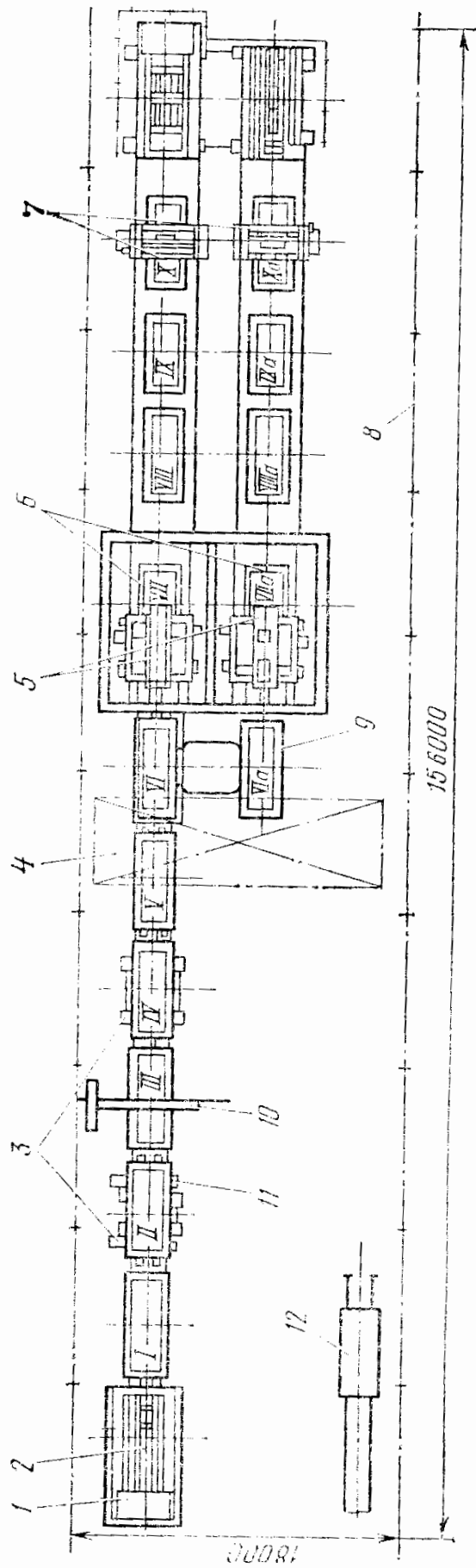


Рис. 7.1. Схема конвейерной линии для изготовления панелей наружных стен:
 1 — подъемник; 2 — передаточная тележка; 3 — устройство для открывания бортов; 4 — мостовой кран; 5 — бетоно-
 укладчик; 6 — виброплощадка и подъемные рельсы; 7 — отделочная машина; 8 — линия для отделки и комплектации панелей; 9 —
 передаточное устройство; 10 — консольный передвижной кран; 11 — кантователь; 12 — самоходная тележка

Таблица 7.2. Комплект оборудования конвейерной линии для изготовления однослойных панелей наружных стен

Наименование оборудования	Тип	Количество	Масса единицы, КГ
Поддоны с бортовой оснасткой	СМЖ-3010Б	1	618000
Устройство для открывания или закрытия бортов	СМЖ-453	2	4200
Привод конвейерной линии	СМЖ-30005А-18	1	12 100
Теленка передаточная	СМЖ-444-02	2	11000
Кантователь	СМЖ-439	1	7 000
Бетоноукладчик	СМЖ-166А	2	10900
Виброплощадка	СМЖ-200Б	2	6400
Рельсы подъемные	СМЖ-458	2	3600
Машина отделочная	—	2	6200
Подъемник	СМЖ-438	2	21000
Устройство передаточное	2784/124	1	7000
Оборудование щелевых камер	СМЖ-445	6	1040
Траверса	СМЖ-257А	1	700
Тележка самоходная	СМЖ-151	1	3450
Установка для приготовления эмульсионной смазки	СМЖ-18А	1	2350
Комплект оборудования линии для отделки и комплектации панелей	СМ/К-3100	1	—

На посту / производится съём проеомобразователей, установка столярных блоков (оконных, дверных); на посту // — раскрывание замков и бортов форм, кантование формы с изделием, съём изделия мостовым краном с траверсой; на посту ///—чистка и смазка формы, установка проеомобразователей; на посту IV — закрывание замков бортов, укладка керамической плитки; на посту V — окончание укладки керамической плитки, заливка раствора, установка арматурного каркаса; на постах VI и VIa — передача форм на параллельную линию; на постах VII и VIIa—укладка и уплотнение керамзпобетона, укладка верхнего слоя раствора и его разравнивание бетоноукладчиками; на постах VIII, VIIIa, IX и IXa — выдержка изделий; на п.ста.х X и Xa — чистовое заглаживание верхней поверхности отделочной машиной. Очистка формы и технический контроль. Затем формы с изделием поступают на подъемник или передаточные тележки и направляются в щелевые камеры. После тепловлажностной обработки изделие мостовым краном с траверсой передается на линию отделки и комплектации, где доводится до полной заводской готовности и самоходной тележкой вывозится на склад готовой продукции.

В табл. 7.2 приведен комплект оборудования конвейерной линии для производства однослойных панелей наружных стен. Производительность линии 180 тыс. м³/год, цикл формования 17,4 мин, производственная площадь 3744 м². На таких же линиях можно изготавливать панели перекрытий и внутренних стен.

7.3. КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МНОГОПУСТОТНЫХ ПАНЕЛЕЙ ПЕРЕКРЫТИЙ

Изготовление железобетонных многопустотных панелей перекрытий размером до 1,5х6,28 м может быть организовано на полуконвейерной линии, состоящей из отдельных постов (рис. 7.2).

На посту распалубки роликового конвейера, куда поддон с панелью подается из камеры тепловой обработки мостовым краном «с автоматическим захватом», производится обрезка напряженной арматуры, съем готовой панели мостовым краном с траверсой, установка на стенд для контроля и ремонта, чистка и смазка под-

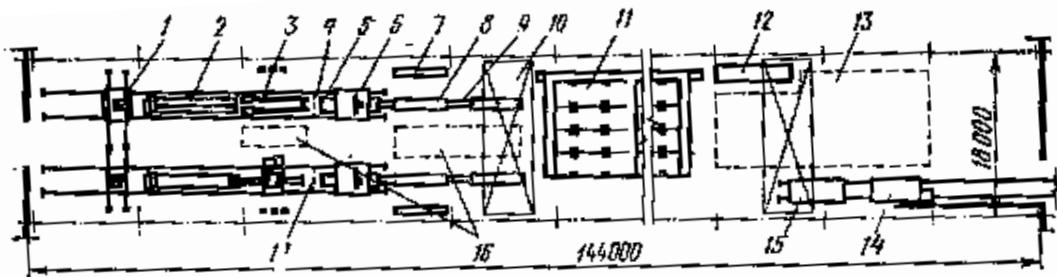


Рис. 7.2. Схема полуконвейерной линии для изготовления многопустотных панелей перекрытий:

1—бетоноукладчик; 2—формовочная машина; 3—виброплощадка; 4—бортоснастка; 5—вибропригрузочный щит; 6—самоходный портал; 7—установка для электронагрева арматурных стержней; 8—поддон; 9—роликовый конвейер; 10—мостовой кран; // — пакетирующий поддонов; 12—стенд для контроля и ремонта; 13—площадка для выдержки изделий; 14—самоходная тележка; 15—тележка-прицеп; 16—площадка для складирования арматуры; 17—звукоизолирующий щит

дона. Далее поддон приводом роликового конвейера подается на второй пост, на котором укладывается арматурная сетка и закладываются арматурные стержни, нагретые на установке. После окончания рабочих операций поддон передается на пост роликового конвейера, откуда он самоходным порталом снимается и переносится на виброплощадку поста формовки. На поддон устанавливается бортовая оснастка, заводятся вкладыши и укладывается бетонная смесь с помощью бетоноукладчика. После окончания укладки на поддон порталом опускается шумозащитный кожух, включается виброплощадка, и смесь уплотняется. Затем снимается кожух, на панель укладывается виброщит, включаются вибровозбудители, и машиной СМЖ-227Б из панели извлекаются вкладыши. Одновременно снимается виброщит. После съема бортоснастки поддон с отформованной панелью переносится с виброплощадки мостовым краном с автоматическим захватом и устанавливается на один из ярусов пакетировщика для форм в камере для тепловой обработки. Следующий поддон подается на пост формовки, и цикл повторяется. Готовая панель снимается со стенда для контроля и ремонта и после выдержки укладывается на самоходную тележку или тележку-прицеп и вывозится на склад готовой продукции

Таблица 7.3. Комплект оборудования технологической линии для изготовления многоступенчатых панелей перекрытий

Наименование оборудования	Тип	Количество	Масса единицы, кг
Поддон	СМЖ-548	128	3400
Бортоснастка	СМЖ-600	2	-
Портал самоходный	СМЖ-228Б	2	8500
Машина формовочная	СМЖ-227Б	2	8300
Щит вибропригрузочный	СМЖ-228Б	2	-
Бетоноукладчик	СМЖ-69А	2	4600
Виброплощадка	СМЖ-187Б	2	5750
Машина для высадки анкеров	СМЖ-128Б	1	2750
Установка для удлинения арматурных стержней с помощью электронагрева	СМЖ-129Б (СМЖ-429)	2	820
Автоматический захват	СМЖ-226А-1	1	890
Траверса	2646/8	1	680
Пакетировщик	СМЖ-293А-6	20	1300
Конвейер роликовый	СМЖ-594	1	3550
Тележка самоходная	СМЖ-151	1	3450
Тележка-прицеп	СМЖ-154	1	1810
Установка для приготовления эмульсионной смазки	СМЖ-18А	1	2350

В табл. 7.3 приведен состав комплекта технологического оборудования, входящего в полуконвейерную линию. Линия характеризуется следующими показателями: производительность — 42,11 тыс. м³/год, цикл формования — 12 мин, установленная мощность: электрооборудования — 280 кВт, трансформаторов — 192 кВ-А, производственная площадь — 2592 м².

7.4. КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПАНЕЛЕЙ ПЕРЕКРЫТИЙ, ВНУТРЕННИХ СТЕН И ПЕРЕГОРОДОК В КАСЕТНО-ФОРМОВОЧНЫХ УСТАНОВКАХ

Кассетно-формовочные установки, состоящие из кассеты и машины для распалубки и сборки кассеты, работают по стендовой технологии и специализированы на выпуск определенного типа железобетонных изделий. Установки как правило, размещаются в технологическую линию. Бетон подается в отсеки с помощью бетонораздатчика. После бетонирования производится тепловая обработка изделий путем пуска пара в отсеки кассеты. Затем изделие мостовым краном с траверсой извлекается из отсека кассеты и передается на установку для отделки панелей перекрытий или установку для отделки панели внутренних стен. Каждая из этих установок оборудована кантователем и шпатлевочной машиной. После отделки панели выдерживаются в течение определенного времени и затем мостовым краном с траверсой устанавливаются на самоходную тележку и вывозятся на склад готовой продукции.

Таблица 7.4. Комплект оборудования для производства панелей перекрытий, внутренних стен и перегородок в кассетно-формовочных установках

Наименование оборудования	Тип	Количество	Масса единицы, кг
Кассета для панелей: перекрытий » пола внутренних стен » внутренних перегородок Машина для распалубки и сборки кассет	СМЖ-253	2	119660
	СМЖ-3212	1	102 720
	СМЖ-3222	1	127980
	СМЖ-3302	3	102550
	СМЖ-3312	2	102540
	СМЖ-3322	1	111 200
	СМЖ-252Б	2	26000
	СМЖ-3221Б	1	19500
	СМЖ-3301Б	3	26 100
	СМЖ-3311Б	4	20 000
	СМЖ-306А	2	6200
	СМЖ-3233А	1	5600
	СМЖ-3232А	3	5850
	СМЖ-3333А	1	10800
Бетонораздатчик			
Кантователь			
Машина шпатлевочная			
Кантователь			
Машина для чистки кассетных листов	СМЖ-259	2	4400
Траверса	СМЖ-257А	2	700
Траверса	СМЖ-289А	1	900
Установка для приготовления эмульсионной смазки	СМЖ-18А		2350
Тележка самоходная	СМЖ-151	1	3450
Тележка-прицеп	СМЖ-154	1	1850

В табл. 7.4 приведен состав оборудования, входящий в комплект технологической линии. Линия имеет следующие показатели производительность—140 тыс. м³/год, средняя оборачиваемость кассетно-формовочных установок—1, число установок—10, производственная площадь—5000 м². Имеются также линии с комплектом оборудования для вертикального формования изделий крупнопанельного домостроения.

Технологическая линия (рис. 7.3) вертикального формования плитных изделий состоит из четырех постов формования, линии подготовки форм, четырех туннельных камер тепловой обработки и поста съема изделий с кантователем. На первых постах линии форма чистится и смазывается, на третьем оснащается арматурой, закладными деталями и проемообразователями.

Подготовленная форма с помощью привода линии подготовки передвигается последнего поста к передаточной тележке и с помощью толкателя подается на тележку, которая транспортирует форму на один из постов формования. Далее толкателем форма устанавливается в исходное положение для формования. После этого форма отрывается от рельс подъемником с амортизаторами, стенки установки закрываются, в тепловой отсек подается пар и отсеки из бетоноукладчика заполняются предварительно разогретой бетонной смесью. В процессе укладки бетонная смесь послойно уплотняется с помощью вибрационных устройств, установленных с наружной стороны вибростенок. 96

Для ускорения тепловой обработки изделий вибростенки снабжены тепловыми регистрами. Верхние кромки отформованных изделий заглаживаются с помощью специального механизма. По окончании термообработки, через 1...1.5 ч, стенки формовочной установки открываются, форма опускается на рельсы и толкателем подается к передаточной тележке, надвигается на нее, перемещается; 1 заталкивается в камеру повторной термообработки.



Рис. 7.3. Схема технологической линии для изготовления изделий крупнопанельного домостроения способом вертикального формирования

Камеры имеют шторные разделители, устанавливаемые на входе и выходе. Тепловая обработка изделий в камерах осуществляется подачей пара в первые отсеки форм на первых двух постах и небольшого количества непосредственно в камеру. Прошедшая тепловую обработку форма с изделиями посредством толкателя выходит с противоположной стороны камеры и подается на пост распалубки с кантователем двустороннего действия. Кантователь при съеме изделия с формы наклоняет ее на угол 22° то в одну, то в другую сторону. Освободившаяся форма толкателем передаточной тележки забирается с кантователя и направляется на первый пост линии подготовки. В случае необходимости форма мо/кст передаваться с кантователя на пост переоснастки форм с помощью передаточной тележки.

7.5. КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ РАЗМЕРОМ 3x6 м

Такие железобетонные изделия для промышленного строительства, как стеновые панели, плиты покрытий, колонны, ригели и другие, размером 3x6 м, изготавливаются на линиях с агрегатно-точечной технологией производства (рис. 7.4).

На каждом из четырех постов распалубки и сборки форм производится разборка бортов формы, обрезка стержневой напряженной арматуры (при изготовлении напряженно-армированных изделий), съем изделия с помощью мостового крана с траверсой и установка его на стенд для контроля и ремонта или на площадку для выдерживания готовых изделий.

с траверсой и установка его на стенд для контроля и ремонта или на площадку для выдерживания готовых изделий. После выдержки изделие с помощью мостового крана с траверсой погружается на самоходную тележку или тележку-прицеп и вывозится на склад готовой продукции.

Перед формованием форму очищают и смазывают, собирают борта, укладывают арматурный каркас (при изготовлении ненапряженных изделий) или арматурные сетки и стержни, нагретые для удлинения, устанавливают закладные детали и посредством мостового крана с автоматическим захватом устанавливают на виброплощадку.

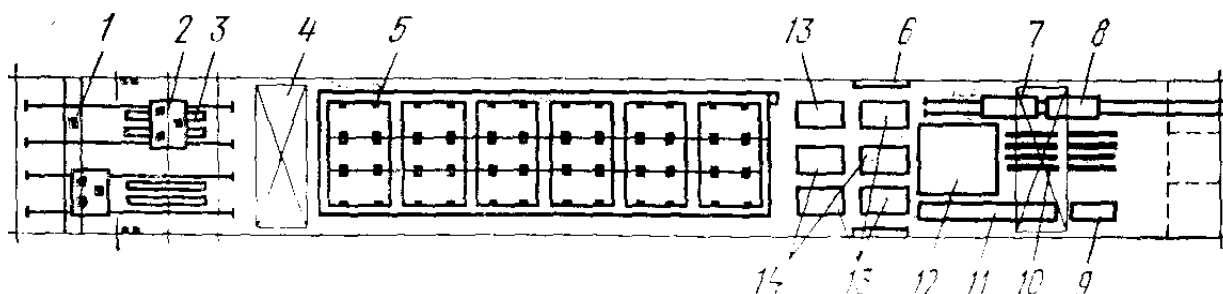


Рис. 7.4. Схема агрегатно-поточной линии для изготовления железобетонных изделий размером 3X6 м: 1—раздаточный бункер; 2 — бетоноукладчик; 3—виброплощадка; 4 — мостовой кран; 5—пакетирующий форм; 6 — установка для электронагрева арматурных стержней; 7 — самоходная тележка; 8 — тележка-прицеп; 9—стенд для контроля и ремонта изделий; 10 — стойки для ремонта изделий; 11—склад арматурных стержней; 12 — площадка для выдержки изделий; 13 — пост для распалубки и сборки форм; 14 — склад арматурных сеток

Бетонная смесь бетоноукладчиком укладывается в форму, включается виброплощадка и производится уплотнение смеси. После окончания формования верхняя поверхность заглаживается бетоноукладчиком с заглаживающим устройством, форма с изделием снимается мостовым краном с автоматическим захватом и устанавливается на пакетирующий ямной камеры для тепловой обработки. После окончания тепловой обработки форма с изделием мостовым краном с автоматическим захватом снимается с пакетирующего и устанавливается на пост распалубки и сборки.

7.6. КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ РАЗМЕРОМ 3X12 м

Изготовление железобетонных изделий (стеновых панелей, плит покрытий и т.п.) размером 3X12 м производится на полуконвейерной технологической линии в такой последовательности. Форма с изделием мостовым краном с автоматическим захватом снимается с пакетирующего ямной камеры и устанавливается на первый пост рольганга, где производится раскрытие продольных бортов, обрезка стержневой напряженной арматуры, съем готового изделия мостовым краном с траверсой и установка изделия на стенд контроля и ремонта. Затем изделие определенное время выдерживают на площадке, погружают мостовым краном с траверсой на самоходную тележку или тележку-прицеп и вывозят на склад готовой продукции.

После этого формы зачищают и смазывают, устанавливают закладные детали и арматурный каркас (при изготовлении ненапряженных изделий) и посредством рольганга подают на следующий пост, где укладывают нижний пакет арматуры (при изготовлении предварительно напряженных изделий), устанавливают поперечные борты, осуществляют подъем и сборку продольных и поперечных бортов, укладывают верхний пакет арматуры и стержни, подлежащие натяжению. После укладки стержни натягивают и форма приводом рольганга подается на пост формовки, где производится укладка бетонной смеси с помощью бетоноукладчика, уплотнение смеси виброплощадкой и заглаживание верхней поверхности бетоноукладчиком с заглаживающим устройством. Далее форму с изделием мостовым краном с захватом устанавливают на пакетировщик ямной камеры, производится тепловая обработка, после окончания которой форма с изделием мостовым краном с захватом устанавливается на первый пост рольганга, и цикл повторяется.

В состав технологической линии входят следующие машины и оборудования формы. бетоноукладчик СМ/К-162, виброплощадка СМЖ-199А, рольганг СМ/К-12Б, машина для упрочнения арматуры СМЖ-31, установка для сварки стержней СМЖ-32, установка для натяжения арматуры 7228/2М, автоматический захват СМЖ-50А, траверса СМЖ-47А, пакетировщик СМЖ-293А-5, тележка самоходная СМЖ-151, тележка-прицеп, установка для приготовления и нанесения смазки СМЖ-18А.

Линия имеет следующие показатели: производительность—35,8 тыс. м³/год, цикл формования—34 ... 46 мин, производственная площадь—2592 м².

7.7. КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БЕЗНАПОРНЫХ ТРУБ СПОСОБОМ ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ

Схема технологической линии для производства железобетонных безнапорных труб диаметром 500...1400 мм способом центрифугирования показана на рис. 7.5.

Технологический процесс производства центрифугированных труб включает в себя изготовление арматурных каркасов, укладку каркасов в формы, сборку форм на постах распалубки, чистки и смазки форм, транспортирование форм с каркасом и установку на центрифуги, формование труб на формовочных постах с подачей бетонной смеси, съем форм с центрифуг и их перемещение на посты тепловлажностной обработки с кантованием в вертикальное положение, тепловлажностную обработку труб в формах с подачей пара внутрь трубы, транспортирование форм с трубой, кантование в горизонтальное положение и распалубку, испытание

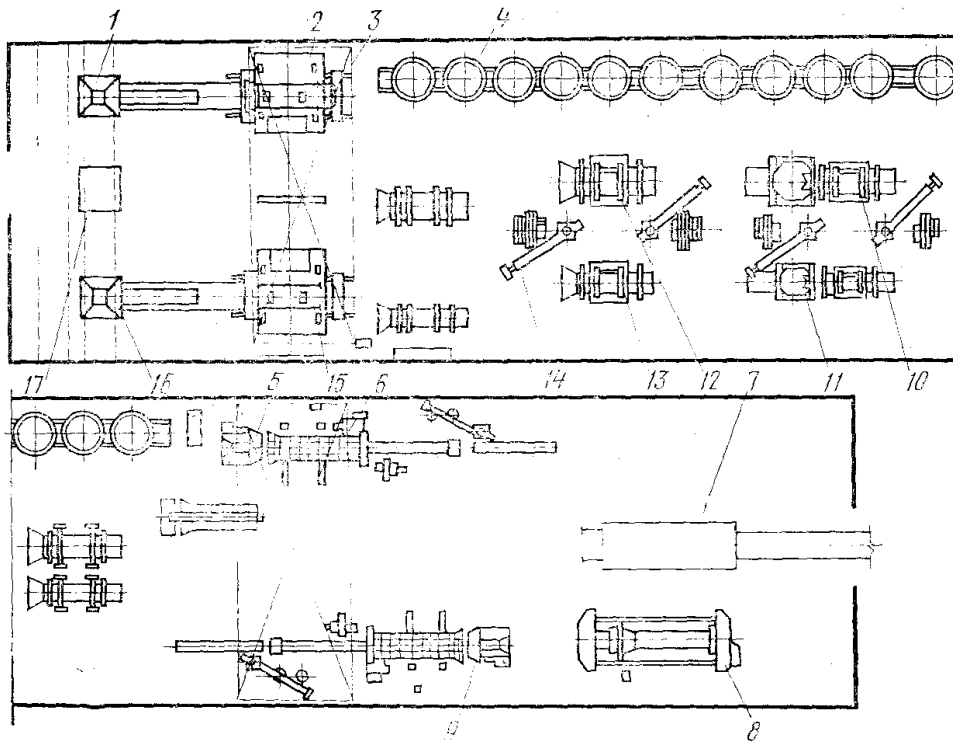


Рис. 7.5. Схема технологической линии для производства железобетонных безнапорных труб способом центрифугирования:

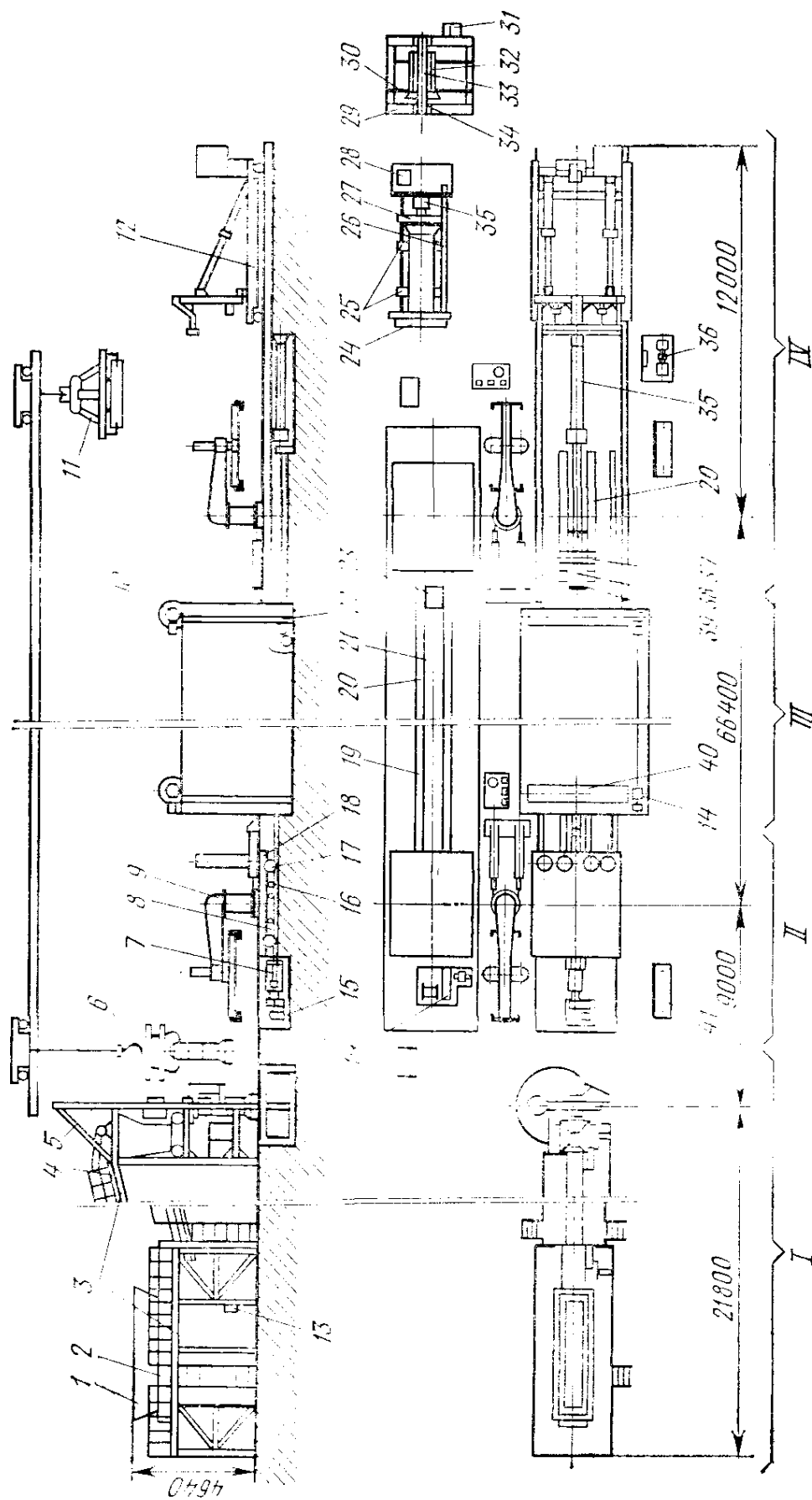
; 14— ленточные питатели; 2, 12 — центрифуги; 3, Л—мостовые краны; 4 — форма с трубой на посту тепловой обработки; 5, 6 — пост распалубки, чистки и смазки форм; 7 — самоходная тележка; 8, 9 — стенд для снятия бандажей; 10 — консольный кран; 13, 17—установки для изготовления каркасов труб; 15 — раздаточный бункер; 16 — установка для испытания труб

труб, установку на самоходную тележку и вывоз на склад готовой продукции.

Технологическая линия характеризуется следующими показателями: производительность—до 20 тыс. м³ /год, цикл формования—15 мин, производственная площадь—2592 м², масса оборудования — 376 т.

7.8. КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БЕЗНАПОРНЫХ ТРУБ СПОСОБОМ РАДИАЛЬНОГО ПРЕССОВАНИЯ

Производство железобетонных безнапорных труб диаметром 800...1200 мм осуществляется на полуконвейерной технологической линии (рис. 7.6) способом радиального прессования на трубоформовочном станке и тепловой обработкой в туннельной камере непрерывного действия. Линия характеризуется следующими показателями: производительность—30177 и 77896 м³/год; расчетный цикл—10...12мин, режим тепловой обработки—9...12 ч, производственная площадь—3456 м², установленная



7.6. Схема технологической линии для производства железобетонных безнапорных труб способом радиальной прессования:

приемный бункер; 2 — горизонтальный конвейер; 3 — установка для подачи бетонной смеси; 4 — наклонный конвейер; 5 — трубный станок; 6 — автоматический захват для форм; 7 — устройство для перемещения тележек; 8 — поддон-тележка; 9 — маневренный разделитель; 10 — автоматический захват для труб; 11 — кантователь; 12 — пульта управления; 13 — направляющая; 14 — привод поворота штанги; 15 — ролик; 16 — ходовое колесо; 17 — платформа; 18 — тележка; 19 — привод возврата; 20 — направляющая; 21 — толкатель; 22 — тележка; 23 — неподвижная стенка; 24 — тележка; 25 — установка для испытания труб на водонепроницаемость; 26 — стенка с насосной станцией; 27 — рама; 28 — стенд для испытания труб на прочность; 29 — ручная насадка; 30 — траверса; 31 — поперечная балка; 32 — боковая стойка; 33 — гидроцилиндр; 34 — насосная станция; 35 — колесная штанга; 36 — упор; 37 — барабан; 38 — электрооборудование; 39 — подача бетонной смеси и формирование труб; 40 — раскладка; 41 — термообработка; 42 — кантование

мощность электродвигателей—310,3 кВт, численность производственных рабочих—20 чел/смен; масса—247 т.

Форму, укомплектованную арматурным каркасом, посредством мостового крана с автоматическим захватом устанавливают в посадочное гнездо платформы карусели трубоформовочного станка. Формование трубы осуществляется вращающейся роликовой головкой при ее подъеме и непрерывной подаче бетонной смеси в форму. После окончания формования форму с трубой транспортируют и устанавливают на поддон-тележку. Производится распалубка путем подъема формы вверх. Изделие остается на поддоне-тележке, а форма переносится на пост сборки. Укомплектованная трубами поддон-тележка заталкивается в туннельную камеру, разделенную на четыре зоны: выдержки, подъема температуры, изотермической выдержки и зоны охлаждения. Поддон-тележки выходят из камеры, кантователь захватывает две трубы и поворачивает их в горизонтальное положение. После съема всех труб освободившуюся поддон-тележку вместе с поддонами для труб переставляют манипулятором на рельсовые пути привода возврата и транспортируют к посту подготовки и сборки форм. Поддон-тележку, освобожденную от всех поддонов, переставляют манипулятором на пост немедленной распалубки, а на ее место транспортируют другую тележку. Готовые трубы вывозятся на склад самоходной тележкой. Управление шторными разделителями камеры, а также кантователем и манипулятором, находящимся в конце камеры, осуществляется оператором с пульта, расположенного в конце линии.

7.9. КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ НАПОРНЫХ ТРУБ

На рис. 7.7 показана технологическая линия для изготовления железобетонных напорных труб диаметром 300 ... 600 мм с металлическим цилиндром. Технологический процесс начинается с изготовления металлического цилиндра на трубоэлектросварочном стане 10. Далее к цилиндру привариваются концевые элементы, которые собираются на специальном стенде 11. Установка на стенд свариваемых частей, их фиксация и съем со стенда готового цилиндра производятся автоматически. Далее проводятся испытания на герметичность цилиндра при давлении 1 МПа на гидростенде 13. На установке для обезжиривания 15 производится обработка всех поверхностей цилиндра. Для придания цилиндру жесткости во время укладки смеси на него надевают бандажи. После закрепления бандажей цилиндр устанавливается на пост 5 для нанесения внутреннего защитного слоя. Затем с помощью установки 19 с питателем и центрифуги 17 производится формование. После окончания центрифугирования цилиндр с отформованным внутренним слоем укладывается краном с траверсой на контейнер 1 и переносится в один из отсеков ямной камеры для тепловой обработки. После

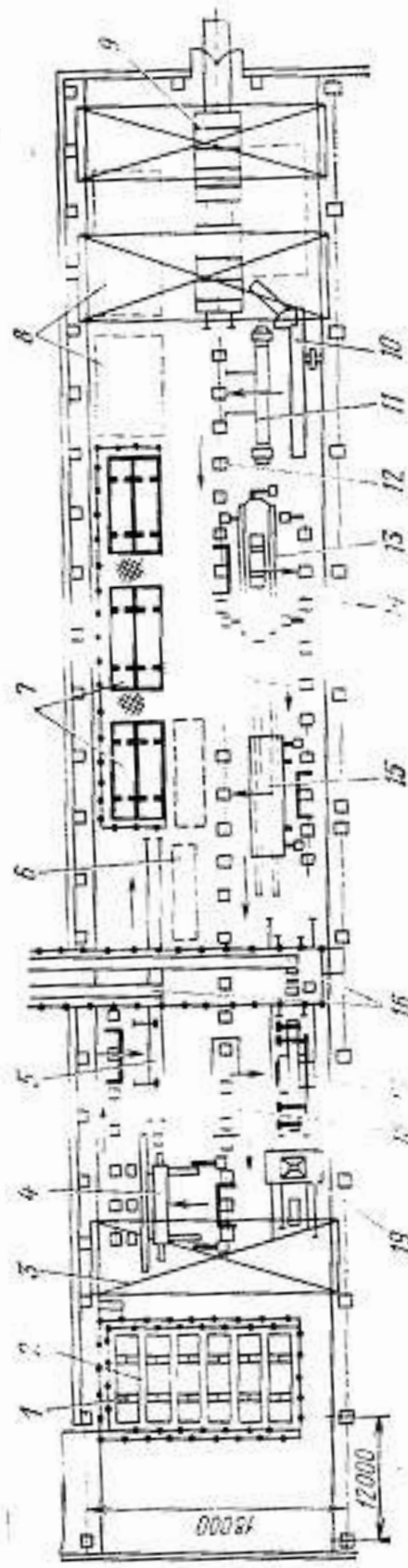


Рис. 7.7. Схема технологической линии для изготовления железобетонных напорных труб с металлическим цилиндром:
 1 — контейнер; 2, 7 — ямные камеры; 3 — мостовая камера; 4 — станок для внешней арматуры; 5 — установка для навешивания наружного и внутреннего защитного слоя; 6 — склад контейнеров; 8 — посты для выгрузки труб; 9 — самоходная тележка с прицепом для вывоза готовых труб на склад; 10 — транспортно-распределительный стан; 11 — стена для сборки элементов; 12 — приводной полук; 13 — стена для гидравлических испытаний металлических цилиндров; 14 — установка для сбрасывания изделий; 15 — установка для обезжиривания; 16 — конвейер для подачи бетона; 17 — установка для центрифугирования труб; 18 — кондуктор; 19 — установка для загрузки ложковых питателей.

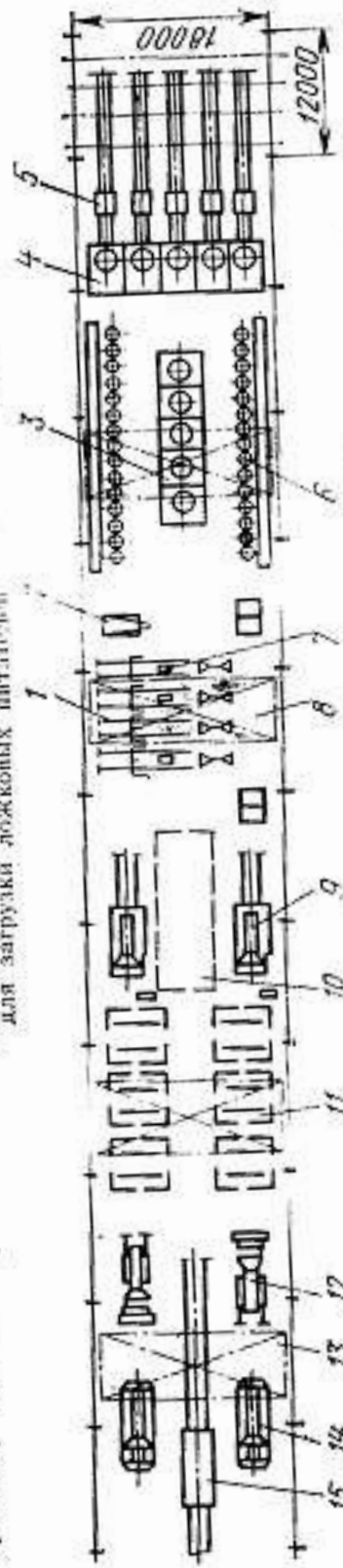


Рис. 7.8. Схема технологической линии для изготовления железобетонных напорных труб способом вибро-гидропрессования:

1 — пост для сборки наружных форм; 2 — кантователь; 3 — прижим для комплектации форм; 4 — пост для укладки в форму бетонной смеси; 5 — бетоноукладчик; 6 — пост опрессовки и тепловой обработки; 7 — гидродомкрат; 8, 13 — мостовой кран; 9 — станок для изготовления арматурных каркасов; 10 — склад арматурных каркасов; 11 — пост отделки и ремонта труб; 12 — машина для шлифовки раструбов; 14 — установка для гидротестирования труб; 15 — самоходная тележка.

тепловой обработки снимаются бандажи и цилиндр транспортируется к станку для навивки спиральной арматуры. Далее цилиндр подается как приемное устройство с приводными роликами для последующего его транспортирования на установку для нанесения защитного наружного слоя бетона. После нанесения защитного слоя труба снимается краном с траверсой и поступает в контейнере в ямную камеру для тепловой обработки, затем самоходной тележкой вывозится на склад готовой продукции.

В комплект оборудования линии входят: трубоэлектросварочный стан 1—263352 МГ, стенд для сборки и сварки концевых элементов 2836/106, стенд для гидравлических испытаний 2836/107, установка для обезжиривания цилиндров 2836/102, бандажи 2836/131А /132А/133А/134А, кондуктор 2836/148А, установка для центрифугирования СМЖ-651, установка для загрузки ложковых питателей 2836/119А, траверса 2836/14А, ролик приводной 2836/147А, секция сбрасывания 2836/146А, станок для навивки арматуры 2836/105А, установка для нанесения наружного защитного слоя 2836/106А, контейнер ЛТ7М, траверса автоматическая 41.114, тележка самоходная СМЖ-151 и тележка-прицеп СМЖ-154.

Линия характеризуется следующими показателями: производительность — 157 тыс. м³/год, цикл формования — 15 мин, установленная мощность электродвигателей 231,8 кВт и трансформаторов — 433,7 кВ-А, производственная площадь — 2800 м², масса оборудования — 322 т.

На рис. 7.8 показана технологическая линия для производства железобетонных труб диаметром 500 ...1600 мм способом виброгидропрессования. Линия имеет следующие показатели: производительность — 11 тыс. м³/год, цикл формования — 58 ... 110 мин, производственная площадь — 3556 м², установленная мощность электродвигателей — 430 кВт и трансформаторов — 85 кВ-А.

В состав оборудования технологической линии входят: формы, установка для вращения форм СМЖ-366, стенд для тарировки пружинных болтов 2568/2, станок для изготовления спиральных каркасов СМЖ-313 и СМЖ-361, установка для перемотки проволоки СМЖ-365 и СМЖ-101, автоматическая установка для штамповки полос СМЖ-312, линия для заготовки проволоочной и прядевой арматуры СМЖ-213А, машина для высадки анкеров арматуры СМЖ-155, домкрат гидравлический СМЖ-86А, приспособление для съема и натяжения раструбообразователя и резинового чехла 2750/12 и СМЖ-383, вибровозбудитель ВП-5, бетоноукладчик СМЖ-96А и СМЖ-365, установка высокого давления 6873/21 СА, вакуумная установка 6873/23М, кантователь СМЖ-367, машина для шлифовки раструба СМЖ-540 и 7680, установка для испытания труб СМЖ-97 и СМЖ-363, установка для приготовления смазки СМЖ-18А, тележка самоходная СМЖ-151А и другие вспомогательные механизмы и устройства.

7.10. КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

В последние годы в строительстве широко применяются изделия из ячеистого бетона пониженной объемной массы, которые изготавливаются на многих заводах и в цехах железобетонных и силикатных изделий и конструкций. Большинство таких предприятий работают по агрегатно-поточной технологии на базе вибрационной и резательной техники. Разработан комплект оборудования (СМС-69)

для автоматизированного конвейерного производства изделий из вибрированного ячеистого бетона плотностью 500 ... 700 кг/м³ при высоте массива до 0,6 м. Технологическая линия (рис. 7.9) состоит из двух постов: формовочного, на котором производятся газобетонные панели и блоки, и подготовительного, где выполняются операции по очистке, смазке и сборке форм и установке в них арматурных каркасов.

В состав комплекта оборудования входят виброгазобетоносмеситель СМС-40Б, виброплощадка СМС-71, установка СМС-72 для распалубки форм, подъёмник форм-вагонеток СМС-135, установка для переноса массива СМС-136 установка для резки ячеистого бетона СМС-89 с комплектом решеток, на которых массив подается в автоклавы; конвейер СМС-82, передаточная тележка СМС-76, 14 форм-вагонеток СМС-134, устройство для транспортирования и фиксации арматурных каркасов СМС-75, траверса для перегрузки массива СМС-169, самоходная машина для чистки и смазки бортооснастки СМС-161. Технологическая линия характеризуется следующими показателями: производительность при двухсменной работе — 100 тыс. м³/год, цикл работы — 16 мин, установленная мощность электродвигателей — 180 кВт, масса — 27 т.

7.11. КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ СПОСОБОМ НЕПРЕРЫВНОГО ФОРМОВАНИЯ

Отличительной особенностью непрерывного формования является непрерывное перемещение технологических зон вместе с рабочими органами формовочной машины относительно основания, на котором остается отформованная бетонная полоса заданного сечения. Процессы укладки, уплотнения и формования бетонной смеси при непрерывном формовании могут производиться как отдельно, так и совместно.

Преимущество этой технологии формования заключается в возможности полной механизации формовочного процесса, низкой металлоемкости оборудования, а также в снижении металлоемкости выпускаемых конструкций.

Современное оборудование для непрерывного формования представляет собой формирующие агрегаты с применением регулирования параметров вибрации, автоматическим регулированием подачи

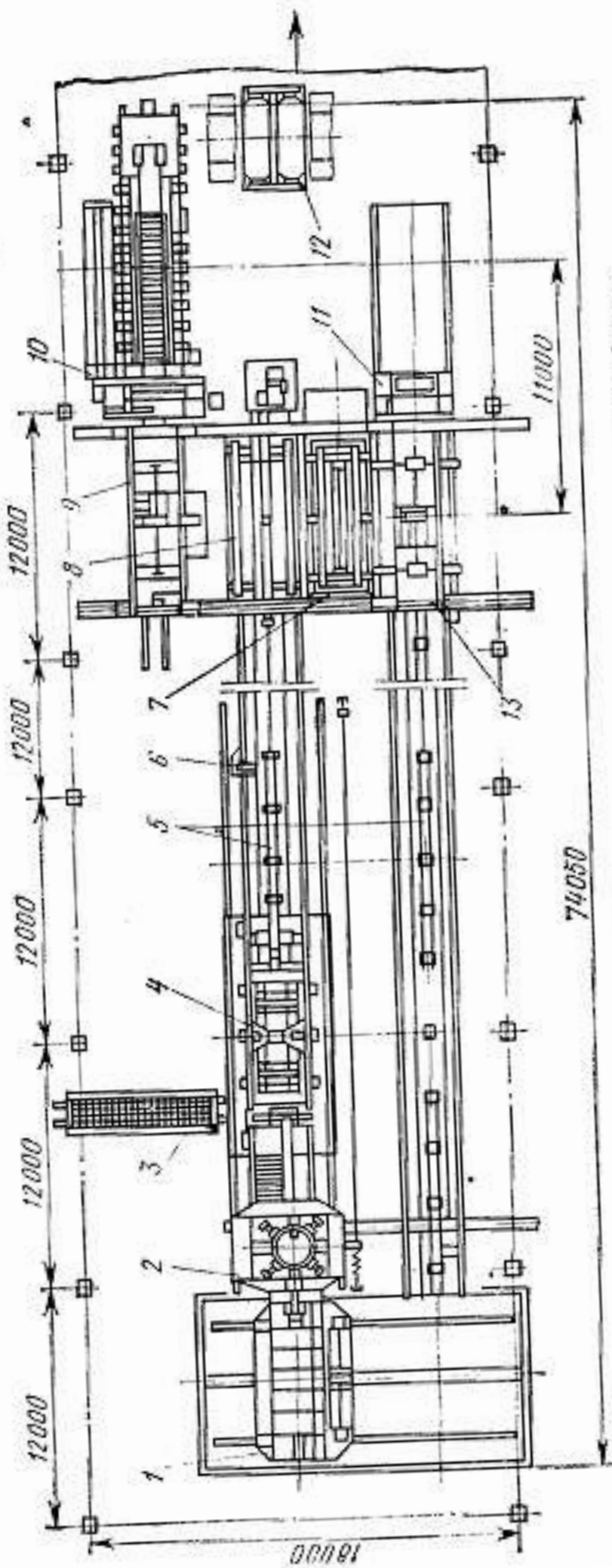


Рис. 7.9. Схема конвейерной линии для производства изделий из ячеистого бетона:

1 — передаточная тележка; 2 — виброгазобетономеситель; 3 — установка для фиксации арматурных каркасов; 4 — виброплошадка; 5 — конвейер; 6 — форма; 7 — установка для чистки бортонастки; 8 — подъемник формы-патнеток; 9 — установка для переноса машины; 10 — установка для резки ячеистого бетона; 11 — самоходная машина для чистки подлонов; 12 — траверса для перегрузки массива; 13 — установка для распалубки и сборки форм

воды для корректирования водоцементного отношения бетонной смеси, с бесступенчатым регулированием скорости рабочих органов и приводов передвижения, с принудительной системой орошения водой формирующих поверхностей, с заглаживающими устройствами и др.

Стенды оснащаются также вспомогательным оборудованием для чистки и смазки поддонов, раскладки и натяжения арматуры, резки бетонной полосы, тепловой обработки, транспортировки изделия, подачи бетонной смеси к формовочным агрегатам и т. п.

Наиболее современные заводы имеют стенды с 4 ... 6 формовочными полосами длиной 100 ... 150 м. Оборачиваемость полосы в сутки 0,6 ... 1,0 при трехсменной работе. Время тепловой обработки составляет 8 ... 14ч.

За рубежом данная технология применяется главным образом для плитных конструкций типа многопустотных, сплошных и ребристых плит перекрытий и покрытий, балок таврового сечения, ригелей и др. Основной машиной в этом технологическом комплексе является экструдер, осуществляющий нагнетание бетонной смеси в формовочную камеру. Годовая производительность по производству пустоточных плит сечением 300x1200 и 250x1200 мм составляет 37 тыс. м³ суточная — 130 ... 150 м³ при трехсменной работе.

В настоящее время наряду с продолжением совершенствования технологических линий и оборудования серийно выпускаемых для оснащения действующих типовых заводов сборного железобетона осваивается выпуск новых комплектов оборудования, например, для производства комплексных плит покрытий типа П, балок и ферм длиной 18 и 24 м, железобетонных шпал, аэродромных плит и т. п.

ГЛАВА 8

Бетонно-растворные заводы, цехи и установки

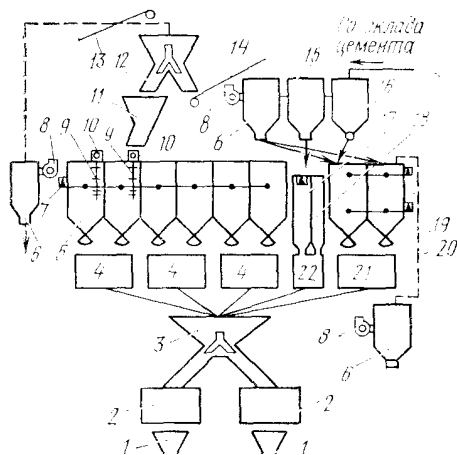
8.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЗАВОДОВ И УСТАНОВОК

Производство бетонных и растворных смесей в зависимости от условий их приготовления и потребления организуется на заводах товарного бетона и раствора, в смесительных цехах (отделениях) заводов железобетонных изделий, на инвентарных бетонорастворосмесительных установках. Аналогично организуется и производство других строительных смесей: асфальтобетонных, силикатных, керамических и асбестоцементных. Независимо от назначения и мощно-

сти в состав заводов входят: приемные и складские устройства для хранения компонентов смеси; расходные бункера для образования некоторого запаса материалов; транспортное оборудование для составляющих смеси; оборудование для дозирования компонентов смеси; смесительное оборудование; обеспыливающее оборудование;

оборудование для выдачи готовой смеси; пневматическая исполнительная система и электрооборудование для контроля и автоматизации управления технологическими процессами и строительные сооружения. Инвентарные и передвижные бетонорастворосмесительные установки могут включать в свой состав только часть этих устройств, сооружений и оборудования.

Рис. 8.1. Технологическая схема односекционного бетонного завода:

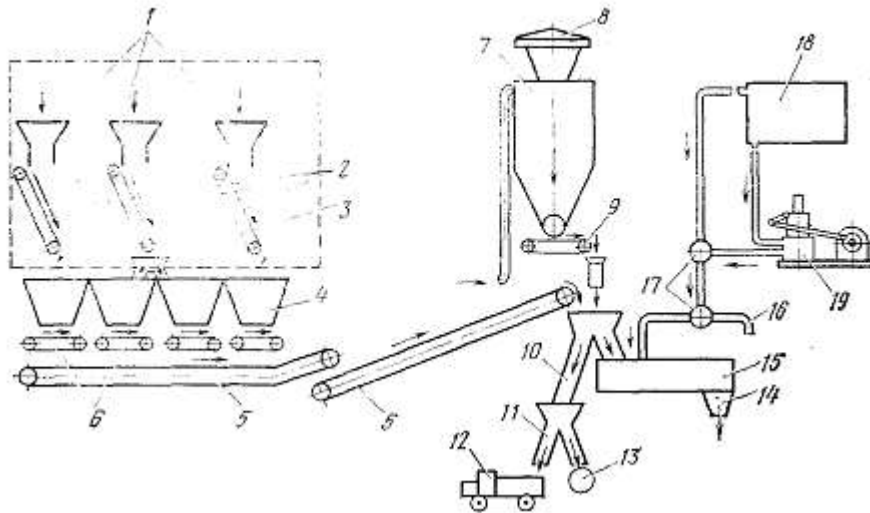


2 — бетоносмеситель; 3 — сбросная воронка; 4, 21, 22 — двухфракционные дозаторы соответственно заполнителей, цемента, жидкости; 5, 7, 18, 19 — расходные бункера соответственно заполнителей, воды, добавок, цемента; 6 — фильтры; 7 — указатель уровня; 8 — вентиляторы; 9 — сводообрушители песка; 10 — вибровозбудители; // — поворотная воронка; 12 — двухрукавная течка; 13 — ленточный конвейер; 14 — передаточный ленточный конвейер; 15 — циклон; 16 — улавливатель цемента; 20 — аспирационная система

На бетонорастворных заводах и установках осуществляются следующие технологические процессы: прием сырьевых материалов — разгрузка и транспортирование заполнителей, включая подогрев или рыхление (в зимнее время), вяжущих материалов, добавок на склады и со складов в расходные бункера и емкости; дозирование, смешение и выгрузка готовой смеси; подача холодной и горячей воды, энергии, сжатого воздуха, пара; аспирация, вентиляция и гидрообеспыливание; приготовление и транспортирование добавок для улучшения качества бетонной смеси и строительного раствора.

На рис. 8.1 ... 8.3 показаны технологические схемы односекционного бетонного завода, автоматизированной бетоносмесительной установки непрерывного действия и инвентарного циклического автоматизированного растворного узла.

Заводы и установки должны обеспечивать бесперебойное производство бетонной смеси с неизменными качественными показателями как по составу и консистенции, так и по классу бетона. Для бетонорастворных заводов и установок одним из основных тре-



Технологическая схема инвентарной бетономесительной установки непрерывного действия
 1 — питатели; 2—конвейеры 3— распределительная воронка; 4 — расходные бункера; 5— конвейеры; 6—дозаторы заполнителей; 7—расходный бункер цемента; 8—фильтр; 9— дозатор цемента; 10, 11—верхняя и нижняя двухрукавные воронки; 12 — автобетономеситель; 13 — поверочный дозатор; 14 — копильник; 15 — бетономеситель; 16 — водопровод;

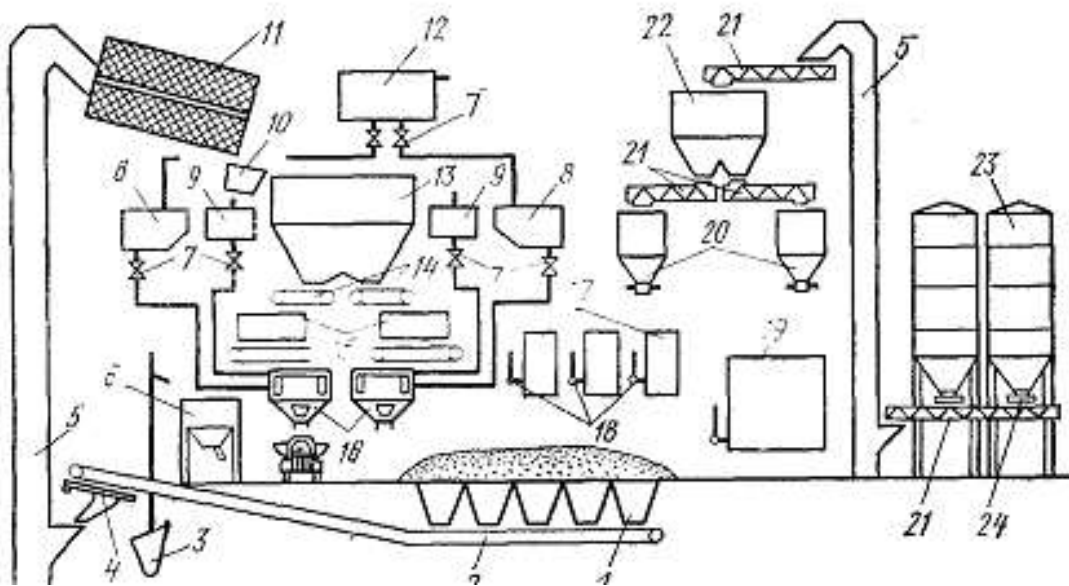


Рис. 8.3. Технологическая схема автоматизированного растворного узла:

1 -- бункер; 2 — ленточный конвейер; 3 — ковш; 4 — грохот; 5 — ковшовые конвейеры; 6 — бункер отходов; 7 — электрогидравлические клапаны; 8 — дозаторы жидких компонентов;
 9 — дозаторы подмыленного щелока; 10 — лоток; 11 — пескосушилка; 12 — бак воды; 13 — расходный бункер песка; 14 — ленточные питатели; 15 — весовые дозаторы песка; 16 — смеситель; 17 -расходные бункера извести, подмыленного щелока и нитрит натрия; 18 — насосы извести, подмыленного щелока, нитрит натрия; 19 — приемный бак известкового молока;
 20 — весовые дозаторы цемента; 21 — винтовые конвейеры цемента; 22 — расходный бункер цемента; 23 — силос цемента; 24 — дроссельный затвор

бований является возможность быстрого перехода с одного состава смеси на другой без сложной переналадки оборудования. Контроль и управление технологическими процессами приготовления смеси следует по возможности осуществлять из одного пункта.

Заводы и установки по производству бетона и раствора классифицируются по следующим основным признакам: назначению; принципу работы; мощности; технологической компоновке оборудования; степени механизации и автоматизации и управления; способу перебазирования.

По назначению различают заводы и установки: центральные районные; приобъектные; железобетонных изделий; для производства сухих смесей, работающие совместно с автобетоносмесителями и авторастворопозая;;.

По принципу работы—заводы циклического и непрерывного действия. На предприятиях циклического действия применяются смесители циклического действия с периодически повторяющимися загрузкой, смешиванием и разгрузкой. На заводах непрерывного действия загрузка, смешивание и выгрузка готовой смеси производятся непрерывно и применяются смесители непрерывного действия.

По мощности — малой (до 100 тыс. м³/год); средней (до 300 тыс. м³/год) и большой (более 300 тыс. м³/год).

По технологической компоновке — с одноступенчатой вертикальной (высотной) компоновкой технологического оборудования и двухступенчатой (партерной). При двухступенчатой компоновке оборудования поступающие со складов сырьевые материалы поднимаются дважды — первоначально в расходные бункера и потом — в смесители. Подача составляющих после их дозирования может осуществляться или ленточными конвейерами, или ковшовыми элеваторами, или скиповыми подъемниками. Такая компоновка предприятий увеличивает количество механизмов, площадь застройки, объем строительно-монтажных работ и число обслуживающего персонала. Однако ввиду отсутствия сооружений большой высоты строительно-монтажные работы проще и дешевле. При одноступенчатой схеме происходит однократный подъем исходных материалов. Далее они под действием силы тяжести опускаются в устройства, соответствующие технологической схеме. В результате происходят дозирование, смешение и выгрузка готовой смеси в транспортные средства. Одноступенчатую схему компоновки технологического оборудования используют, как правило, при строительстве бетонных заводов средней и большой мощности, а двухступенчатую — при строительстве установок малой мощности.

По компоновке оборудования в горизонтальной плоскости (плане) различают заводы (цехи) с линейным (одно и двухрядным) и гнездовым расположением смесительных машин в зависимости от дозирующего оборудования. При линейном однорядном

расположении для каждой смесительной машины необходим один комплект дозаторов с расходными бункерами. При двухрядном расположении один комплект расходных бункеров и дозаторов обслуживает две смесительные машины. При гнездовой компоновке вокруг вертикальной оси устанавливают три-четыре смесительных машины, обслуживаемых поочередно одним комплектом дозаторов.

Бетонорастворные заводы и цехи могут быть одно-, двухсекционные и более с выдачей только бетона или раствора и с одновременной выдачей бетона и раствора. В каждой такой секции размещаются однотипные смесительные машины. Компактное размещение технологического оборудования способствует снижению расходов на строительство, эксплуатацию и полную автоматизацию управления заводом.

По степени механизации и автоматизации (управлению) — с местным управлением (механизированные заводы), дистанционным частично автоматизированным управлением (автоматизированные заводы) и полностью автоматизированным управлением (заводы-автоматы).

На заводах с местным управлением все машины по транспортированию, приготовлению сырьевых компонентов, дозированию и выдаче готовой смеси имеют индивидуальную пусковую аппаратуру и управляются вручную.

На автоматизированных заводах управление технологическими процессами производится дистанционно от ключей или кнопок при визуальном наблюдении, например, за перемещением стрелок циферблатных указателей дозаторов. Автоматизированное управление предусматривает приготовление смесей по заданным составам. Переход на другие составы или классы бетона или раствора осуществляется оператором. На автоматизированных заводах предусмотрены автоблокировка и сигнальная связь.

На заводах-автоматах полностью автоматизированы все технологические процессы, включая и доставку составляющих смесей. Водитель транспортного средства при въезде на территорию завода получает жетон или перфокарту на которых закодированы состав и класс бетона или раствора, и опускает в считывающее устройство, расположенное в отделении для выдачи готовой смеси. От сигнала считывающего устройства автоматически включаются механизмы подачи сырьевых материалов в расходные бункера и осуществляется их дозирование в соответствии с заданным составом. После окончания дозирования все сырьевые материалы автоматически выгружаются в смеситель. Приготовленная смесь поступает в транспортное средство, стоящее под разгрузочным бункером смесителя. Документы, получаемые водителем транспортного средства на заводе, служат одновременно и расчетными документами между поставщиками и потребителями.

По способу перебазирования — стационарные, инвентарные и передвижные заводы и установки. Стационарные заводы подлежат

эксплуатации значительное время (более 10 лет). Инвентарные установки и заводы представляют собой отдельные малогабаритные блоки, в которые встроено все технологическое оборудование, или отдельные сборно-разборные элементы. Передвижные установки монтируют на полозьях или колесном ходу.

8.2. ОБОРУДОВАНИЕ СКЛАДОВ ЦЕМЕНТА И ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ

Бетонные и растворные заводы и установки оснащены в основном механизированными и автоматизированными складами цемента силосного типа, состоящими из однотипных силосов цилиндрической формы. Склады силосного типа надежно защищают цемент от атмосферной и грунтовой влаги. На складах цемента заводов сборного железобетона производятся следующие технологические операции: прием цемента из транспортных средств, подача и хранение его в силосах, перекачка из одного силоса в другой, выдача в расходные бункера бетоносмесительных цехов и на сторону в автоцементовозы.

Склады цемента классифицируются по следующим признакам:

по конструкции силосов — на металлические и железобетонные;

по привязке к транспортным коммуникациям — на притрассовые и прирельсовые (на притрассовых прием цемента производится только из автоцементовозов, а на прирельсовых — из автоцементовозов и из специализированных железнодорожных транспортных средств); *по вместимости силосов* — 240, 360, 480, 720, 1100, 1700, 2500 и 4000 т; *по способу подачи цемента в расходные бункера бетоносмесительных цехов* — с пневматической и механической подачей; *по способу управления* — механизированные (с местным управлением) и автоматизированные. Современные склады цемента заводов сборного железобетона полностью автоматизированы.

Для доставки цемента на склады применяют: крытые вагоны грузоподъемностью 50, 60 т; бункерные вагоны-цементовозы грузоподъемностью 60 т; саморазгружающиеся железнодорожные цементовозы грузоподъемностью 60 т; автоцементовозы грузоподъемностью 3,5; 8; 12; 13,5; 14 и 22 т. Для разгрузки крытых железнодорожных вагонов используют пневматические разгрузчики всасывающего действия и всасывающе-нагнетательного типов. Подачу цемента из приемного бункера пневмоподъемника в силосы склада и от них в расходные бункера бетоносмесительных цехов осуществляют пневматическими подъемниками, пневматическими винтовыми, камерными и струйными насосами.

Притрассовые склады (рис. 8.4) принимают цемент только из автоцементовозов с пневматической выгрузкой, хранят его и выдают в расходные бункера бетоносмесительного цеха завода железобетонных изделий. Каждый силос оборудован в днище аэрационным сводообрушающим устройством. Цемент из силосов выдается

с помощью пневморазгрузателя донной выгрузки. В расходные бункера бетоносмесительного цеха цемент подается пневматическим винтовым подъемником или пневматическим винтовым насосом.

Прирельсовые склады (рис. 8.5) принимают цемент из всех видов железнодорожных погрузочно-разгрузочных средств (вагонов крытых, бункерного типа, цементовозов и т. п.). Разгрузка крытого вагона осуществляется двумя пневморазгрузчиками. Разгрузка вагона бункерного типа в бункер производится за счет действия сил тяжести цемента. Под бункером смонтированы два пневмоподъемника для транспортирования цемента в бункер-осадитель. Разгрузка цементовозов с пневморазгрузкой осуществляется по цементопроводу в бункер-осадитель надсилосной галереи. Для очистки воздуха, выходящего из силосов и бункеров прёма и выдачи

применяются фильтры и циклоны. Под ними установлены сборники пыли, из которых она отсасывается пневморазгрузчиком. Днища силосов оснащены аэрационными сводаобрушителями, состоящими из аэродорожек и донных пневморазгрузателей с дистанционным управлением. Для контроля и автоматического управления загрузкой и выгрузкой в силосах предусмотрены указатели уравни-

Со склада цемент выдается в бетоносмесительный цех или в автотранспорт. При расстоянии от склада цемента до бетоносмесительного цеха более 15 м цемент подается в расходные бункера пневмовинтовым (пневмокамерным) насосом или подъемником; менее 15 м — винтовым конвейером. Выдача цемента из силосов в автоцементовозы без са-

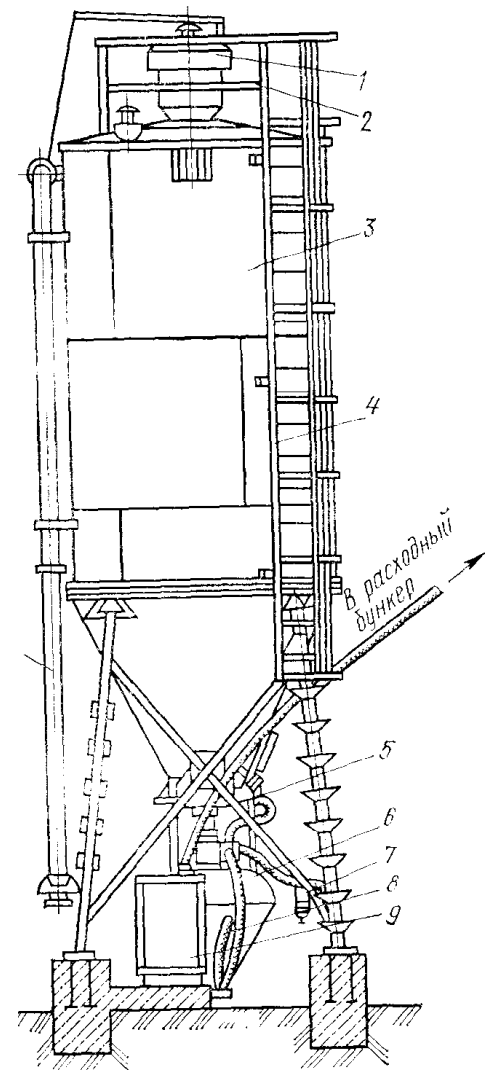


Рис. 8.4. Прирассовый автоматизированный склад цемента:

1 — фильтр; 2 — ограждение; 3 — силос; 4 — лестница; 5 — аэрирующее устройство; С' — камерный насос; 7 — маслолагоотделитель; 8 — воздухопровод; 9 — электроаппаратура; 10 — цементопровод

мозагрузки производится через пневморазгрузатели боковой вы-

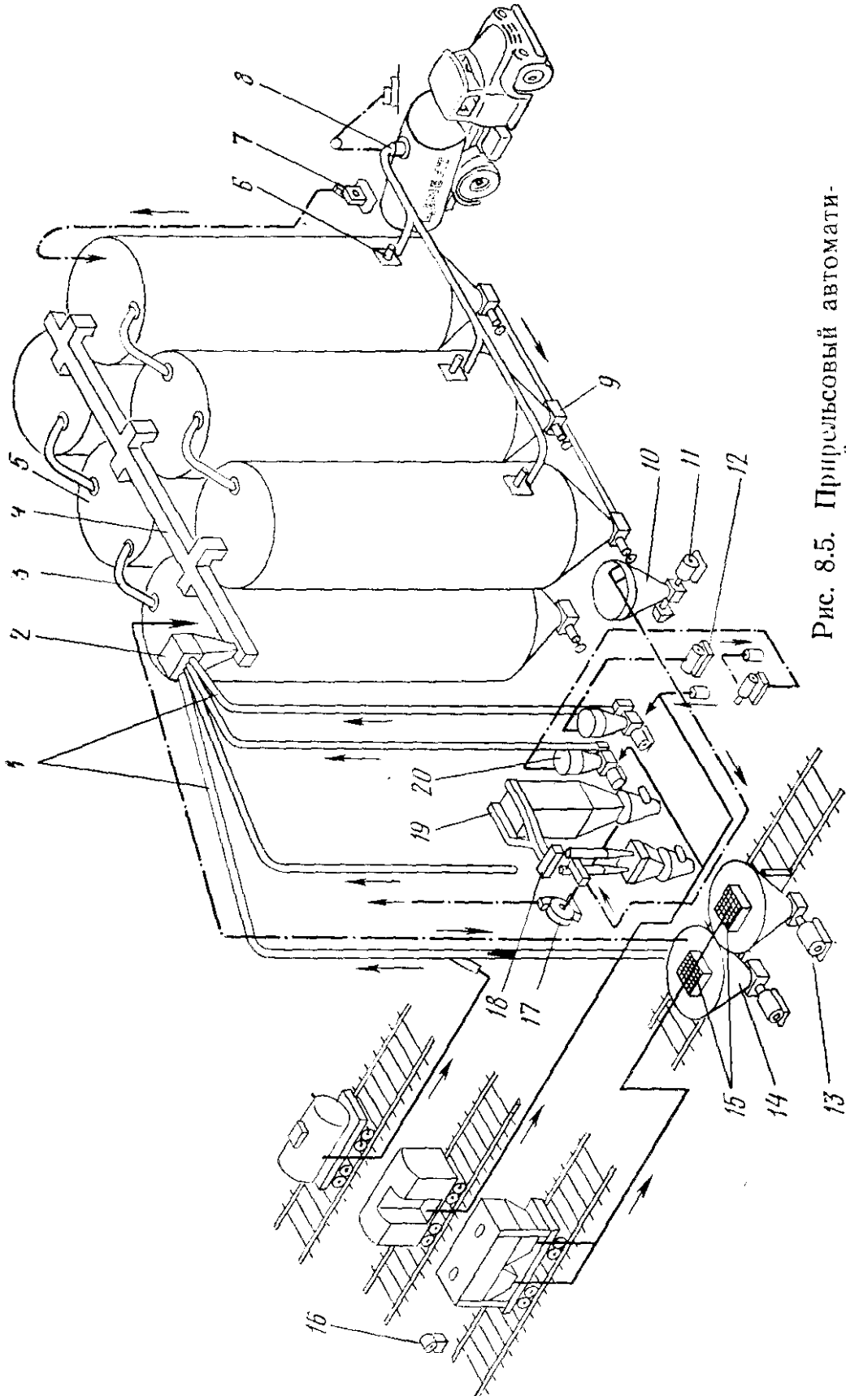


Рис. 8.5. Прирельсовый автоматизированный склад цемента:

- 1 — цементопроводы; 2 — бункер-осадитель; 3 — соединительная труба; 4 — аэрожелоб; 5 — ситос; 6 — боковой пневморазгрузчик; 7 — вентилятор; 8 — загрузочное устройство; 9 — донный пневмораспределитель; 10 — бункер; 11, 12 — пневмовинтовой и водокольцевой насосы; 13 — пневмонадъемник цемента; 14 — приемный бункер; 15 — приемные рукава; 16 — концевой блок; 17 — вентилятор; 18 — циклон; 19 — всасывающий рукавный фильтр; 20 — пневморазгрузчик

грузки с дистанционным управлением. Выгрузка цемента в автоцементовозы с самозагрузкой осуществляется через трубу с краном, расположенную внизу конического днища.

Склады заполнителей (щебня, песка) заводов сборного железобетона классифицируются по следующим основным признакам:

по способу выгрузки из транспортных средств — с использованием саморазгрузки под действием сил тяжести; с принудительной выгрузкой при применении машин сталкивающего или черпающего типов; *по конструкции средств загрузки емкостей* для хранения заполнителей — с приемными устройствами и комплексом

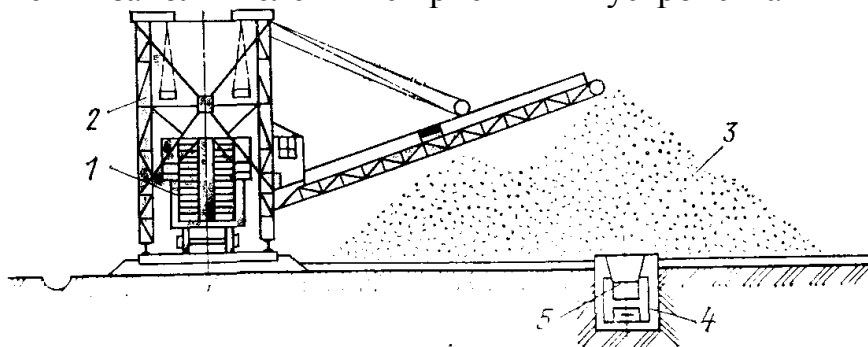


Рис. 8.6. Штабельно-траншейный склад заполнителей

машин для штабелирования; без приемных средств с непосредственной подачей материалов из транспортных средств в емкости для хранения; с применением комплексов машин, выполняющих операции выгрузки и штабелирования; *по способу хранения заполнителей* — открытые, закрытые и полужакрытые; *по типу емкостей* — штабельные, бункерные, полубункерные, штабельно-полубункерные, силосные и комбинированные.

Выгрузка из транспортных средств осуществляется за счёт сил тяжести или с помощью разгрузочных машин. Для выгрузки из полувагонов и платформ используются передвижные разгрузочные машины (ТР-2). Заполнители, поступающие на железнодорожных платформах, разгружаются стационарной установ-

кой Т-182А. Сыпучесть заполнителей восстанавливается различными бурорыхлительными и вибрационными машинами (БРМ-56./80; БРМ-80/110; ДП-60 и т. п.). На заводах сборного железобетона используются прирельсовые автоматизированные склады заполнителей вместимостью 3... 50 тыс. м³ с годовым грузооборотом 40 ... 950 тыс. м³ с разными приемными устройствами.

Штабельно-траншейный склад с портальной разгрузочно-штабелировочной машиной ТР-2 показан на рис. 8.6. Машина 2 разгружает полувагон 1 и укладывает заполнители в штабель 3 прирель-

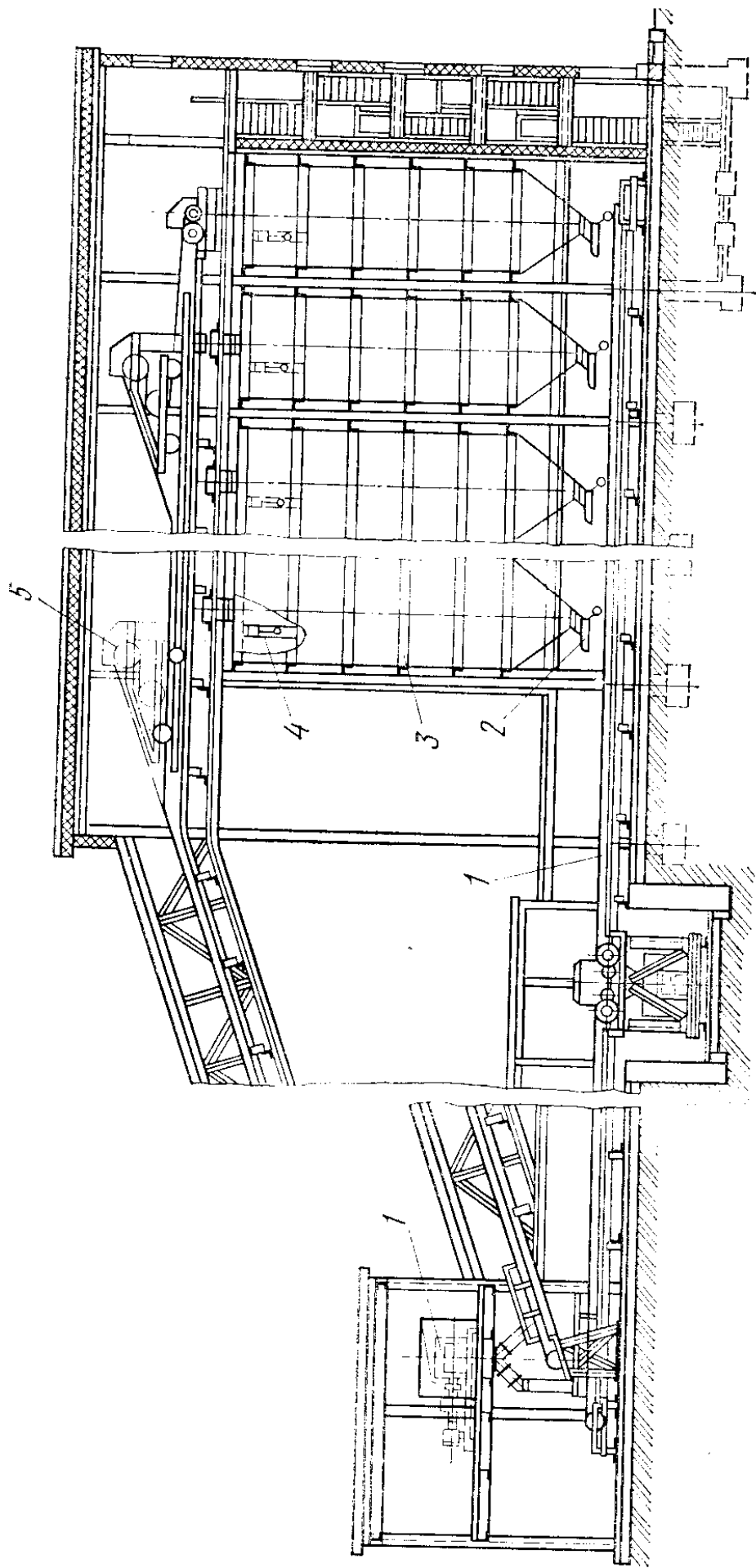


Рис. 8.7. Силосный склад заполнителей:

1 — ленточные конвейеры; 2 — вибратор; 3 — вибропитатель; 4 — указатель уровня; 5 — сбрасывающая тележка

сового склада. Со склада в расходные бункера 5 бетоносмесительного цеха заполнители подаются ленточным конвейером, смонтированным в галереи 4 под штабелем.

Силосный склад заполнителей показан на рис. 8.7.

8.3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ БЕТОННЫХ ЗАВОДОВ И УСТАНОВОК

Компоновочное решение бетонорастворных заводов и установок выполняется на основе унифицированного ряда, который позволяет собирать из типовых элементов несколько вариантов стационарных и инвентарных (сборно-разборных) заводов и установок. В табл. 8.1 приведены технические характеристики типовых унифицированных бетоносмесительных заводов и инвентарных установок.

На стационарных бетонных заводах готовят бетонную смесь в течение всего года. Технологическое оборудование монтируют по вертикальной схеме, т. е. с однократным подъемом исходных сырьевых материалов. В зависимости от количества и вместимости применяемых петиносмесителей строят следующие заводы:

2X330; 2X500; 4X500; 2X800 ... 1000; 4X800 ... 1000; 2X1600 ... 2000; 4X1600 ... 2000. Все стационарные бетонные заводы и цехи заводов железобетонных изделий и конструкций (кроме 2X1600 ... 2000 и 4x1600 ... 2000) базируются на унифицированном технологическом оборудовании.

В табл. 8.2 приведены технические характеристики основного технологического оборудования бетонных заводов.

Завод СБ-4В-1 (рис. 8.8) состоит по высоте из пяти отделений:

надбункерного, бункерного, дозаторного, смесительного и отделения выдачи готовой смеси.

Заполнители по наклонной галерее ленточным конвейером подаются в поворотную воронку с пневмоприводом, которая в зависимости от вида заполнителей направляет их в соответствующий бункер (или отсек бункера). Из бункеров заполнители по переходным патрубкам поступают в дозаторы, откуда по течкам поступают в приемную воронку с перекидным клапаном, а оттуда по течке в бетоносмеситель. Цемент из силосов пневматическим транспортом подается вверх в циклон и фильтры. Образовавшаяся при этом цементная пыль возвращается в расходные бункера. Далее цемент винтовым реверсивным конвейером распределяется по отсекам бункеров, из которых по переходным патрубкам подается в дозатор, а оттуда по двухрукавной течке — в бетоносмеситель. Вода и жидкие добавки соответственно из расходных баков после дозирования по трубопроводам поступают в бетоносмеситель.

Для предупреждения образования сводов в бункере песка устанавливается сводообрушитель вибрационного типа, а в бункере цемента — сводообрушитель аэрационного типа. Готовая бетонная смесь выгружается в бункера выдачи, а оттуда поступает в транс-

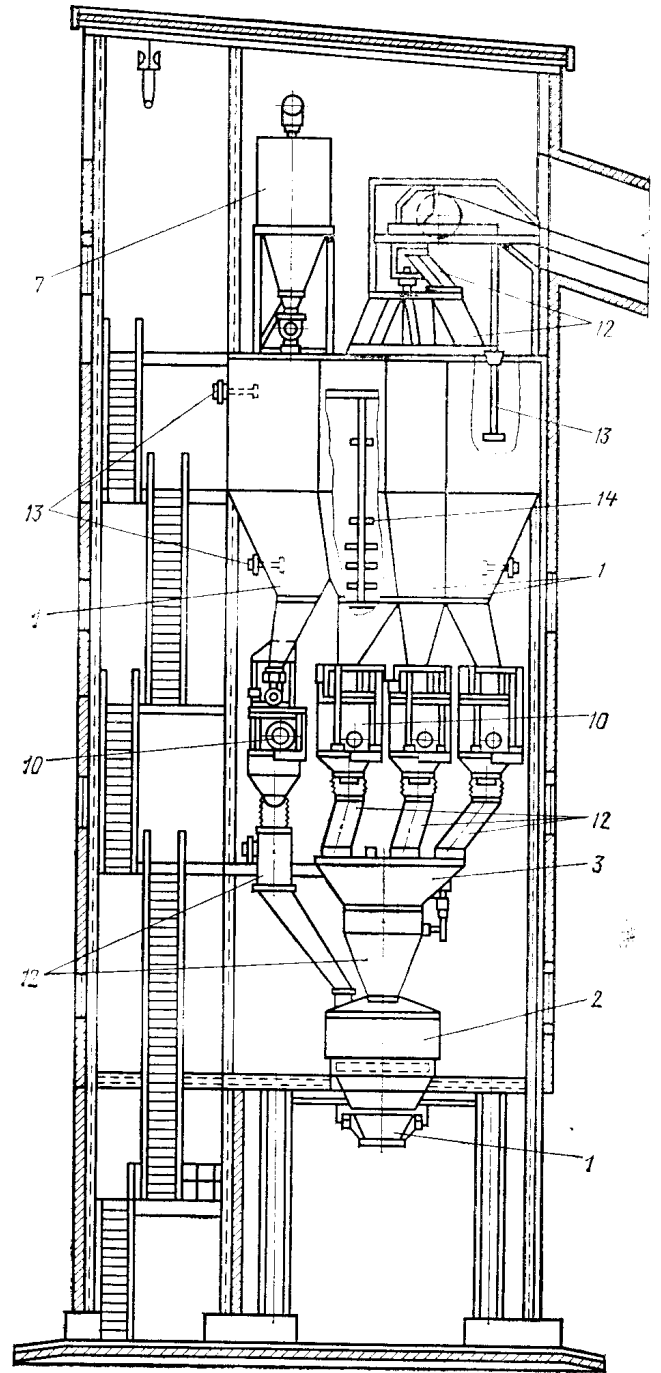
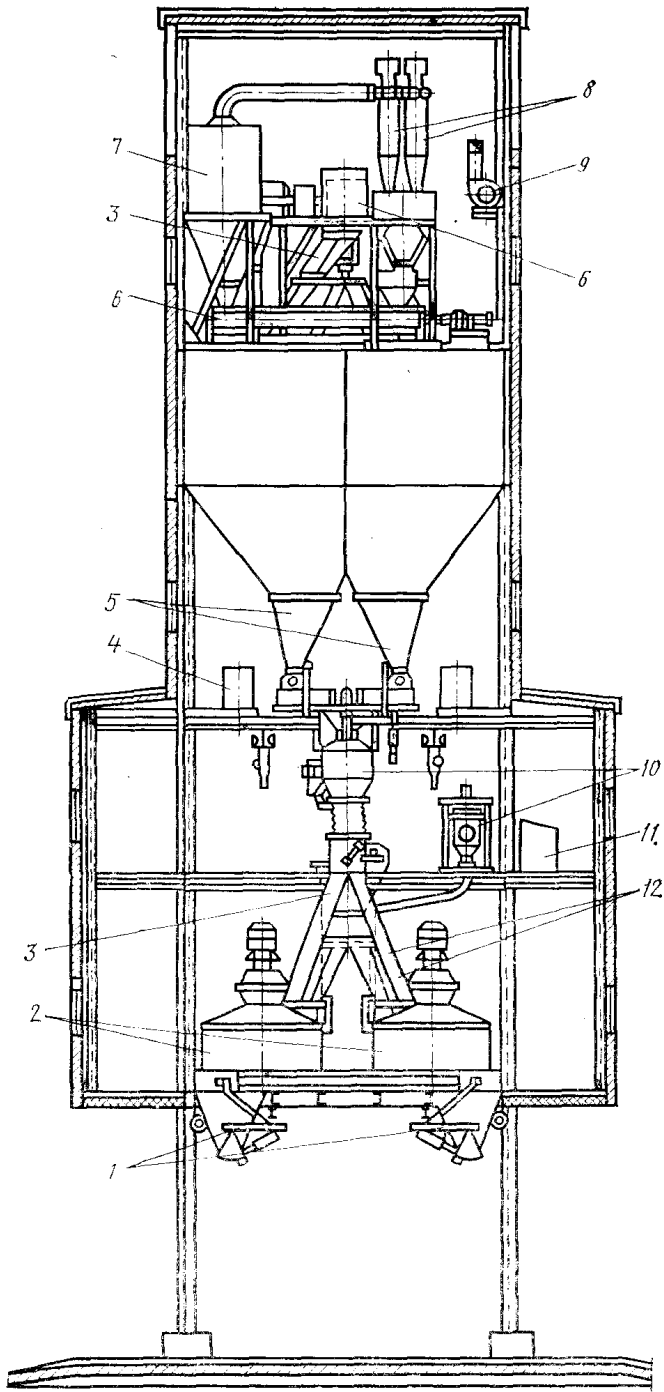


Рис. 8.8. Стационарный односекционный завод СБ-4В-1:

1—бункера; 2 — бетопоesyеснтелл; 3—воронкн; 4 — бакн; 5 — патрубкн 6— конвейеры; 7— циклон; 8 — батарея циклонов; 9 — вентилятор; 10— дозаторы; 11— пульт управления; 12 — тецкл; 13 — указатели уровня; 14 — сводообрушитель

Таблица В.1. Технические характеристики типовых унифицированных бетоносмесительных заводов и мобильных установок

Тип завода (установка)	Индекс заводского проекта	Смесь	Комплект агрегатов	Производительность		Площадь, м ²	Масса, т
				м ³ /ч	тыс. м ³ /год		
Центральная односекционный завод с двумя бетоносмесительными емкостями по загрузке 500 или 750 л (альтернатив)	400—28—30	СБ-35, СБ-91	Серия ДБ	20, 25	70, 92	72	26,6 21,1
	400—28—28	СБ-93, СБ-10В	Серия ДБ	48, 60	160, 200	87	25,2
То же, установка 1200 или 1500 л (альтернатив)	400—28—29	СБ-53	Серия ДБ	56	320	150	25,2
	400—28—26	СБ-76	СБ-71А, СБ-11В	30	118	1800	8
Центральная секционная установка СБ-70 для круглогодичной работы с двумя емкостями производительностью по загрузке 500 л (альтернатив)	400—28—25	СБ-16	Серия ДБ	45	59	432	6,6
	400—28—21	СБ-35	Серия ДБ	20	70	87	12
То же, с двумя бетоносмесительными емкостями по загрузке 250 л	400—28—22	СБ-20В	Серия ДБ	12	40	72	10,4
	400—28—26	СБ-93, СБ-112	Серия ДБ	60	118	450	31,2
Центральная двухсекционная бетоносмесительная установка с двумя бетоносмесительными емкостями по загрузке 1500 л (альтернатив)	400—28—31	СБ-93, СБ-112	Серия ДБ	20	97	450	23,1

портные средства. При использовании гравитационных смесителей эти бункера располагаются по краям смесительного отделения.

Всеми механизмами односекционного завода управляют с двух пультов: надбункерного, где расположен пульт управления механизмами данного отделения; дозирочного, где находится пульт управления механизмами дозаторного и смесительного отделений.

Механизмы двухсекционного завода управляют с трех пультов: ; надбункерного; дозирочного первой и второй секций.

Таблица 8.2. Технические характеристики основного технологического оборудования бетонных заводов

Показатели	СБ-6А-1	СВ-6А-11	СБ-4Р-1	СБ-4Р-4 (СБ-4В-5)
Производительность, м ³ /ч	20	30	48	60
Число секций, шт.	1	1	1	2
Бетоносмесители: число, шт	2	2	2	4
объем готового замеса, л	330	500	800...1000	800...1000
Количество фракций заполнителей, шт	6	6	6	6
Наибольшая крупность заполнения, мм	70	70	120*	120*
Вместимость расходного бункера цемента, м ³	13,2	13,2	35	35
Установленная мощность электрооборудования, кВт	78,4	85,6	121	175
Масса технологического оборудования, кг	12500	13100	15000	21000

* Для гравитационных бетоносмесителей

Заводы, оснащенные смесителями с объемом по готовому замесу 1600 ... 2000 л. выполняются по индивидуальным проектам. За исключением типа применяемых смесителей, эти заводы не имеют принципиального отличия от вышеописанного завода.

На рис. 8.9 показан автоматизированный бетоносмесительный цех с одноступенчатой (высотной) компоновкой оборудования. На пятом этаже здания размещены машины и установки для приема и распределения цемента и заполнителей по бункерам; на четвертом—расходный бункера; на третьем—дозаторы; на втором—бетоносмесители и на первом — раздаточный бункер и устройства для транспортирования готовой бетонной смеси в формовочный цех завода железобетонных изделий. Управление механизмами осуществляется с пульта, находящегося в дозирочном отделении цеха.

Инвентарная бетоносмесительная установка непрерывного действия СБ-75 предназначена для изготовления бетонных смесей различной консистенции с крупностью заполнителей до 70 мм и оборудована лопастным смесителем. На установке можно готовить и сухую смесь и выдавать ее в автобетоносмесители. В состав установки (рис. 8.10) входят смесительный блок, дозирочный блок цемента 6, дозирочный блок заполнителей /, блок воды и блок управления 10.

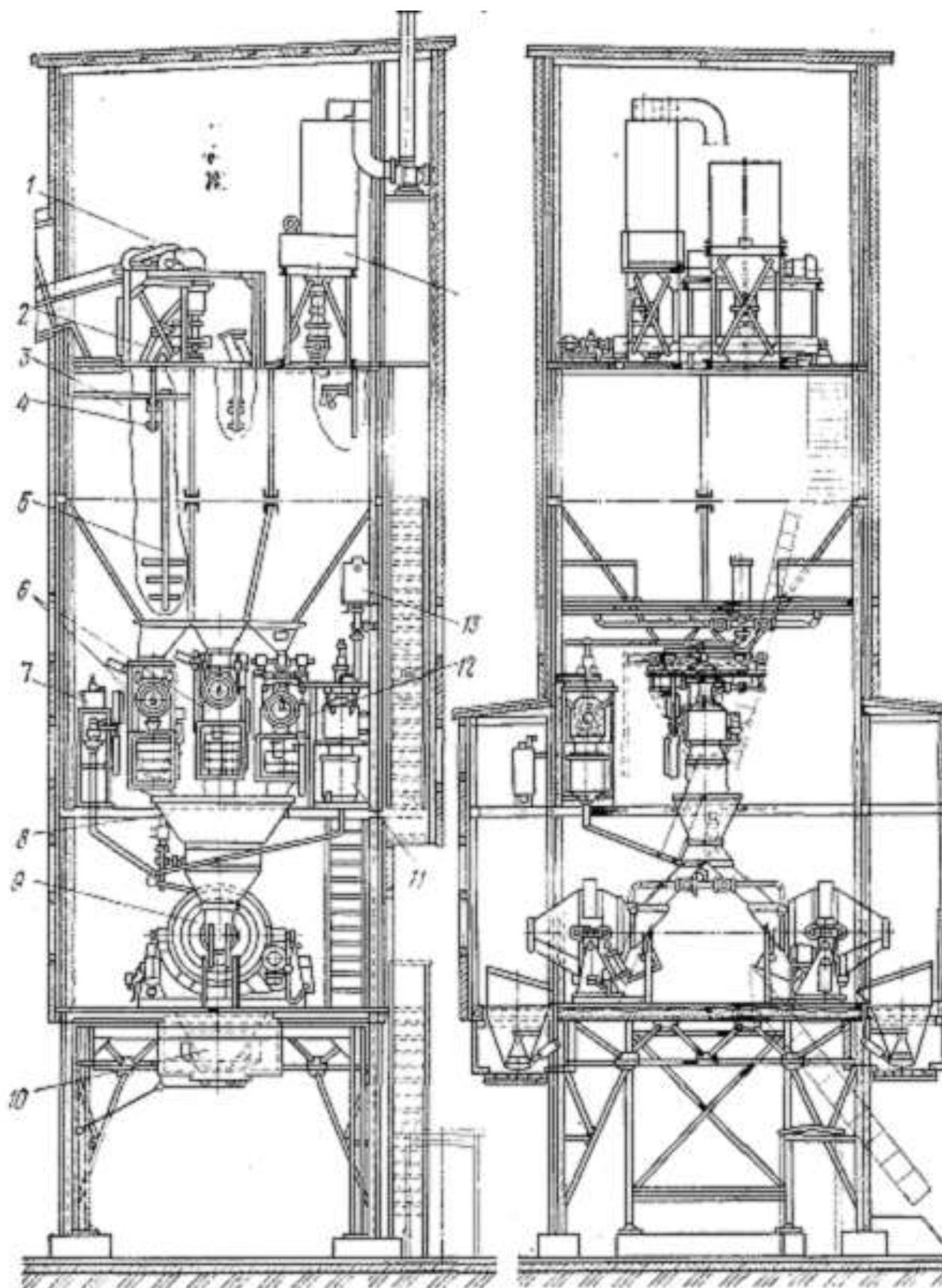


Рис. 8.9. Автоматизированный односекционный бетоносмесительный цех:

1 — ленточный конвейер; 2 — поворотная воронка; 3 — расходные бункера; 4 — указатель уровня; 5 — сводообрушитель песка; 6 — дозаторы заполнителей; 7 — дозатор добавок; 8 — приемная воронка; 9 — бетоносмеситель; 10 — раздаточный бункер; 11 — дозатор воды; 12 — дозатор цемента; 13 — бак для воды

Блок управления соединен со смесительным блоком переходным мостиком. Установка имеет следующие показатели: производительность—30 м³/ч; вместимость расходных бункеров—24 м³ (для заполнителей) и 12 м³ (для цемента); вместимость бака для воды — 2,5 м³; установленная мощность электродвигателей — 37,7 кВт, масса — 24 500 кг.

Бетиносмесительная установка СБ-109 непрерывного действия с гравитационными смесителями предназначена для приготовления бетонных смесей с осадкой конуса не менее 1 ... 2 см и крупностью заполнителей до 70 мм. Установка состоит из дозирочного и смесительного отделений, соединенных наклонным ленточным конвейером, трех загрузочных конвейеров, главного пульта и отделения приготовления добавок. Производительность установки 120 м³/ч; установленная мощность электродвигателей 305 кВт; масса 155500 кг.

Бетоносмесительная установка СБ-70-1 (рис. 8.11) предназначена для приготовления бетонных смесей с осадкой конуса не менее 3 см. Установка состоит из смесительного отделения и поворотно-скрепкового устройства. В состав смесительного отделения входят два гравитационных смесителя, бункер цемента, скиповый подъемник, распределительная воронка, дозаторы цемента, воды и заполнителей и кабина с пультом управления. Скреперное устройство состоит из ковша, стрелы, опорно-поворотного устройства и кабины. Производительность установки 16 м³/ч; мощность установленных электродвигателей 32,5 кВт.

Передвижная бетонорастворосмесительная установка непрерывного действия СБ-61 предназначена, как и установка СБ-119, для приготовления бетонной смеси и раствора. Установка состоит из дозирочно-смесительного агрегата, приемного бункера цемента, вертикального винтового конвейера, емкости для приготовления известкового теста, бака известкового молока, двух ленточных конвейеров с загрузочными устройствами, растворонасоса с виброситом и ленточного конвейера выдачи готовой смеси.

Производительность бетонорастворных заводов и установок циклического действия (м³/год)

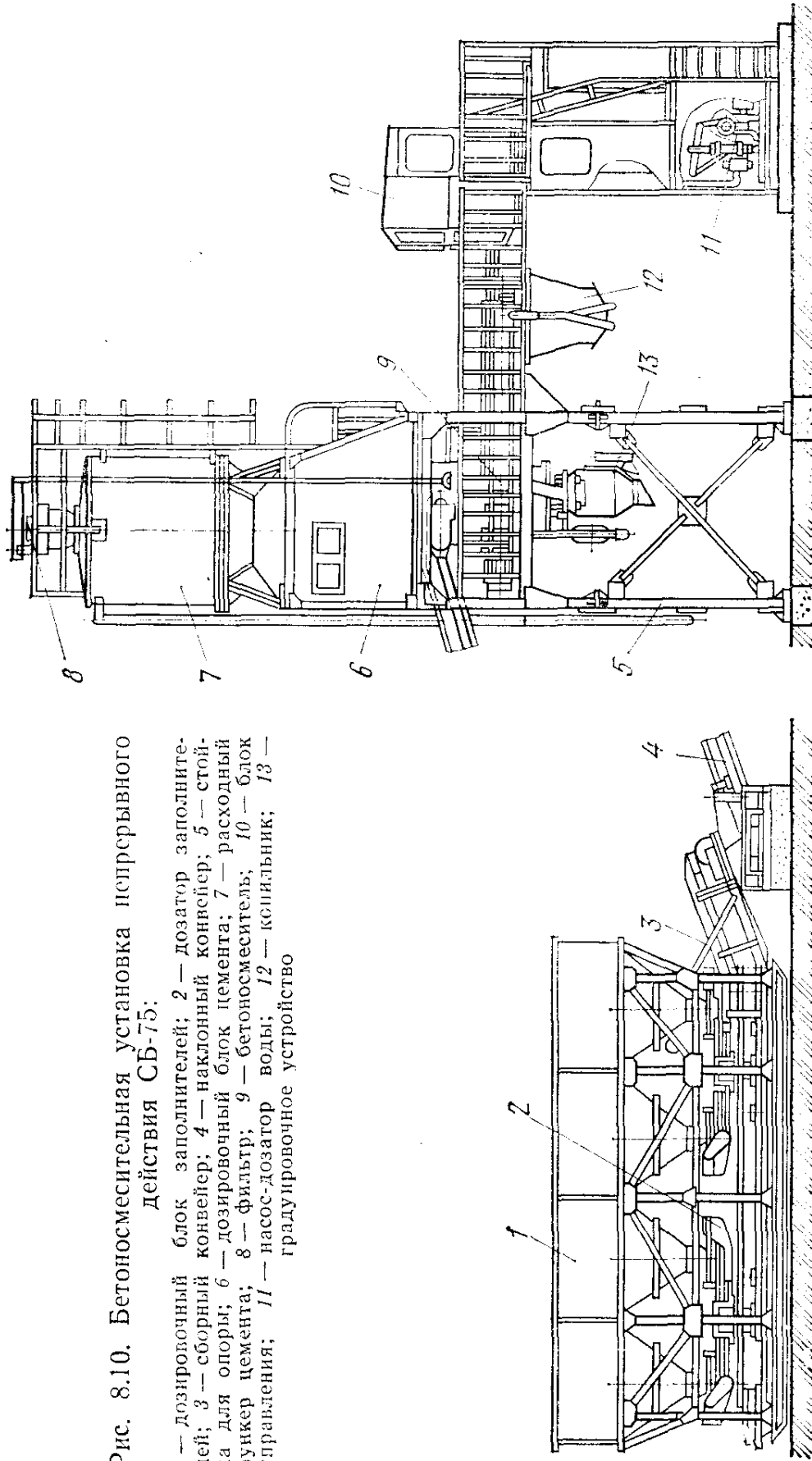
$$P_{\Gamma} = V_{\text{см}} z_{\text{см}} n_3 k_{\text{в}} k_{\text{н}} T_{\Gamma}, \quad (8.1)$$

где $V_{\text{см}}$ —вместимость по загрузке смесителя, м³; $z_{\text{см}}$ —количество смесителей; n_3 —число замесов в час; $k_{\text{в}}$ —коэффициент выхода готовой смеси; $k_{\text{н}}$ —коэффициент неравномерности выдачи готовой смеси; T_{Γ} —расчетный годовое время работы оборудования, ч.

Значения параметров, входящих в формулу (8.1), можно принять из специальных справочников в зависимости от конкретных условий приготовления бетонных или растворных смесей.

Рис. 8.10. Бетоносмесительная установка непрерывного действия СБ-75:

1 — дозирочный блок заполнителей; 2 — дозатор заполнителей; 3 — сборный конвейер; 4 — наклонный конвейер; 5 — стойка для опоры; 6 — дозирочный блок цемента; 7 — расходный бункер цемента; 8 — фильтр; 9 — бетоносмеситель; 10 — блок управления; 11 — насос-дозатор воды; 12 — ковшильник; 13 — градуировочное устройство



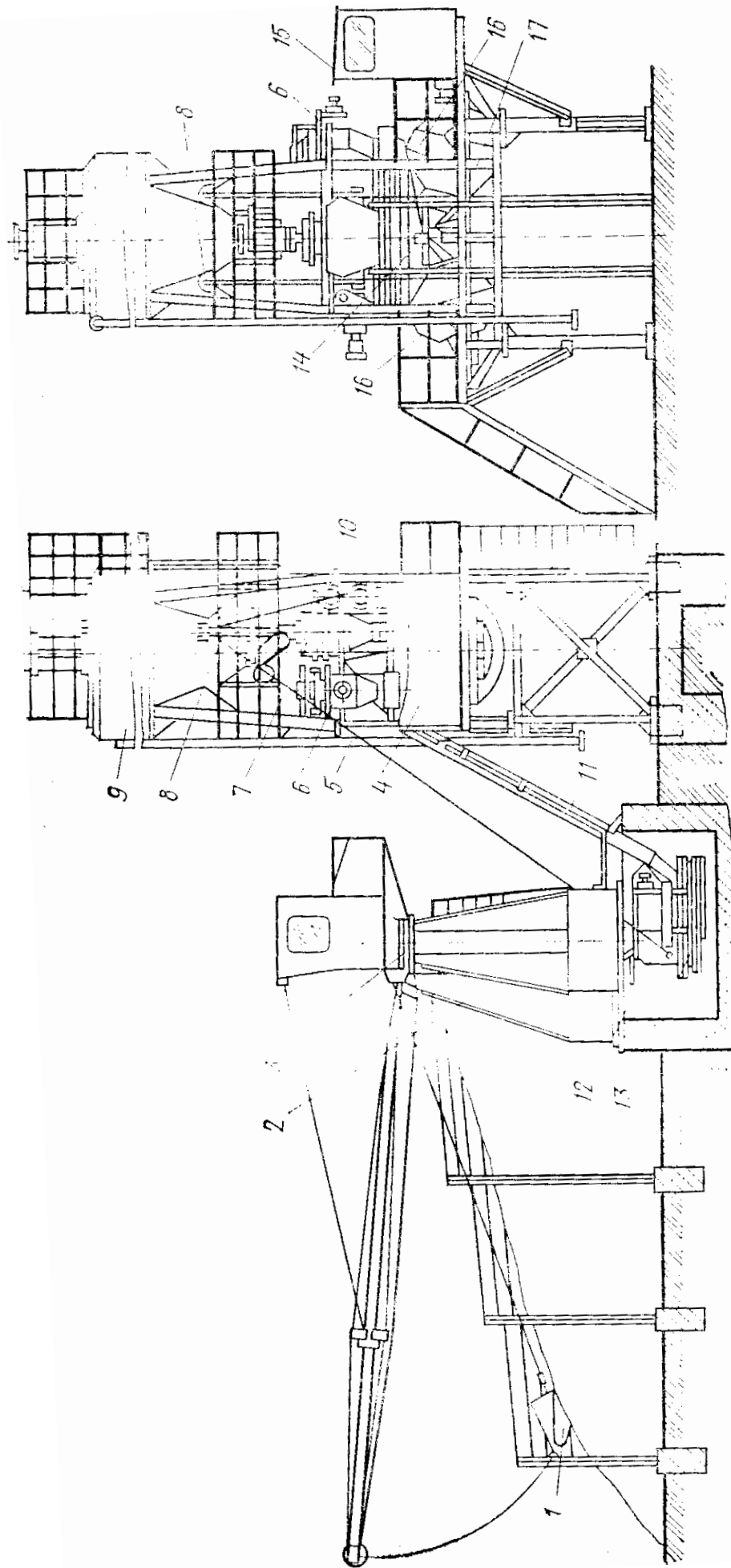


Рис. 8.11. Бетоносмесительная установка СБ-70-1:

1 — скреперный ковш; 2 — секторный распределитель; 3 — поворотнo-скреперное устройство; 4 — смесительное устройство; 5 — загрузочная труба; 6, 7, 13 — дозаторы соответственно воды, цемента, заполнителей; 8 — блок; 9 — бункер; 10 — скиповый подъемник; 11 — направляющая скипового подъемника; 12 — скип; 14 — распределительная воронка; 15 — кабина; 16 — смесители; 17 — рама

Производительность (м³/год) заводов непрерывного действия

$$P_{Г}=0,95P_{п}z_{см}T_{Г},$$

где 0,95—коэффициент снижения паспортной производительности смесителя; $P_{п}$ —паспортная производительность смесителя, м³/ч;

$z_{см}$ —количество смесителей непрерывного действия.

ГЛАВА 9

Дозаторы для сыпучих материалов и жидкостей

9.1. ТИПЫ ДОЗАТОРОВ И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Дозаторы служат для составления сырьевых смесей в заданной пропорции. Они используются в стекольной, керамической и других отраслях промышленности строительных материалов. Особенно широко дозаторы используются для дозирования компонентов бетонной смеси перед ее перемешиванием в смесителях. Операция отмеривания с заданной точностью дозы материала называется дозпрованием. Отклонение количества материала от заданной его дозы называется погрешностью дозирования, которая измеряется в процентах.

По характеру действия дозаторы подразделяются на циклические и непрерывные. В циклических дозаторах отмеривание дозы происходит в мерной или весовой емкостях—бункерах. После отмеривания дозы материал высыпается из емкости и цикл дозирования повторяется вновь. Дозаторы непрерывного действия подают непрерывный поток материала с заданной объемной или массовой производительностью.

По принципу действия дозаторы делятся на объемные и массовые. Первые отмеривают материал по объему, а вторые—по массе. Встречаются дозаторы смешанного действия, когда один из компонентов смеси отмеривается по объему, а другой по массе, но таким образом, чтобы общая масса двух компонентов соответствовала заданной. Такой способ используется, например, при отмеривании керамзита и песка при приготовлении керамзитобетона. При этом по объему дозируется керамзит. Объемные дозаторы для сыпучих материалов просты по конструкции, но не обеспечивают необходимой точности дозирования компонентов бетонной смеси, которая согласно ГОСТу для вяжущих, воды и добавок составляет $\pm 2\%$, а для заполнителей $\pm 2,5\%$. Низкая точность объемных дозаторов обусловлена непостоянством физико-механических свойств (плотности, влажности и т. д.) сыпучих материалов. Кроме того, в циклических дозаторах точность существенно зависит от способа заполнения мерной емкости, высоты и скорости истечения материала, а в дозаторах непрерывного действия—от количества материала в бункере, под которым расположен дозатор. По указанным причинам при приготовлении бетонных смесей применяют объемное дозирование только для воды и растворов с химическими добавками, которые удовлетворяют требованиям по точности благодаря высокому постоянству их физико-механических свойств при температуре окружающей среды 10 ... 25 °С, т. е. в диапазоне изменения температуры на бетоносмесительных узлах.

Весовые дозаторы снабжены системой автоматического регулирования и сложны по конструкции. Но они дозируют сыпучие материалы с точностью, удовлетворяющей требованиям ГОСТа. По этой причине на современных бетоносмесительных установках дозирование вяжущих и заполнителя осуществляется только на весовых дозаторах.

По способу управления дозаторы могут быть с ручным, дистанционным и автоматическим управлением. При ручном управлении циклическими дозаторами открытие и закрытие затворов, подающих материал в бункера, производится вручную, а необходимая доза материала отмеривается весоизмерительным устройством. В дозаторах непрерывного действия их производительность регулируется вручную путем изменения толщины слоя материала на питателе или скорости его движения. При дистанционном управлении все операции производятся с пульта управления. Необходимые дозы при циклическом дозировании или производительность питателей при непрерывном дозировании достигаются и контролируются по циферблатным указателям массы.

При автоматическом дозировании в циклических дозаторах все операции, включая загрузку материала в весовые бункера и выгрузку его, осуществляются без участия оператора. В автоматических дозаторах непрерывного действия регулирование производительности питателей осуществляется путем воздействия на толщину материала или на скорость его движения. Такие питатели могут быть одно- или двухагрегатными. В первых и взвешивание и регулирование производительности осуществляются на одном питателе, во вторых регулирование производительности осуществляется на одном питателе, а взвешивание— на другом.

9.2. ЦИКЛИЧНЫЕ ОБЪЕМНЫЕ ДОЗАТОРЫ

При приготовлении бетонов и строительных растворов объемные дозаторы для сыпучих материалов применяются только для их дозирования в условиях строительной площадки для смесителей малой производительности с объемом готового замеса до 200 л. Они представляют собой мерные емкости (ящик и др.). Их загрузка и выгрузка производится вручную.

Дозирование воды осуществляется объемными дозаторами сифонного типа. В таких дозаторах (рис.9.1) первоначально трехпозиционный золотник 6 включается наподачу воды. Она подается в бачок через патрубок 8 и патрубок 5. Вода подается до тех пор, пока она не начнет вытекать через клапан 4. После этого золотник 6 переключают на слив воды, который происходит через сифонный 5 и сливной 7 патрубки. Объем сливаемой воды определяется высотой А положения конца воздухозаборной трубки 3, соединенной с указателем уровня 2. Это объясняется

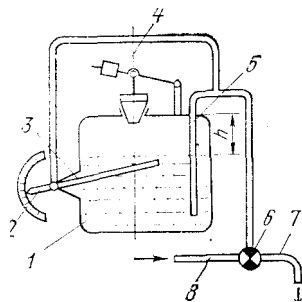


Рис. 9.1.
Циклический дозатор для жидкостей сифонного типа

тем, что как только уровень воды достигнет конца воздухозаборной трубки 3, в сифонный патрубок 5 попадает воздух, и слив воды прекращается. Дозатор может работать в режиме ручного и автоматического управления. В последнем случае открытие клапана 4 подает сигнал на сервопривод золотника 6, который переводит его на слив. Сигнал на сервопривод золотника 6 для переключения его в положение заполнения бачка поступает от внешних устройств, сигнализирующих о том, что технологическая цепочка готова к приему следующей дозы воды.

Широкое распространение получили дозаторы турбинного типа ДВК-40 и ДАТ-1, технические характеристики которых

приведены ниже:

Показатели	ДВК – 40	ДАТ - 1
Расход жидкости, м ³ /ч	1,510	1,5...10
Отмериваемые дозы, л	до 250	127, 250, 500
Погрешность дозирования, %	± 2	± 2
Цена деления циферблатного указателя, л	1	1
Максимальная температура жидкости, °С	40	90
Напряжение питания, В	-	220
Потребляемая мощность, Вт	-	10

Такие дозаторы работают за счет крыльчатки, вращаемой потоком движущейся жидкости. Ось крыльчатки связана со счетчиком (рис. 9.2). Количество прошедшей жидкости регистрируется циферблатным указателем. Открытие впускного и закрытие (по достижении необходимой дозы, воды, поданной в смеситель) выпускного клапана производится оператором вручную.

В отличие от предыдущего дозатор ДАТ-1 снабжен необходимыми устройствами для включения его в системы автоматического регулирования. Оба дозатора рассчитаны на работу со смесителями с вместимостью готового замеса до 500 л.

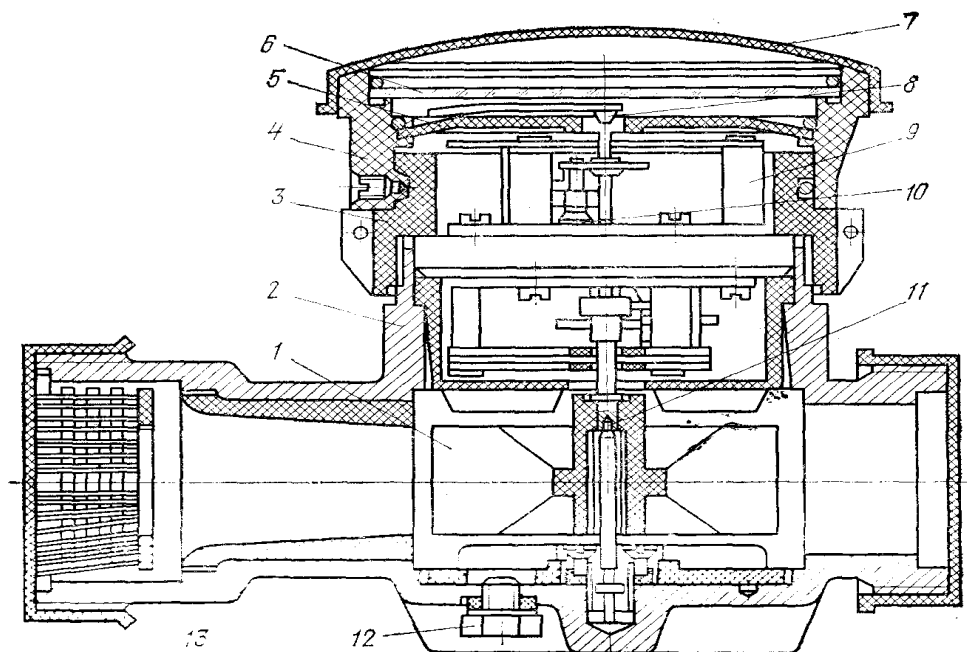


Рис. 9.2. Дозатор воды ДВК.-40: 1 — крыльчатка; 2 — корпус; 3 — гайка; 4 — поворотная головка; 5 — циферблат; 6 — стекло; 7 — колпак; 8 — стрелка; 9 — счетная головка; 10 — магнитная муфта; 11 — точечная опора; 12 — пробка; 13 — фильтр

Химические добавки растворяют в подогретой воде и дозируют в объемных дозаторах, которые представляют собой цилиндрическую емкость, снабженную поплавком. При достижении верхнего заданного уровня поплавков через специальное устройство включает выпускной клапан и выключает подачу раствора в емкость. При этом раствор с химической добавкой начинает поступать в смеситель. Опускаясь вместе с уровнем раствора при достижении заданного объема раствора, поступившего в смеситель, поплавок выключает выпускной клапан и включает впускной. После этого цикл дозирования повторяется вновь.

9.3. ВЕСОВЫЕ ДОЗАТОРЫ ЦИКЛИЧНОГО ДЕЙСТВИЯ

Поскольку сила тяжести mg во всех точках земного шара практически пропорциональна массе из-за достаточно высокого постоянства ускорения силы тяжести g , дозирование материалов по массе осуществляется путем его взвешивания.

Весовые дозаторы циклического действия могут дозировать либо один компонент (однокомпонентные), либо два компонента (двух-компонентные) бетонной смеси.

Процесс дозирования может осуществляться в одну стадию или в две последовательно выполняемые стадии—грубое и тонкое взвешивание. Грубое взвешивание происходит при максимальной производительности устройства, подающего материал в весовой бункер, а тонкое — при производительности в 5 ... 10 раз сниженной. При грубом взвешивании набирается 93 ... 96 % от заданной массы компонента, а при тонком оставшиеся 7 ... 4%. При двухстадийном процессе существенно повышается точность дозирования, но вместе с тем растет и сложность дозатора. Поэтому их применяют лишь при повышенных требованиях к точности дозирования.

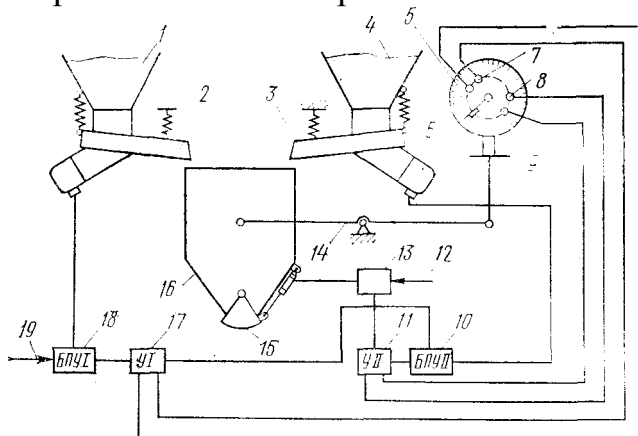


Рис. 9.3. Двухкомпонентный весовой дозатор циклического действия

Системы автоматического управления современных дозаторов, как правило, построены на микромодульных бесконтактных элементах с использованием микропроцессоров.

Двухкомпонентный дозатор (рис. 9.3) последовательно дозирует два компонента сырьевой смеси в один весовой бункер 16. По линии 19 подается внешний сигнал с командой включения питателя 2 первого компонента. Питатель 2 с максимальной производительностью подает первый компонент из бункера / в бункер 16. По мере увеличения массы первого компонента в бункере 16 через рычажную систему 14 происходит перемещение стрелки весоизмерительной головки 5. Когда стрелка достигнет датчика грубого взвешивания 6 первого компонента, что соответствует ~95% заданной массы первого компонента, он подает сигнал на усилитель 17, который, воздействуя на блоки питания и управления 18, уменьшит производительность питателя 2 примерно в 10 раз. Когда навеска первого компонента достигнет заданной массы, стрелка весоизмерителя 5 достигнет датчика тонкого взвешивания первого компонента 7.

Последний подает сигнал на У1 (17), который выключит БПУ1 (18) и соответственно подачу материала питателем 2 первого компонента и включит БПУП (11). При этом питатель 3 начнет с максимальной производительностью подавать второй компонент в бункер 16. Далее грубое и тонкое дозирование второго компонента происходит так же, как и первого. После достижения стрелкой весоизмерителя 5 датчика тонкого взвешивания 9 второго компонента (что соответствует заданной массе второго компонент.); он подает сигнал на УП (11) и последний выключит БПУП (10) и питатель 3 и через электропневмозолотник 13 включит пневматический привод затвора 15. При этом навеска первого и второго компонентов поступит в технологическую линию. Вновь дозатор начнет работать после поступления следующего внешнего сигнала по линии 19. Датчики 6, 7, 8 и 9 могут устанавливаться в любой точке циферблатного указателя весоизмерительной головки 5. Таким образом, оператор имеет возможность при наладке дозатора установить любую необходимую величину навески первого и второго компонентов.

Однокомпонентные дозаторы принципиально работают так же, но имеют один бункер с компонентом и один питатель. Сигнал на опорожнение весового бункера и отключение питателя подается датчике тонкого взвешивания. При дозировании компонентов в один этап датчики 6 и 8 (см. рис. 9.3) устанавливаются в положение, соответствующее 100 % массы обоих компонентов и выполняют все функции датчиков тонкого взвешивания 7 и 9. Вследствие простоты таких дозаторов они получили преимущественное распространение. Принцип работы циклических дозаторов сохраняется при дозировании любых сыпучих и жидких материалов. Меняются лишь устройства для загрузки компонентов в весовой бункер и выгрузки их оттуда. Для песка, щебня, гравия могут использоваться кроме указанных на рис. 9.3 электромагнитных питателей 2 и 3 ленточные и различного рода затворы. При дозировании цемента роль питателей 2 и 3 выполняют барабанные питатели, аэрожелоба с заслонками, а также просто заслонки. При дозировании жидкостей должна обеспечиваться герметичность затворов.

Для бетоносмесительных установок партерного типа выпускаются комплекты дозирочного оборудования ВДБ-250 и ВДБ-500/750. Первый предназначен для работы со смесителями вместимостью готового замеса 250 л, а второй—500 и 750 л. Технические характеристики оборудования, входящего в эти комплекты, приведены в табл. 9.1.

В обоих комплектах дозаторы с одинаковыми индексами сходны по конструкции и отличаются лишь габаритами и массой. Дозаторы ДЖ (рис. 9.4) отличаются от дозаторов ДЦ только конструкцией затворов. Дозаторы ДЦ не комплектуются впускными затворами, которые унифицированы с выпускными, так как они монтируются не на дозаторе, а на выпускной горловине питателя цемента.

Таблица 9.1. Техническая характеристика оборудования, входящего в комплекты ВДВ

Показатели	Комплект ВДБ.250			Комплект ВДБ.500/750		
	ДИ-500	ДЦ-100	ДЖ-100	ДИ-1200	ДЦ-200	ДЖ-200
Пределы в звешивания, кг	100...500	20...100	20...100	240...1200	40...200	40...200
Допустимая погрешность, %	2,5	2	2	2,5	2	2
Число задаваемых рецептов	3	3	3	3	3	3
Масса, кг	240	110	35	240	130	155

Во всех дозаторах управление затворами происходит от пневмокамер, которые работают при давлении в пневмосистеме 0,4 ... 0,6 МПа.

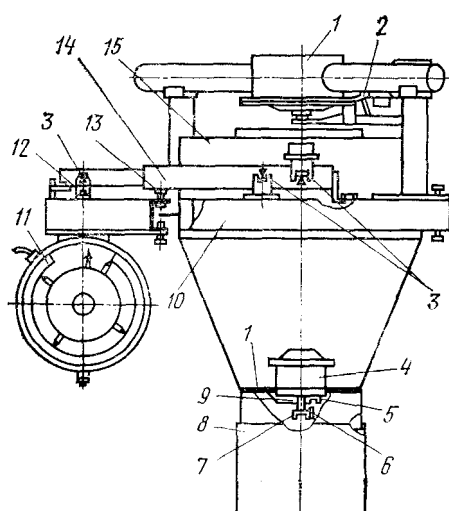


Рис. 9.4. Дозатор жидкости ДЖ-200:

- 1 — затворы; 2 — упор; 3 — опорные устройства;
- 4 — пневмокамера; 5 — первичный преобразователь;
- 6 — флажок; 7 — рычаг затвора; 8 — рукав;
- 9 — заслонка; 10 — рама; 11 — циферблатный указатель;
- 12 — тяга; 13 — винт; 14 — сдвоенный рычаг,
- 15 — бункер

Весовые устройства ДИ (рис. 9.5) предназначены для дозирования заполнителей. Дозирование происходит в ковше скипового подъемника, установленного на раме 2 весового устройства. Все дозаторы снабжены циферблатным указателем 1. Он состоит из силоизмерителя пружинного типа и задатчика доз. Последний имеет четыре подвижные стрелки с бесконтактными преобразователями, что позволяет отвешивать четыре дозы каждого из компонентов. Подача материала в весовые бункера прекращается в тот момент, когда флажок стрелки силоизмерителя входит в прорезь бесконтактного преобразователя. Стрелки с преобразователями устанавливаются на циферблате оператором в положениях, соответствующих требуемым дозам компонентов смеси.

Таблица 9.2. Технические характеристики дозаторов серии ДБ для смесителей с объемом готового замеса 300...750 л

Показатели	ДБ-100	ДБ-150	ДБ-200	ДБ-300	ДБ-400	ДБ-500	ДБ-600	ДБ-750
Пределы взвешивания, кг:								
наибольший	500	500	500	800	800*	200	400	
наименьший	100	100	100	200	200*	40	80	
Допустимая погрешность, %	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2	
Фракция I	Песок	Песок	Щебень, гравий	Щебень, гравий	Керамзит	Вода, жидкие добавки	Цемент	
Фракция II	—	Песок	—	Щебень	Песок	Вода, жидкие добавки	Цемент	
Цикл взвешивания, с	30	45	30	45	45*	30	45	
Масса, кг	500	640	500	670	1045	475	1575	

*Данные относятся к суммарному значению доз керамзита и песка. Дозирование керамзита — по земное.

Таблица 9.3. Технические характеристики дозаторов серии ДБ для смесителей с объемом готового замеса 1000, 1200...1500 л

Показатели	6.000 А.Д.800-БТ	6.003 А.Д.1500-БП	6.007 А.Д.800-БШ	6.011 А.Д.1500-БЩ	6.023 А.Д.1500-БК	6.002 А.Д.100-БЖ	6.001 А.Д.600-БЦ
Пределы:							
взвешивания, кг:							
наибольший	800	1600	800	1600	1600*	400	600
наименьший	200	400	200	400	400*	80	200
Допустимая погрешность, %	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2
Фракция I	Песок	Песок	Щебень, гравий	Щебень, гравий	Керамзит	Вода, жидкие добавки	Цемент
Фракция II	—	Песок	Щебень, гравий	Щебень, гравий	Песок	Вода, жидкие добавки	Цемент
Цикл взвешивания, с	30	45	30	45	45*	45	45
Масса, кг	555	770	565	800	1230	520	1600

*Данные относятся к суммарному значению дозы керамзита и песка. Дозирование керамзита—объемное.

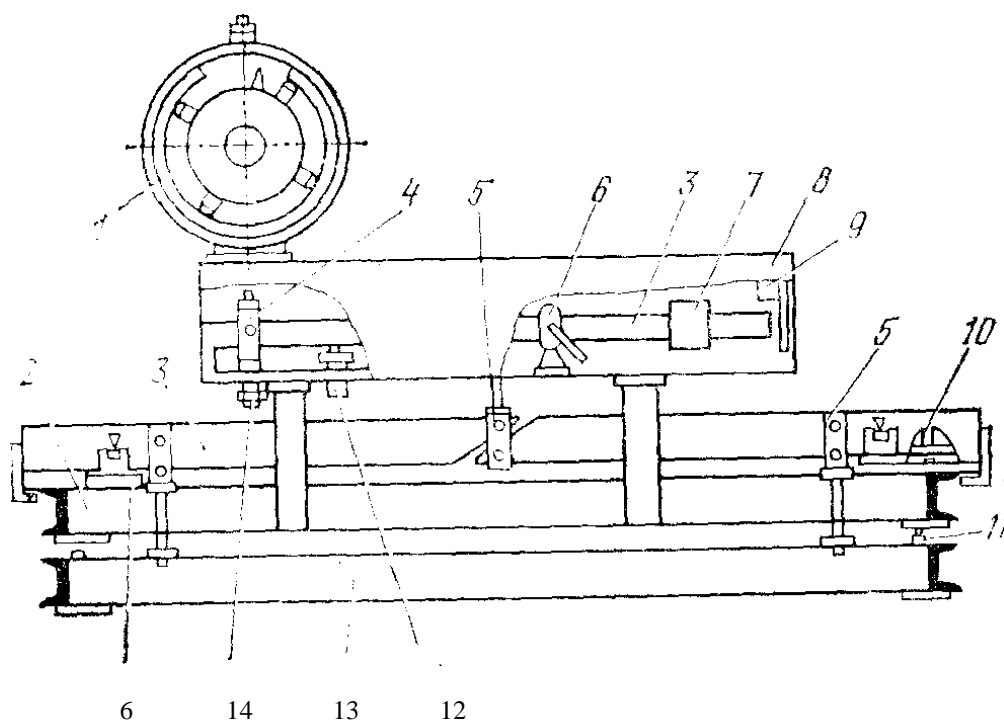


Рис. 9.5. Весовое устройство ЛИ-1200:

1-циферблатный указатель; 2-рама; 3-рычаги; 4-тяги; 5-серьги; 6-стойки; 7-груз; 8-корпус; 9- упор; 10-винт; 11-штырь; 12-гаситель колебаний; 13-платформа; 14-гайка

Для бетоносмесительных автоматизированных узлов предназначены дозаторы серии ДБ, которые работают со смесителями с объемом готового замеса 500 ... 2000 л. Выпускаются в основном двухфракционные дозаторы серии ДБ. Однако по отдельным заказам поставляются и однофракционные. Технические характеристики дозаторов серии ДБ приведены в табл. 9.2 ... 9.4.

Таблица 9.4 Технические характеристики дозаторов серии ДБ для смесителей с объемом готового замеса 1600...2000, 2400...3000 л

Показатель	6.043.ЛД.2000.Б II	6.043 АД-2500-БЩ	6.0Э6-АД-500-2БЖ
Пределы взвешивания, кг:			
наибольший	2000	2500	500
наименьший	400	400	80
Допустимая погрешность, %	2,5	2,5	2
Фракция I	Песок	Щебень, гравий	Вода, жидкие добавки
Фракция II	—	—	Вода, жидкие добавки
Цикл взвешивания, с	45	45	45
Масса, кг	1000	1200	570

В состав всех дозаторов серии ДБ входят питающие и грузоподъемные устройства, рычажная система, пневматическая система, панель местного управления, местный и дистанционный циферблатные указатели. Подбор дозаторов циклического действия осуществляется по необходимому числу навесок в час и максимальному и минимальному значению дозы компонента.

9.4. ВЕСОВЫЕ ДОЗАТОРЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Дозаторы непрерывного действия представляют собой какой-либо питатель или их комбинацию, в которых автоматически поддерживается постоянная производительность. Производительность любого транспортирующего устройства непрерывного действия пропорциональна массе материала m_m , находящегося на рабочем органе, и скорости его движения v . Следовательно, непрерывное дозирование, т. е. поддержание $(Q)=\text{const}$, при любых изменениях плотности материала можно осуществлять несколькими путями:

а) поддерживая постоянную скорость v , измеряя m_m и воздействуя на устройство, питающее дозатор материалом, изменять его производительность;

б) измеряя m_m и воздействуя на привод дозатора, изменять v ; в) измеряя и изменяя оба параметра (m_m и v). Таким образом, первый способ осуществляет регулирование по массе материала, второй — по скорости его движения и третий — потому и другому.

На практике используются все три способа непрерывного дозирования материалов и все они требуют измерения массы материала, находящегося на рабочем органе дозатора. Измерение массы материала m_m производится путем его непрерывного взвешивания на главном элементе дозатора — весовом питателе.

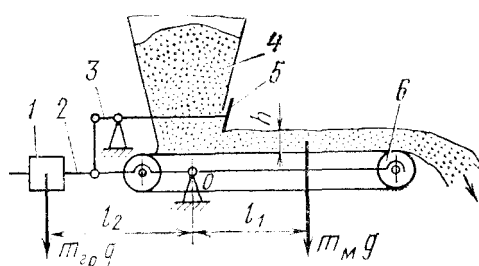


Рис.9.6.Схема одноагрегатного дозатора с консольным весовым ленточным питателем и регулированием по массе—уравновешивающий груз;3—консольная подвеска питателя; 3 рычажная система привода шибера; 4 — бункер с материалом; 5 —шибер; 6 — ленточный питатель

Чаще всего для этой цели используются ленточные питатели с весовым роликом или консольной подвеской. Однако возможно использование для этой цели и других типов питателей, например винтовых.

На рис. 9.6 представлена структурная схема простейшего одноагрегатного дозатора с регулированием по массе материала и $v = \text{const}$

Принцип его действия прост. Положение груза 1 на консольной подвеске 2 выбирается таким, чтобы $\delta_{\omega} gl_2 = m_i gl_1$. Если плотность материала возрастает, то m_m увеличивается против заданной величины и консоль 2 поворачивается относительно точки O по часовой стрелке на некоторый угол. При этом рычажная система 3 опускает шибер 5 и соответственно уменьшает толщину слоя материала h , т. е. снижает m_m до заданного значения. Если плотность материала уменьшается, то все происходит в обратном порядке — шибер открывается и увеличивает m_m до заданного значения. Точность дозирования такого дозатора достаточно низка и составляет $\pm 2,5 \dots 3,0\%$. По такой схеме выполнен дозатор заполнителей СБ-26А (рис. 9.7).

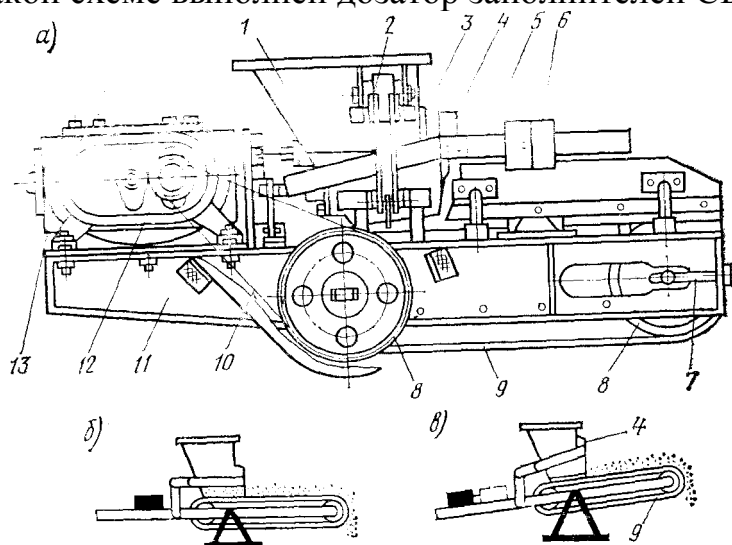


Рис. 9.7. Дозатор заполнителей СБ-26А:

a — конструктивная схема; $б$ — схема в состоянии равновесия; $в$ — схема в недогруженном состоянии; 1—воронка; 2—подвеска; 3, 4 — неподвижная и подвижная заслонка; 5—рычаг; 6—груз; 7 — натяжное устройство; 8 — барабаны; 9 — лента; 10 — цепная передача; 11—рама питателя; 12 — ведущая звездочка; 13 — привод питателя

Структурная схема двухагрегатного дозатора с регулированием по массе материала при $v = \text{const}$ показана на рис. 9.8. Задание производительности (т. е. величины m_m), как и в предыдущем случае, осуществляется изменением положения груза 8 . Когда масса материала на питателе (m_m) 3 , установленном на опоре 4 , соответствует заданной, индуктивный датчик 5 находится в электрически нейтральном положении. Если m_m увеличивается против заданного значения, индуктивный датчик 5 вырабатывает сигнал, который через усилитель 6 воздействует на блок питания и управления 7 электромагнитным вибровозбудителем таким образом, что амплитуда колебаний, а следовательно, и производительность питателя 2 снижаются.

При этом масса материала Шм, поступающая из бункера 1 на питатель 3, также снижается. Это происходит до тех пор, пока m_m не достигнет заданного значения. При снижении m_m против заданного значения система работает аналогично, но производительность питателя 2 увеличивается. В качестве питателя вместо вибрационного может использоваться ленточный питатель с регулируемой производительностью. Точность такого дозатора составляет $\pm 2,5\%$. Для обеспечения такой точности дозирования привод весовых ленточных конвейеров с $v = \text{const}$ должен осуществляться от синхронных электродвигателей, которые обеспечивают $v = \text{const}$: с точностью, соответствующей колебаниям частоты при тающем токе, которые обычно не превосходят $\pm 0,5\%$. При менее жестких требованиях к точности дозирования привод весовых питателей может осуществляться от асинхронных электродвигателей.

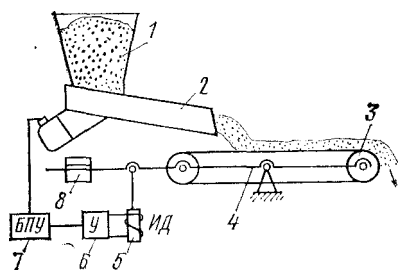


Рис. 9.8. Схема двухагрегатного дозатора с консольным весовым ленточным питателем и регулированием по массе

Структурная схема одноагрегатного дозатора с регулированием по скорости и ленточным питателем с весовым роликом показана на рис. 9.9. В предыдущих двух схемах задание производительности осуществлялось регулировочным грузом. В данной схеме регулировочного груза нет и задание производительности осуществляется заданным напряжением u_3 , пропорциональным заданной производительности Q_3 .

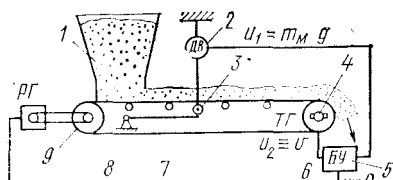
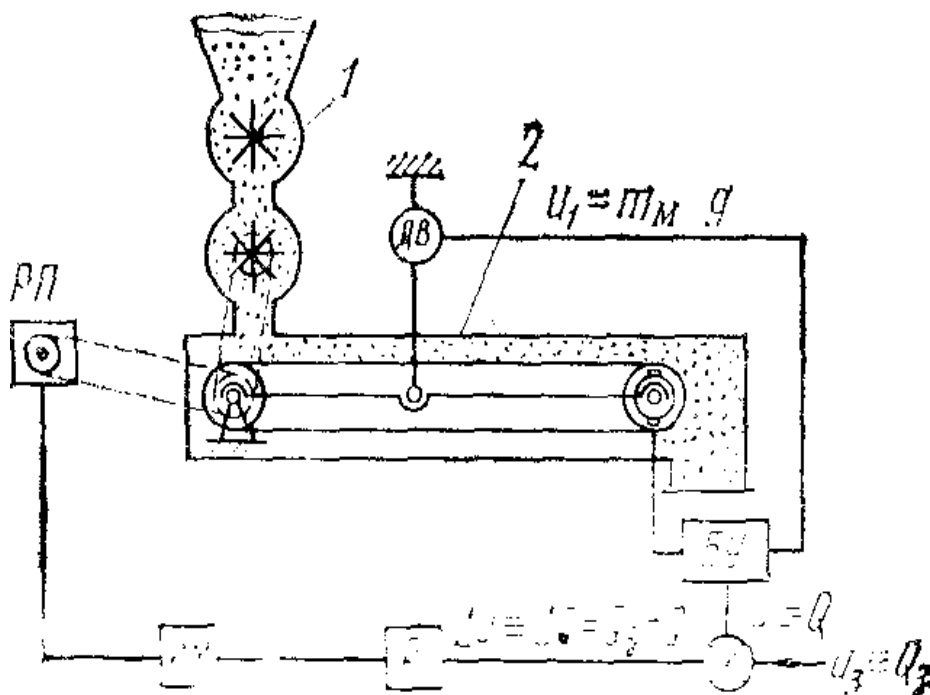


Рис. 9.9. Схема одноагрегатного дозатора с ленточным питателем и весовым роликом и регулированием по скорости:

1 — бункер с материалом; 2 — датчик веса; 3 — весовой ролик; 4 — тахогенератор; 5 — блок умножения; 6 — элемент рассогласования; 7 — регулятор; 8 — исполнительный механизм; 9 — регулируемый привод

Напряжение $u_{и} = m_m g$ вырабатывается датчиком веса 2, к которому подвешен ролик 3, воспринимающий давление материала, находящегося на ленте. Тахогенератор 4 вырабатывает напряжение $u_2 \equiv v$. Напряжения u_1 и u_2 поступают на блок умножения 5, на выходе которого получается напряжение $u = u_1 u_2$ т. е. напряжение $u = Q$.

Напряжение u_1 поступает на элемент рассогласования 6, где оно сравнивается с $u_3 = Q_3$. На выходе из ЭР получается напряжение $\Delta u = u_3 - u = Q_3 - Q$. Если $Q_3 > Q$, то Δu положительно и через регулятор 7 оно воздействует на исполнительный механизм 8



9.10. Схема двухагрегатного дозатора для цемента

регулируемого по скорости привода 9 так, что v уменьшается и соответственно производительность дозатора Q падает до тех пор, пока не станет равной Q , т.е. пока Δu не станет равным нулю. При этом снижение v прекратится. Если Δu станет отрицательным ($Q < Q_3$), то v начнет расти до тех пор, пока Δu не станет равным нулю. Такой дозатор обеспечивает точность дозирования $\pm 2,5\%$.

Дозаторы, представленные на рис. 9.6, 9,8 и 99. предназначены для дозирования мелко- и среднекусковых материалов (песок, щебень, гравий и т. д.).

На рис. 9.10 представлена структурная схема дозатора для цемента. Схема дозатора соответствует предыдущей (см. рис. 9.9) и поэтому работает соответственно таким же образом. Основными отличительными особенностями дозатора на рис. 9.10 являются применение двухбарабанного питателя, исключающего самоистечение цемента, и наличие герметизирующего кожуха 2. Регулирование производительности осуществляется одновременно по m_m и v . Точность дозирования такого дозатора достигает $\pm 2\%$. По такой же схеме выполнен дозатор цемента СБ-77А (рис. 9.11).

В качестве регулируемого по скорости привода дозаторов на рис 9.9 ; 9.10 могут применяться асинхронные электродвигатели, передающие момент через вариатор (механическая передача с плавно регулируемым передаточным отношением), либо электродвигатели постоянного тока с тиристорными регуляторами скорости.

Дозатор непрерывного действия для воды показан на рис. 9.12. Расход воды, проходящей через дозатор, определяется высотой ее уровня h и сопротивлением, создаваемым дросселем 6 в сливной трубе 7. Постоянство уровня воды h поддерживается поплавком 5, который при превышении уровня h включает контакты 4 электро-магнитного клапана 3, и последний перекрывает подачу воды в бачок 1 через нагнетательный патрубок 2.

При падении уровня воды H электромагнитный клапан 3 отключается поплавком 5 и контактами 4 и через патрубок 2 в бачок начинает поступать вода. Необходимый для технологического процесса мгновенный расход воды подбирается степенью открытия дросселя 6.

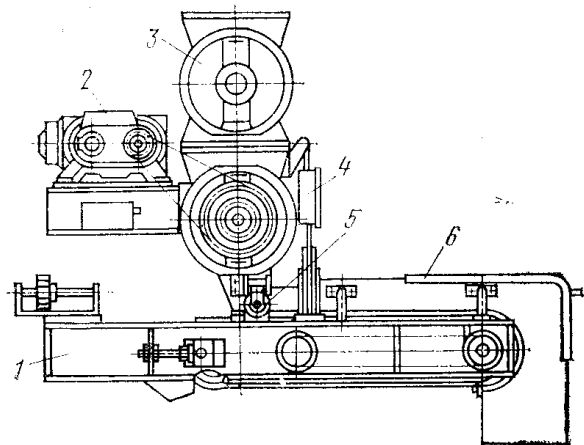


Рис. 9.11. Дозатор цемента СБ-1А:

1 — конвейер; 2 — привод; 3 — питатель; 4 — преобразователь усилий; B — опора; б — кожух

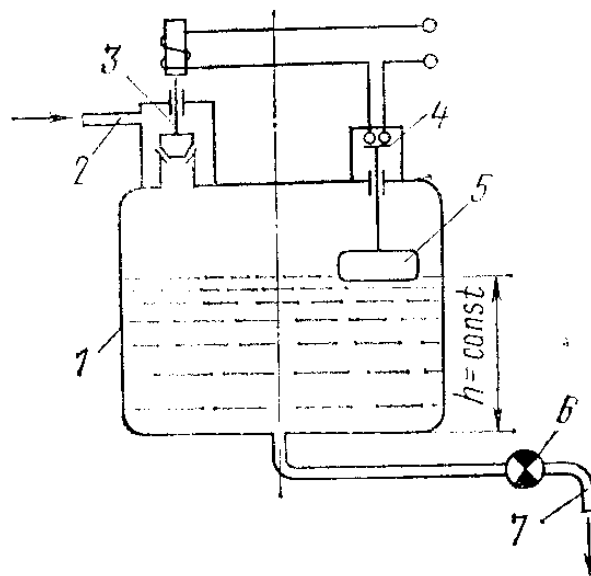


Рис. 9.12. Дозатор для воды непрерывного действия

Вода может дозироваться турбинными дозаторами жидкости (рис. 9.2), которые легко переводятся в режим непрерывного дозирования. И наконец, для непрерывного дозирования воды применяют насосы-дозаторы, в которых регулировка производительности осуществляется путем изменения скорости вращения приводного вала насоса. Для этой цели привод насоса осуществляется через вариатор.

Таблица 9.5. Технические характеристики дозаторов непрерывного действия

Показатели	СБ.23А	СБ.106	С—71А
Вид дозируемого материала	Заполнители		Цемент
Производительность, м ³ /ч:			
наименьшая	8	9...30	4,12,5
наибольшая	40	32...100	12,5...25,0
Ширина ленты, мм	650	1200	650
Погрешность дозирования, %	2,5	2,5	2
Потребляемая мощность, кВт	0,6	1,6	1,18
Масса, кг	340	340	960

В табл. 9.5 приведены технические характеристики наиболее распространенных дозаторов непрерывного действия. Подбор всех дозаторов непрерывного действия производится по заданной точности дозирования, производительности и диапазону регулирования производительности. Все эти параметры приводятся в технических характеристиках дозаторов.

9.5. ЗАСЫПНЫЕ УСТРОЙСТВА

Засыпные (наполнительные) устройства являются разновидностью объемных дозаторов и используются при прессовании строительных изделий.

Процесс прессования бетонных и других строительных изделий (плит, камней, блоков и т. п.) включает несколько рабочих операций: засыпку (наполнение) пресс-форм сырьевой смесью, прессование, выталкивание спрессованного полуфабриката (сырца), съем и укладку сырца на специальные транспортные средства. Каждая из этих операций выполняется соответствующим механизмом в виде отдельного устройства, входящего в прессовую установку.

Из приемно-расходного бункера сырьевая смесь подается в пресс-формы, как правило, с помощью специального оборудования — засыпных устройств.

Засыпные устройства классифицируются по следующим признакам: типу, виду сырьевой смеси, режиму работы, технологическому назначению, принципу засыпки, характеру работы, степени подвижности, расположению и связи корпуса с пресс-формой, наличию устройств для побуждения (ворошения), кинематике, типу привода, наличию рабочих органов, расположению и способу крепления рабочих органов (валов), характеру вращения валов и т. п.

Засыпные устройства должны обеспечить равномерную засыпку пресс-форм как по площади, так и по их глубине; наполнение пресс-форм с заданной плотностью; избежание расфракционирования смеси: идентичность заполнения каждой из пресс-форм при одновременном прессовании нескольких изделий; быстроту и эффективность действия; надежность в работе; возможность полной автоматизации и т. д.

Количество сырьевой смеси, которое должно быть засыпано в пресс-форму засыпным устройством для образования изделия с заданными параметрами, в массовом или объемном выражении определяется по формулам:

$$m_{\tilde{m}} = S_{\phi} h_{\rho} \rho_{\tilde{m}}, V_{\tilde{m}} = S_{\phi} h_3$$

где S_{ϕ} — площадь пресс-формы, соответствующая поверхности изделия; h_3 — высота пресс-формы (глубина засыпки); $\rho_{\tilde{m}}$ — насыпная плотность сырьевой смеси. Высота засыпки пресс-форм сырьевой смесью при заданных параметрах готового изделия (полуфабриката)

$$h_3 = h_{\text{пр}} (\rho_{\text{пр}} / \rho_{\tilde{m}})$$

где $h_{\text{пр}}$ — высота прессовки (полуфабриката); $\rho_{\text{пр}}$ — плотность прессовки; $\rho_{\tilde{m}}$ — плотность смеси при засыпке.

Допустимая относительная погрешность Δ (%) засыпки формовочной смеси, например, по массе

$$\Delta = \frac{\Delta m_{\bar{m}}}{m_{\bar{m}}} = \pm \left[\frac{\Delta V_{\bar{m}}}{V_{\bar{m}}} + \frac{\Delta \rho_i}{\rho_i} \right] 100$$

Средние значения $m_{\text{см}}$, $V_{\text{см}}$ и $\rho_{\text{н}}$ принимают, исходя из общих требований получения заданного изделия. Допустимые отклонения $\Delta m_{\text{см}}$, $\Delta V_{\text{см}}$, $\Delta \rho_{\text{н}}$ должны быть также заранее известны. Они характеризуют те отклонения параметров, которые не приводят к потере требуемых качеств изделий.

В современной практике прессования бетонных и других изделий и конструирования прессовых установок применяется несколько конструкций засыпных устройств, принцип работы которых основан на использовании свободного истечения сырьевой смеси под действием сил тяжести, т. е. объемного порционного дозирования.

На рис. 9.13 показана схема конструкции засыпного устройства одной из прессовых установок. Устройство состоит из засыпной каретки (ящика) 3 и привода ее перемещения 6.

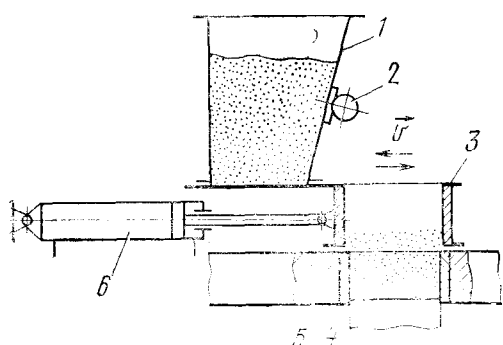


Рис. 9.13. Схема засыпного устройства:

7 — приемно-расходный бункер; 2-вибровозбудитель, 3 — засыпная каретка; 4 — пресс-форма; 5 — стол пресса; 6—пневмоцилиндр перемещения каретки

Засыпная каретка перемещается в направляющих и может иметь ролики. Для возвратно-поступательного перемещения каретки применяются электромеханический, пневматический и гидравлический приводы. При засыпке пресс-форм сырьевой смесью каретка может совершать однократное или многократное перемещение над пресс-формой, способствующее разравниванию и уплотнению смеси перед прессованием. Для улучшения истечения смеси из каретки она может иметь рыхлительное устройство с приводом или может использоваться вибрация.

Современные конструкции засыпных устройств, относящиеся к одному из новых высокоэффективных типов дозировочного оборудования, работают в автоматическом режиме с основными рабочими механизмами прессовых установок и позволяют получать изделия высокой плотности и однородности.

10.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СМЕСИТЕЛЕЙ

Получение бетона и раствора заданных марок и свойств, отвечающих соответствующим требованиям, обеспечивается совокупностью многих факторов, из которых первостепенное значение имеют качество исходных компонентов и эффективность работы смесительного оборудования. Для приготовления бетонов и растворов применяются смесители различной конструкции.

На рис. 10.1 показана схема классификации смесителей для приготовления бетонных и растворных смесей. Смесители классифицируются по следующим признакам: *по технологическому назначению* — для приготовления бетонов разных видов (тяжелого, ячеистого, силикатного, керамзитобетона, полимербетона), для приготовления строительных растворов; *по характеру работы* — инкличные и непрерывного действия;

по способу смешения—гравитационные (барабанные) и принудительного действия (лопастные); *по конструкции рабочих органов* — с цилиндрическим и грушевидным барабаном, с двухконусным барабаном, с вертикально расположенными смесительными валами (тарельчатого типа) и с горизонтально расположенными смесительными валами (лоткового типа); *по способу перебазирования* — передвижные и стационарные.

В смесителях циклического действия исходные материалы смешиваются отдельными порциями. Такой способ приготовления позволяет регулировать продолжительность смешения в зависимости от состава смеси и вместимости смесителя, т. е. готовить смеси различных марок.

Таблица 10.1. Вместимость **циклических смесителей, л**

Бетоносмесители		Растворители	
Вместимость по загрузке	Объем готового замеса	Вместимость по загрузке	Объем готового замеса
100	65	40	30
250	165	80	65
500	330	150	125
750	500	325	250
1200	800	500	400
1500	1000	1000	800
2400	1600	1500	
3000	2000	1200	
4500	3000		

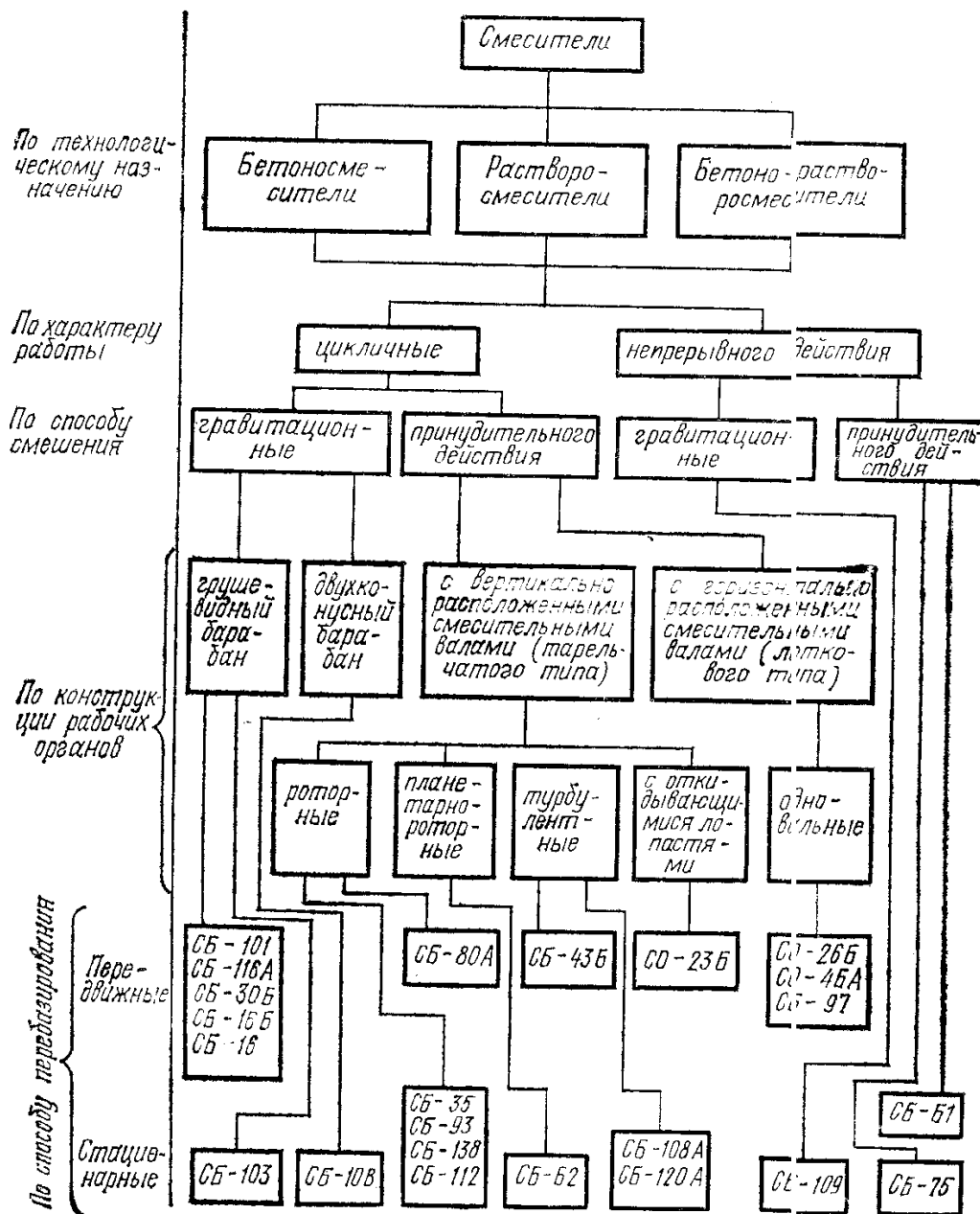


Рис. 10.1. Схема классификации бетонорастворосмесителей

В смесителях непрерывного действия исходные компоненты загружаются, смешиваются и разгружаются непрерывно. Их используют при массовом производстве одномарочных смесей, как правило, в установках или линиях непрерывного действия.

Наибольшее распространение получили циклические смесители гравитационные с грушевидным барабаном, принудительного действия с вертикально расположенными смесительными валами (роторные и турбулентные) и других конструкций. Основными параметрами циклических смесителей являются объем готового замеса и вместимость смесителя по загрузке. В табл. 10.1 приведена вместимость циклических смесителей.

Таблица 10.2. Наименьшая продолжительность смешения бетонной смеси на потных заполнителях, с

Объем готового замеса, л	В гравитационных смесителях при подвижности		Б смесителях принудительного действия
	3.-.8	более 8	
500 и менее	75	60	50
Более 500	120	90	50

Таблица 10.3. Наименьшая продолжительность смешения бетонной смеси на пористых заполнителях, с

Объем готового замеса, л	Средняя плотность, кг/м ³			
	более 1700	1-100...1700	1000...1400	1000 и
500 и менее	150	120	150	180
500...1000	120	150	180	210
Более 1000	150	180	210	240

Смесители непрерывного действия характеризуются производительностью, зависящей от конструкции и режима работы смесителя и характеристик составляющих компонентов смеси. В табл. 10.2 и 10.3 приведены значения наименьшей продолжительности смешения в зависимости от типа смесителя, вида и характеристики смеси.

10.2. ГРАВИТАЦИОННЫЕ БЕТНОСМЕСИТЕЛИ

В гравитационных смесителях исходные компоненты смеси поднимаются во вращающемся барабане, на внутренней поверхности которого жестко закреплены лопасти, и затем под действием силы тяжести падают вниз. Процесс повторяется несколько раз, благодаря чему получается смесь, однородная по составу. Загрузка исходных компонентов смеси производится через загрузочное отверстие в барабане, а разгрузка или через разгрузочное отверстие, или путем опрокидывания барабана. К преимуществам гравитационных смесителей относятся простота конструкции и кинематической схемы, возможность работы на смесях с наибольшей крупностью заполнителей (до 120 ... 150 мм), незначительное изнашивание рабочих органов, малая энергоемкость, простота в обслуживании и эксплуатации и низкая себестоимость приготовления смеси. Оптимальное время смешения в таких смесителях составляет 60 ... 90 с, а полный цикл, включая загрузку, смешение, выгрузку и возврат барабана в исходное положение,—90 ... 150 с.

В табл. 10.4 приведены основные технические характеристики циклических гравитационных бетоносмесителей.

Таблица 10.4. Технические характеристики циклических гравитационных бетоносмесителей

Показатели	СБ-13Б	СБ.91	СБ108	СБ-94	СБ-3	СБ-103
Объем готового замеса, л	330	500	800	1000	1600	2000
Вместимость по загрузке, л	500	750	12ГО	1500	2400	3000
Число циклов приготовления бетонной смеси, цикл/ч	30	25	25	20	20	20
Наибольшая крупность заполнителя, мм	70	120	120	120	120	120
Частота вращения барабана, с ⁻¹	0,3	0,3	0,283	0,293	0,21	0,21
Мощность двигателя вращения барабана, кВт	4	4	13	13	25	22
Механизм опрокидывания барабана	0	13	15	15	5	15
Угол наклона барабана, град:	60	60	55	55	55	55
при загрузке и смешении						
при выгрузке						
Габаритные размеры, мм:						
	Гидравлический			Пневматический		
длина	2550	1750	3200	2600	3430	2500
ширина	2020	2000	26СО	2500	4180	4100
высота	2850	1800	2530	2460	3320	3300
Масса, кг	1900	1250	3850	3000	8050	7200

Передвижной бетоносмеситель. Бетоносмеситель СБ-103 входит в комплект оборудования бетонных заводов и установок и бетоносмесительных цехов заводов железобетонных изделий. Бетоносмеситель (рис. 10.2) состоит из рамы, опорных стоек, смесительного барабана, траверсы, привода вращения барабана и пневмоцилиндра для опрокидывания барабана.

Смесительный барабан (рис. 10.3) представляет собой металлическую емкость в виде двух конусов, соединенных цилиндрической обечайкой, внутренняя поверхность которой снабжена футеровкой из сменных листов из износостойкой стали. В барабане на кронштейнах закреплены три передние и три задние лопасти. К цилиндрической обечайке барабана с внешней стороны на прокладках приварен зубчатый венец и к торцу переднего конуса — фланец.

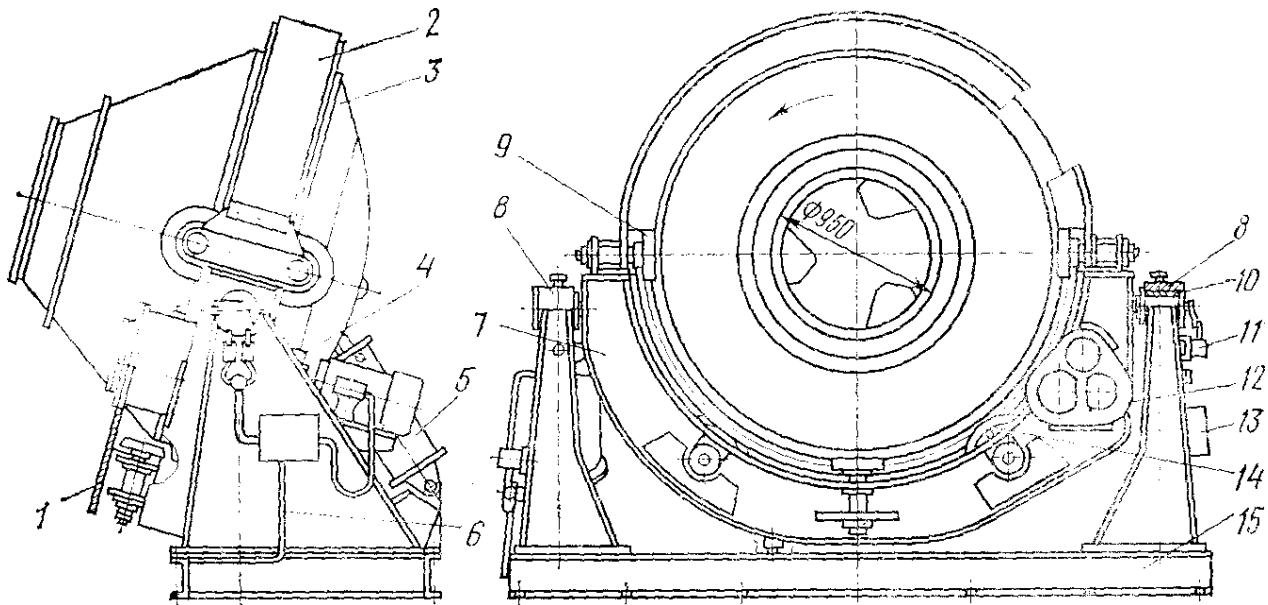


Рис. 10.2. Бетоносмеситель СБ-103:

1 — щиток; 2 — кожух; 3 — барабан; 4 — муфта; 5 — пневмопривод; 6 — электрооборудование;
 7—траверса; 8—стойки; 9, 14 — опорный и поддерживающие ролики; 10 — подшипник;
 11 — конечный выключатель; 12 — редуктор; 13 — выводная коробка; 15 — рама

Траверса представляет собой сварную коксструкцию коробчатого сечения, выполненную в виде полукольца с цапфами на концах. Цапфы с подшипниками закреплены на стойках и служат для поворота смесительного барабана. На траверсе смонтированы опорные и поддерживающие ролики, обеспечивающие вращение и удержание барабана при разгрузке. На наружной стенке левой стойки установлен пневмопривод. **На** правой стойке находится выводная коробка и два конечных выключателя крайних положений барабана.

Опорный ролик вращающийся в подшипниках. установлен на эксцентриковой ; оси, позволяющей регулировать положение роликов для нормального зацепления шестерни и зубчатого венца при монтаже и изнашивании роликов. Осп установлены на двух опорах и крепятся к стойке траверсы болтами. Поддерживающие ролики также смонтированы в подшипниках на эксцентриковых осях, позволяющих регулировать Зазор между коническим и поверхностями зубчатого венца и ролика.

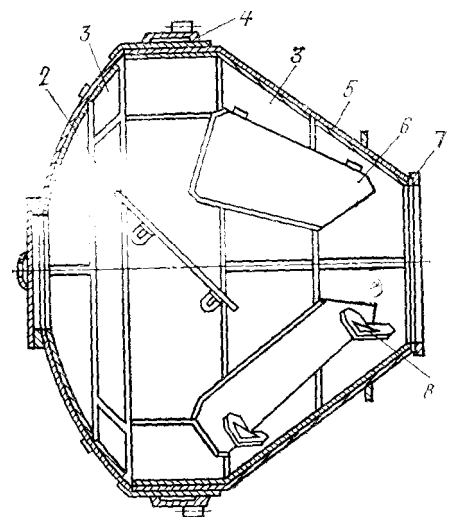


Рис. 10.3. Смесительный барабан:
 1—крышка; 2, 6—задняя и передняя лопасти; 3—футеровка; 4 —зубчатый венец; 5 — корпус; 7 — фланец;
 8 - кронштейн

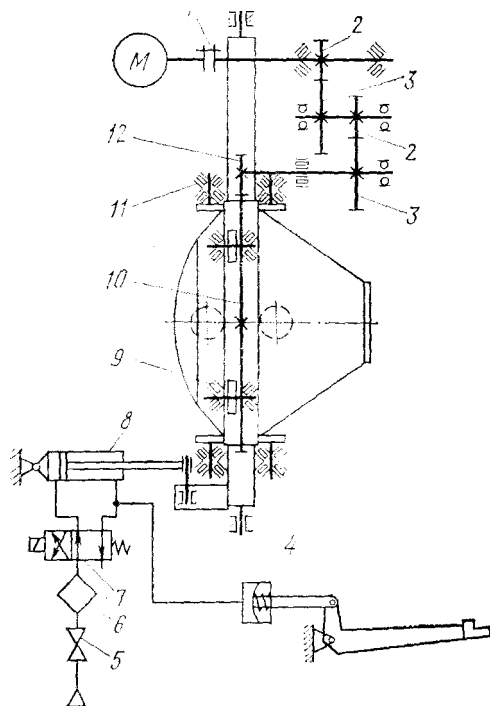


Рис. 10.4. Пневмокинематическая схема бетоносмесителя СБ-103:

1-втулочно-пальцевая муфта; 2 – валы-шестерни; 3 – зубчатые колеса; 4 – запорное устройство; 5 – вентиль; 6 – маслораспылитель; 7 – воздухораспылитель; 8—пневмоцилиндр; 9, 11 - подшипники опорного и поддерживающего ролика; 10—зубчатый венец; 12 — зубчатая шестерня

Для смещения ролика в осевом направлении предусмотрены регулировочные шайбы.

Пневмокинематическая схема бетоносмесителя СБ-103 показана на рис.10.4. Двухступенчатый редуктор закреплен вертикальной стенке траверсы. Движение от электродвигателя через муфту и редуктор передается шестерне и зубчатому венцу барабана. Пневмопривод служит для опрокидывания барабана при разгрузке готовой смеси, возврата и фиксации его в рабочем положении и включает в себя пневмоцилиндр, воздухораспределитель, маслораспределитель, запорный вентиль, резино-тканевые рукава и трубы. Пневмоцилиндр выполнен с тормозным устройством, позволяющим изменять скорость движения поршня в конце опрокидывания и подъема барабана.

Бетоносмеситель СБ-10В (рис. 10.5) состоит из рамы со стойками, траверсы с опорными и поддерживающими роликами, загрузочного устройства, зубчатого венца, пневмопривода, смесительного барабана, привода и электрооборудования. Смесительный барабан соединен в середине обечайкой, к которой приварен зубчатый венец. Внутри барабан снабжен футеровкой из износостойкой стали.

Пневмокинематическая схема бетоносмесителя СБ-10В (рис. 10.6) включает в себя механический привод вращения барабана и пневматический привод опрокидывания его при разгрузке. Электромеханический привод вращения барабана состоит из электродвигателя, соединенного муфтой с зубчатой двухступенчатой передачей, шестерни и зубчатого венца. В пневматический привод опрокидывания барабана входят запорный вентиль, влагомаслоотделитель, воздухораспределитель и пневмоцилиндр, связанный с рычагом опрокидывания барабана (поворота траверсы).

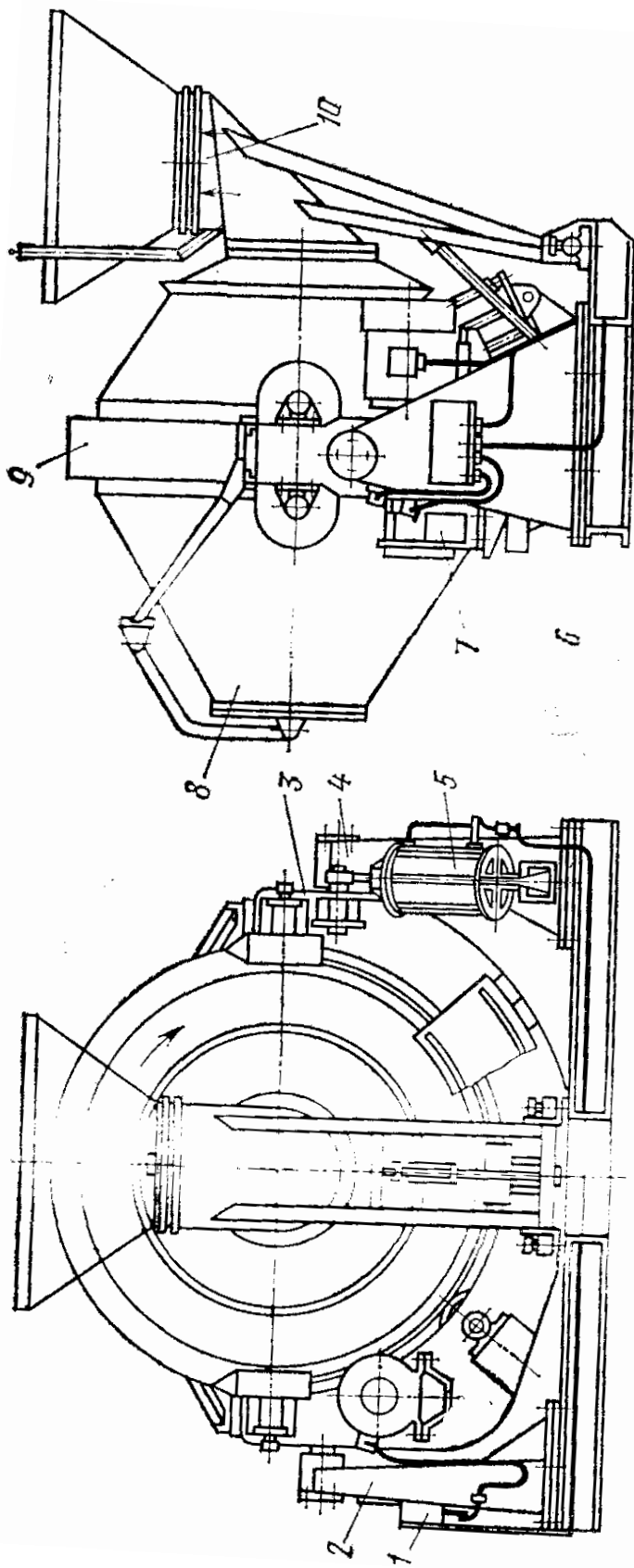


Рис. 10.5. Бетономеситель СБ-10В:

1 — электрооборудование; 2, 4 — левая и правая стойки; 3 — траверса; 5 — пневмопривод; 6 — рама; 7 — редуктор; 8 — смесительный барабан; 9 — ограждение; 10 — загрузочное устройство

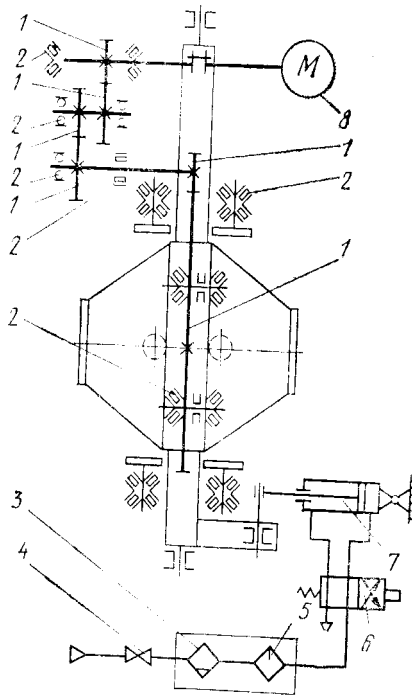


Рис.10.6. Пневмокинематическая схема бетоносмесителя СБ-10В:

Бетоносмеситель СБ-91

(рис.10.7) состоит из рамы, смесительного барабана, траверсы со встроенным редуктором, механизма вращения и механизма опрокидывания барабана.

Гидрокинематическая схема бетоносмесителя СБ-91 показана на рис. 10.8.

Бетоносмеситель СБ-16Б

аналогичен по конструкции бетоносмесителю СБ-91 и может использоваться либо индивидуально, либо в качестве комплектного оборудования бетонного завода. В первом случае он имеет скиповый подъемник.

Гравитационные бетоносмесители непрерывного действия являются встроенным оборудованием бетоносмесительных установок и предназначены для приготовления бетонных

смесей подвижностью 2 см и более и крупностью заполнителей до 70 мм. Их используют при возведении сооружений, где требуется большое количество одномарочного бетона (гидротехническое, дорожное и аэродромное строительство).

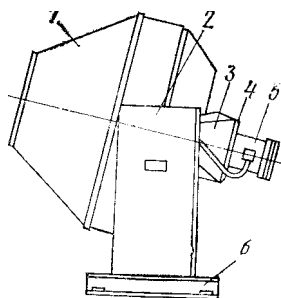


Рис.10.7. Бетоносмеситель СБ-91:

1 — барабан; 2 — стойка; 3 — траверса; 4 — редуктор; 5 — электродвигатель; 6 — опора траверсы

Бетоносмеситель установки СБ-109 (рис. 10.9) состоит из барабана, загрузочного лотка, рамы, роликовой опоры, разгрузочного лотка, привода и электрооборудования. Установка имеет следующие показатели:

производительность — $120 \text{ м}^3/\text{ч}$, частота вращения барабана — $0,3 \text{ с}^{-1}$
диаметр барабана — 1600 мм; масса — 6300 кг

(10.1)

Частота вращения барабана гравитационного бетоносмесителя (c^{-1})

$$n = (0,25 \dots 0,35) / \sqrt{R}$$

где R —внутренний радиус цилиндрической части смесительного барабана, м.

Внутренний диаметр (м) цилиндрической части барабана

$$D = (1,65 \dots 1,73) / \sqrt[3]{V_3}$$

где V_3 — вместимость смесителя по загрузке, m^3 .
Производительность ($m^3ч$) циклического гравитационного бетоносмесителя

$$П = V_3 z_3 k_B k_{и} / 1000$$

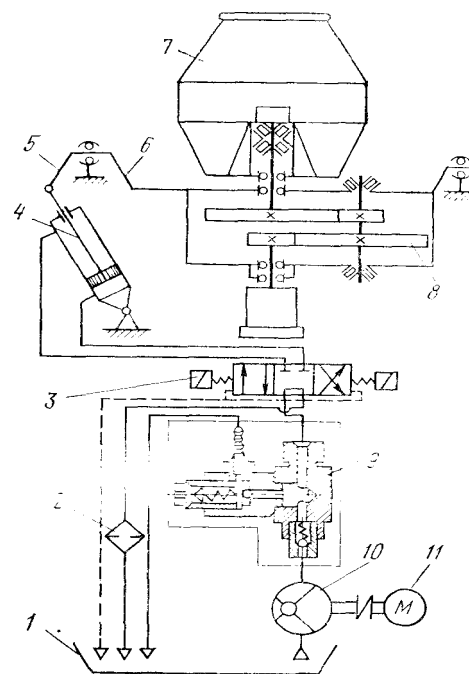
где V_3 —вместимость смесителя по загрузке, л; z_3 —число замесов в час; $z_3 = 3600 / (t_1 + t_2 + t_3 + t_4)$; t_1, t_2, t_3, t_4 — продолжительность соответственно загрузки, смешения, выгрузки и возврата барабана -в исходное положение или закрытия затвора, $t_1 = 10 \dots 15$ с. t_2 — определяется по таблице. 10.2, $t_3 =$

15 ... 25 с, $t_4 = 10 \dots 20$ с; k_B —коэффициент выхода бетонной смеси; $k_B = 0,65 \dots 0,70$; $k_{и}$ — коэффициент использования смесителя по времени, $k_{и} = 0,85 \dots 0,9$.

Мощность N (кВт) электродвигателя привода вращения барабана расходуется на подъем материала во вращающемся барабане (N_1) и на преодоление сопротивлений от трения в опорных механизмах барабана (N_2). N_1 определяется из условия, что число циркуляции смеси за один оборот барабана равно двум:

$$N_1 = 2,2 P_{см} R n / 1000, \quad (10.3)$$

где 2,2 — переводной коэффициент от упрощений исходных выражений; $P_{см}$ —сила тяжести бетонной смеси, Н; R —внутренний



гидрораспылитель; 4 — гидроцилиндр; 5 — рычаг; 6 — траверса; 7 — смесительный барабан; 8 — редуктор; 9 — клапан; 10 — гидронасос; 11 — электродвигатель

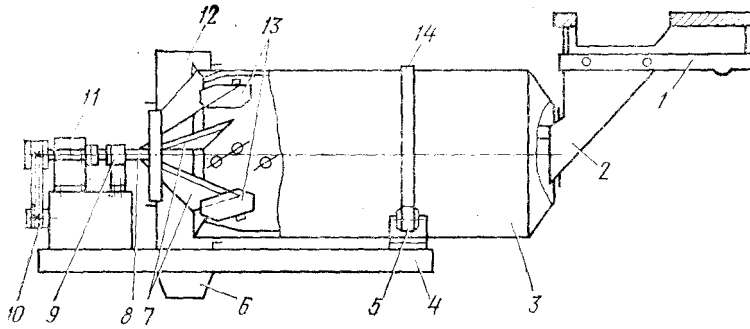


Рис. 10.9. Бетоносмеситель установки СБ-109:

радиус цилиндрической части барабана, м; n —частота вращения барабана, c^{-1} :

$$P_{см} = V_3 \rho q k_B / 1000,$$

где V_3 —емкость смесителя по загрузке, л; ρ —плотность бетонной смеси, $кг/м^3$; для легких бетонов $\rho = 500 \dots 1800$; для облегченных бетонов $\rho = 1800 \dots 2200$; $\rho = 2200 \dots 2500$ (для тяжелых бетонов); q —ускорение силы тяжести, $м/с^2$; k_B —коэффициент выхода бетонной смеси. $k_B = 0.65 \dots 0.70$.

Для смесителей, у которых барабан опирается на опорные ролики, мощность (кВт)

$$N_2 = \frac{(P_{\bar{m}} + P_{\bar{a}})(R_{\bar{a}} + r)\omega\mu}{1000 \cos \beta r}$$

где $P_{\bar{a}}$ — сила тяжести барабана, Н; $R_{\bar{a}}$ — радиус банджа, м, $R_{\bar{a}} = (1,05 \dots 1,10) R$; r —радиус опорного ролика, м, $r = (0,15 \dots 0,20) R$; ω — угловая скорость вращения барабана, c^{-1} ; μ — коэффициент (плечо) трения качения, $\mu = 0,0008 \dots 0,001$ м; β — угол установки опорных роликов на траверсе, град, $\beta = 30 \dots 36^\circ$.

Для смесителей, у которых смесительный барабан установлен на центральной цапфе, мощность (кВт)

$$N_2 = (P_{\bar{m}} + P_{\bar{a}}) f r_0 \omega / 1000$$

где f —коэффициент трения, приведенный к валу подшипника опорного устройства, $f = 0,01 \dots 0,015$; r_0 —радиус цапфы опорного вала, м, $r_0 \approx (0,06 \dots 0,08) R$.

Мощность (кВт) электродвигателя привода вращения барабана

$$N = (N_1 + N_2) / \eta$$

где η — КПД привода, $\eta = 0,75 \dots 0,85$.

Опорные и поддерживающие ролики и траверсу гравитационных бетоносмесителей рассчитывают, исходя из расчетной схемы и действующих усилий.

Механизм опрокидывания барабана рассчитывается из уравнения равновесия системы относительно оси поворота траверсы:

$$P_c R_c K_3 = P_{исп} R_{исп}$$

где P_c — сила тяжести опрокидываемых частей смесителя, Н;

R_c — расстояние от оси поворота траверсы до точки приложения силы P_c , м; K_3 — коэффициент запаса, $K_3 = 1,1 \dots 1,2$; $P_{исп}$ — усилие, действующее со стороны исполнительного механизма (например, штока цилиндра), Н; $R_{исп}$ — расстояние от оси поворота до точки приложения силы $P_{исп}$ м.

Кинематическая схема привода бетоносмесителя определяется по данным частот вращения барабана и выбранного электродвигателя и передаточных отношений механизмов

$$i_{i_{\text{общ}}} = i_1 i_2 \dots i_n = n_{\text{дв}} / n \quad (10-4)$$

где $i_{\text{общ}}$ — общее передаточное отношение привода; $i_1, i_2 \dots i_n$ — передаточные отношения отдельных механизмов привода; $n_{\text{дв}}$, n — частота вращения соответственно электродвигателя и барабана. с^{-1} .

10.3. СМЕСИТЕЛИ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

Смесители принудительного действия с вертикально расположенными валами применяют для приготовления бетонных и растворных смесей практически любой подвижности и жесткости. Они подразделяются на роторные, планетарно-роторные и турбулентные. Загруженные в смеситель исходные материалы смешиваются лопастями, вращающимися вокруг центральной оси. Готовая смесь выгружается через отверстие, расположенное в днище корпуса.

К преимуществам смесителей принудительного действия относятся меньшая по сравнению с гравитационными продолжительность смешения и, следовательно, более высокая производительность, предотвращение комкования смеси. Оптимальное время смешения равно 30 ... 60 с, а полный цикл — 75 ... 120 с. К недостаткам смесителей относятся ограничение крупности заполнителей; значительное изнашивание рабочих органов (лопастей и футеровки корпуса), обусловленное более высокой скоростью их воздействия на материал; более высокие энергоемкость и себе-стоимость приготовления смеси.

Таблица 10.5. Технические характеристики роторных смесителей

Показатели	СБ-80А	СБ.35	СБ-93	СБ.138	СБ-112
Способ перебазирования	Перед-	Стационарные			
	Влажной				
Объем готового замеса, л	165	330	1000	1000	1000
Вместимость по загрузке, л	250	500	1500	15С	1500
Число циклов в час при при- готовлении бетонной смеси	40	40	40	О	30
Частота вращения ротора, с ⁻¹	0,517	0,533	0,333	0,317	0,333
Крупность заполнителя, мм, не более	40	70	70	70	70
Мощность двигателя, кВт	5,5	13	40	40	40
Давление в пневмосистеме, МПа	—	0,4...0,7	0,4...0,6	0,4...0,6	0,4...0,7
Давление в пароподводящей	—	—	—	—	0,2. .0,5
Габаритные размеры, мм					
длина	-	2200	2880	3580	2980
Длина с поднятым ковшем	1910	-	-	-	-
ширина	1550	1970	2690	2690	2690
высота	2070	1800	2850	1670	2850
Масса, кг	1170	2000	2900	4700	5900

В табл. 10.5 приведены технические характеристики роторных смесителей.

Из смесителей принудительного действия с вертикально расположенными смесительными валами наиболее распространены роторные циклические смесители ввиду несложности конструкции и удобства обслуживания их при эксплуатации. Они предназначены для приготовления бетонных смесей и раствора любой подвижности и жесткости как в большом, так и в малом объемах и могут применяться самостоятельно и в комплекте оборудования бетонных заводов и бетоносмесительных цехов заводов сборного железобетона.

Роторный бетоносмеситель СБ-80А (рис. 10.10) состоит из корпуса-чаши 1, смешивающего устройства 2, рамы 3, вертикального вала 4, привода 5, ковша 6, механизма управления 10 скиповым подъемником, затвора 8, системы водопитания 9 и рамы 7 скипового подъемника. Корпус-чаша 1, футерованная износостойкой сталью, установлена на раме 3. К ней прикреплены затвор разгрузочного устройства 8 и рама скипового подъемника 7. В смешивающем устройстве кроме рабочих лопастей имеются наружная и внутренняя очистные лопасти, жестко закрепленные на кронштейнах. Рабочие лопасти установлены на кронштейнах с помощью рессорных амортизаторов. При попадании инородного тела между днищем и рабочими лопастями последние поворачиваются.

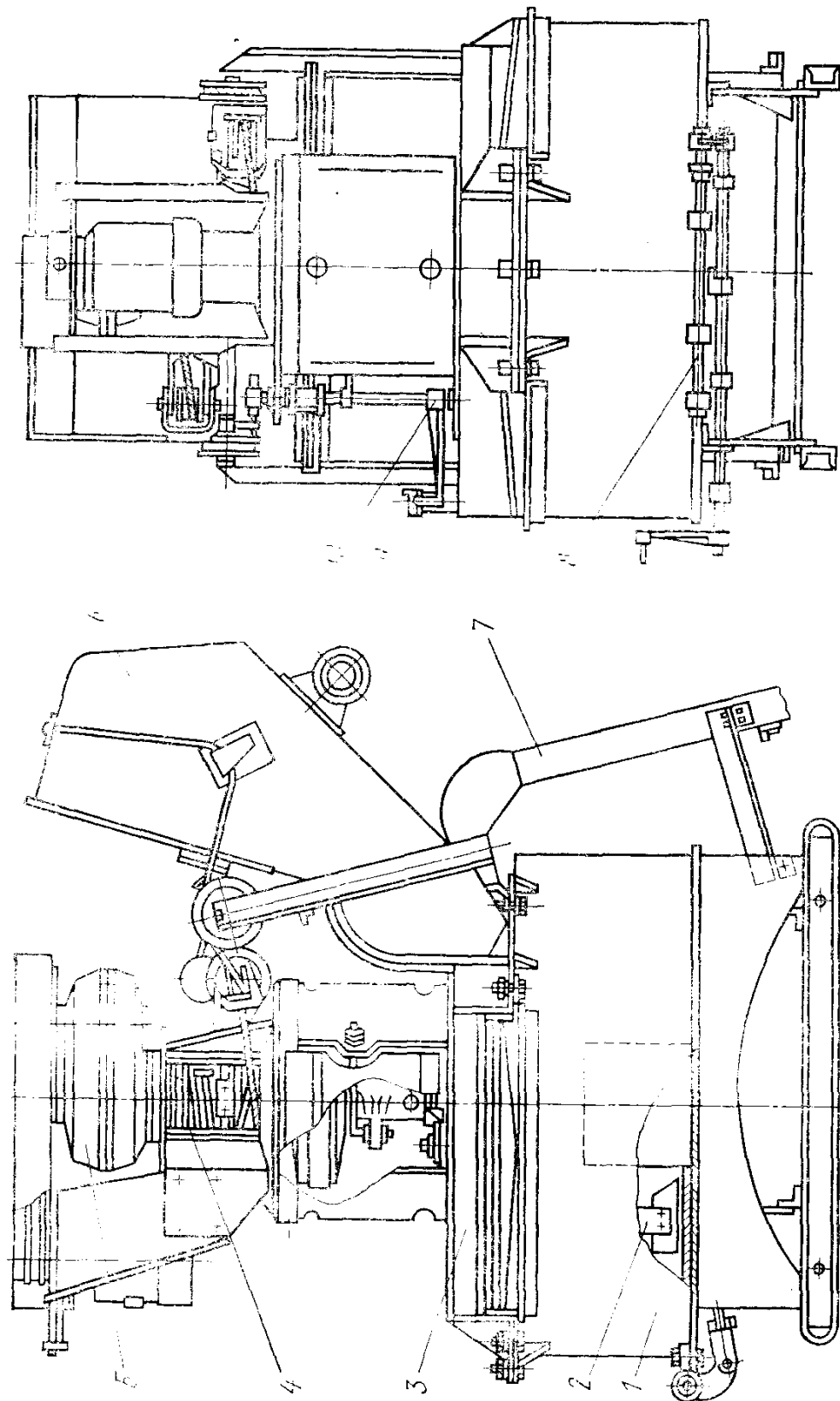


Рис. 10.10. Бетономеситель СБ-80А

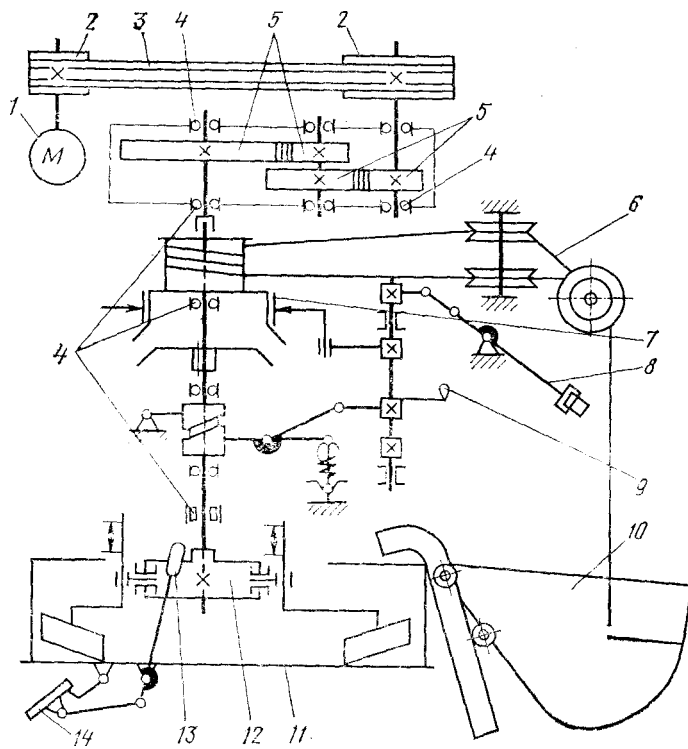


Рис. 10.11. Кинематическая схема бетоносмесителя СБ-80А:

1—электродвигатель; 2—шкивы; 3—клиновыи ремень; 5—зубчатые колеса; 6—канат; 7— тормоз ленточный; 8—отбойный рычаг; 9—рукоятка управления тормозом и муфтой скипового подъемника; 10—ковш; 11—корпус-чаша; 12—смешивающее устройство; 13—рукоятка затвора; 14—затвор

Вертикальный вал служит для передачи движения смешивающему устройству, а также для подъема и опускания ковша скипового подъемника. Тормозной шкив и корпус, соединенные с валом скользящей шпонкой, образуют фрикционную муфту. Вращаясь вместе с валом, конус фрикциона может перемещаться в осевом направлении. Ковш поднимается и опускается с помощью фрикционной муфты, управляемой рукояткой.

На рис. 10.11 показана кинематическая схема бетоносмесителя СБ-80А. При включении электродвигателя 1 смешивающее устройство 12 начинает вращаться. Во время нажатия тормозного шкива на конус фрикциона муфты начинает вращаться барабан, поднимая ковш скипового подъемника 10. При размыкании фрикционной муфты после выгрузки исходных компонентов ковш под действием силы тяжести опускается.

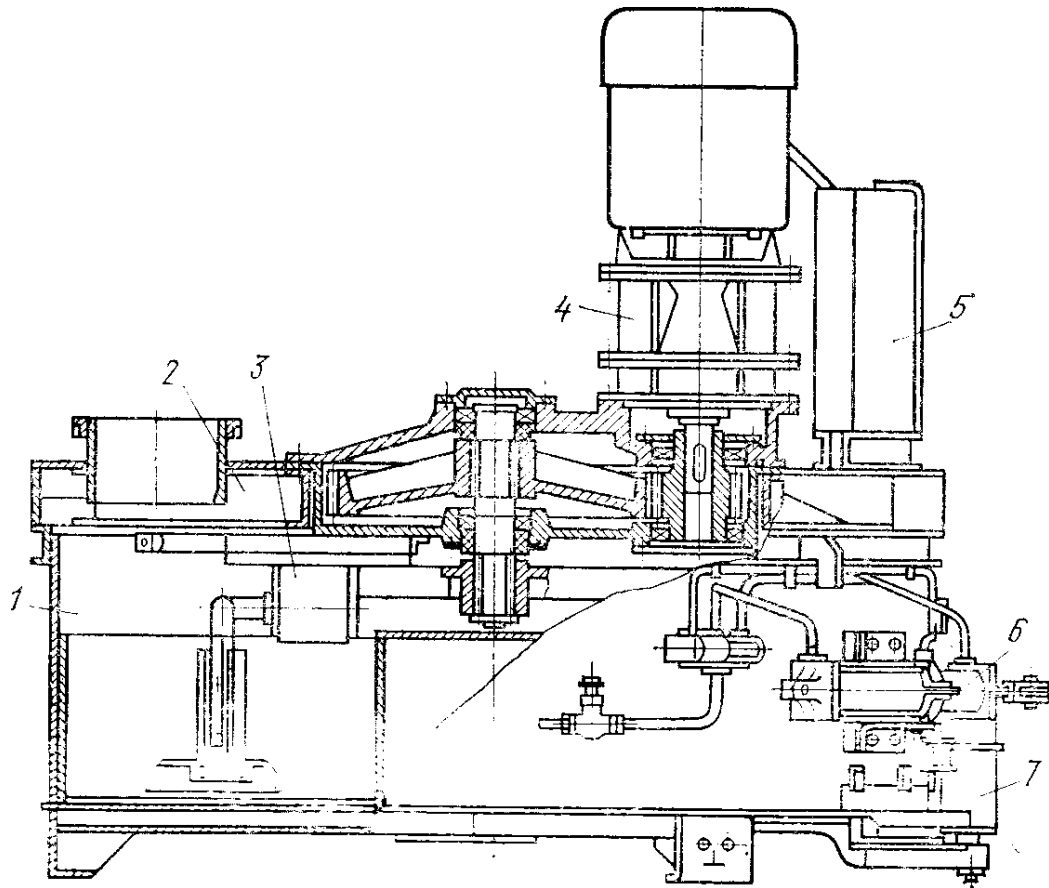


Рис. 10.12. Бетоносмеситель СБ-35

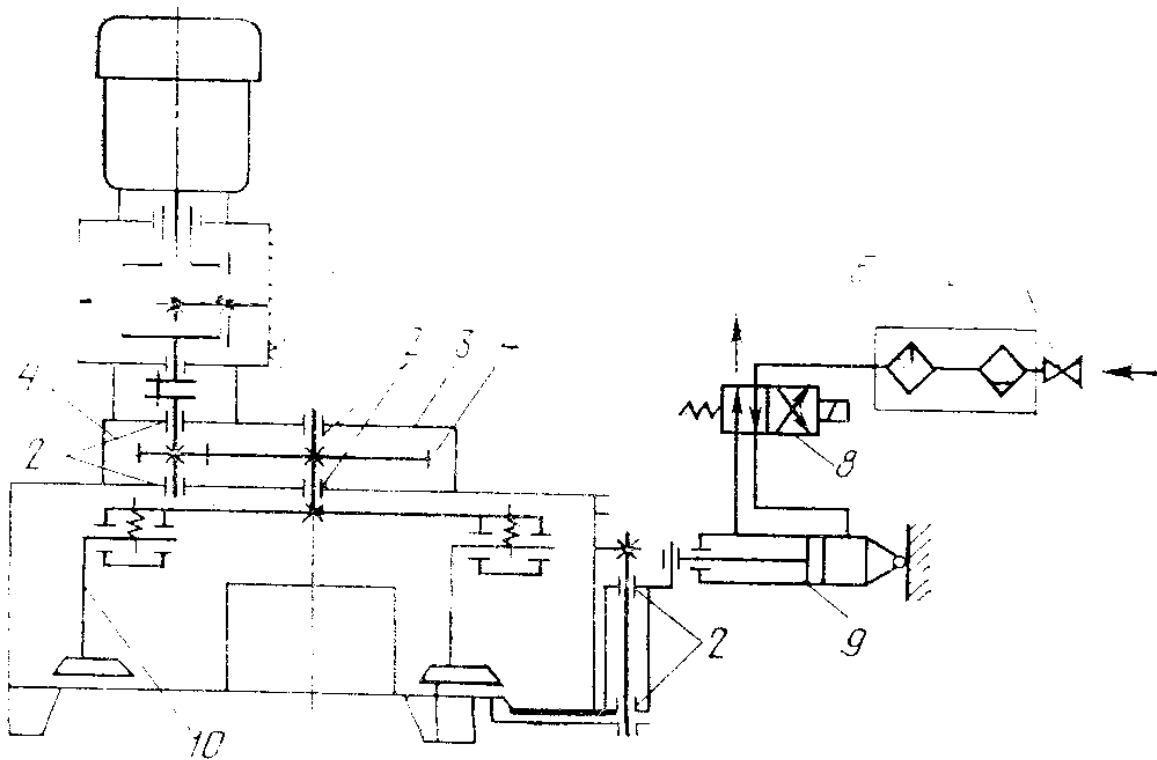


Рис. 10.13. Пневмокинематическая схема бетоносмесителя СБ-35:

1 — мотор-редуктор; 2 — подшипники качения; 3 — редуктор; 4 — зубчатые колеса; 5 — маслораспределитель; 6 — влагомаслоотделитель; 7 — запорный вентиль; 8 — воздухораспределитель; 9 — пневмоцилиндр; 10 — смешивающее устройство

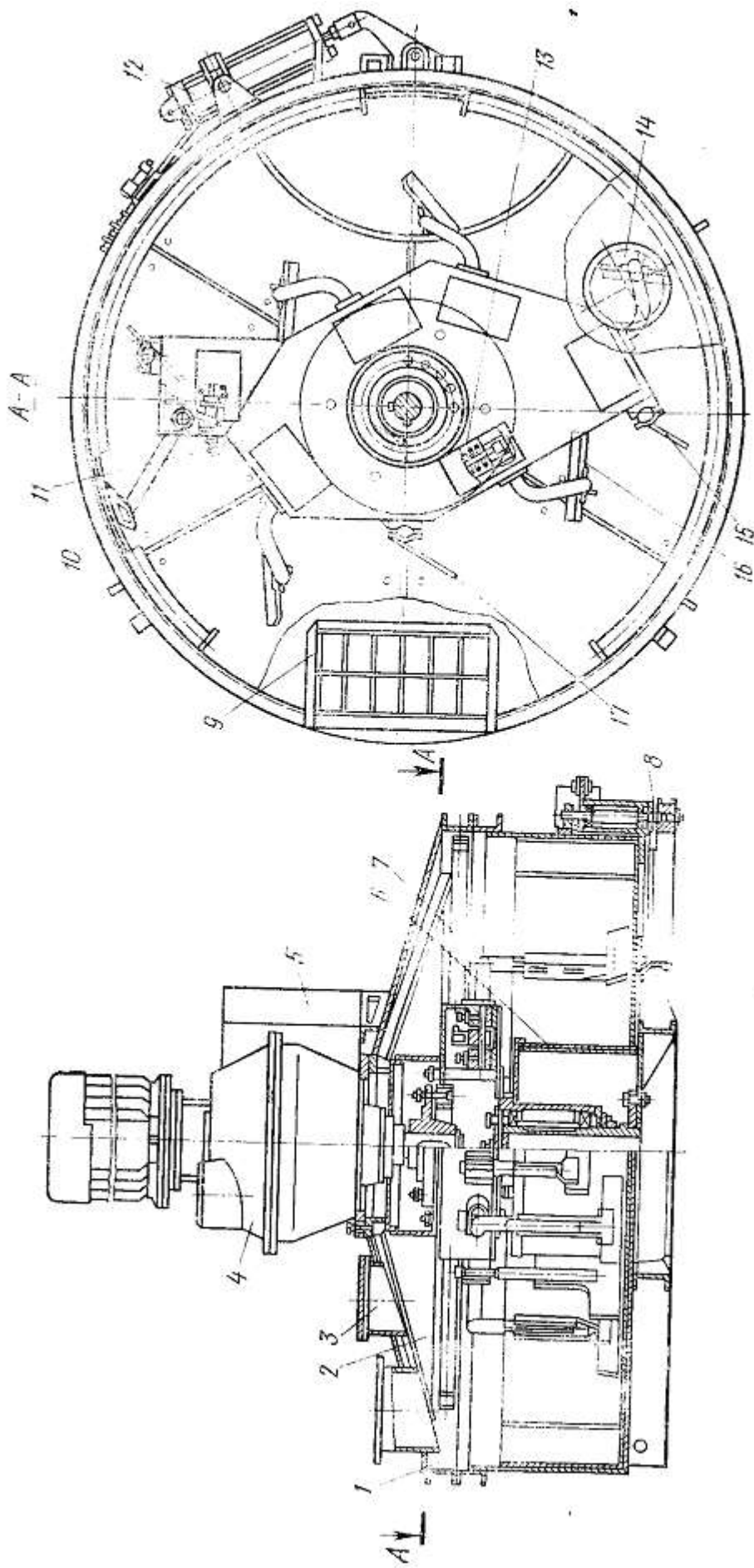


Рис. 10.14. Бетономеситель СБ-93.

1 — корпус-чаша; 2 — крышка; 3 — вытяжной патрубок; 4 — мотор-редуктор; 5 — нуль управления; 6 — центральный стакан; 7 — сливная труба; 8 — разгрузочный затвор; 9 — разгрузочный люк для заполнителей; 10, 17 — наружный и внутренний осязные скребки; 11 — ротор; 12 — пневмоцилиндр; 13 — пружина; 14 — загрузочный патрубок для цемента; 15, 16 — верхняя и нижняя лопасти

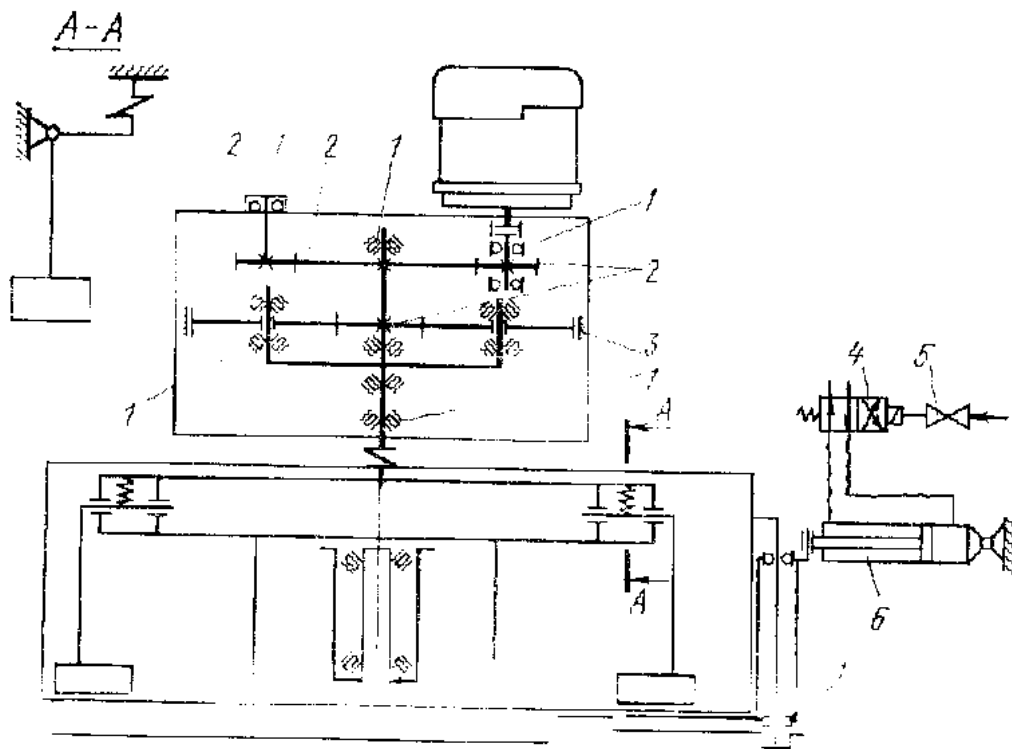


Рис. 10.15. Пневмокинематическая схема бетоносмесителя СБ-93:

1 — подшипники качения; 2 — зубчатые колеса; 3 — зубчатый венец; 4 — воздухораспределитель; 5 — запорный вентиль; 6 — пневмоцилиндр

Бетоносмеситель СБ-35 (рис. 10.12) состоит из неподвижного цилиндрического корпуса 1 с вертикальной осью вращения, рамы 2, смешивающего устройства 3, мотор-редуктора 4, электрошкафа 5, затвора 7 для разгрузки готовой смеси, управляемого с помощью пневмоцилиндра 6. Смешивающее устройство включает в себя ротор с лопастями, закрепленными на кронштейнах в держателях, и скребками. От поломки смешивающие лопасти предохраняются пружинными амортизаторами. На держателях с помощью пальцев установлены кулаки, передающие усилие на амортизаторы. Степень натяжения пружин регулируется специальными болтами. Крутящий момент передается на рабочий орган бетоносмесителя с помощью промежуточного устройства, исключая действие поперечных сил на выходной вал мотор-редуктора.

На рис. 10.13 показана Пневмокинематическая схема бетоносмесителя СБ-35. Исходные компоненты загружают через патрубок. Воду подают через сливную трубу. Готовая смесь выгружается через разгрузочное отверстие, расположенное в днище чаши.

Бетоносмеситель СБ-93 (рис. 10.14) состоит из неподвижного корпуса 1, ротора 11, крышки 2, мотор-редуктора 4, затвора 8, приводимого в движение пневмоцилиндром, и пульта управления 5.

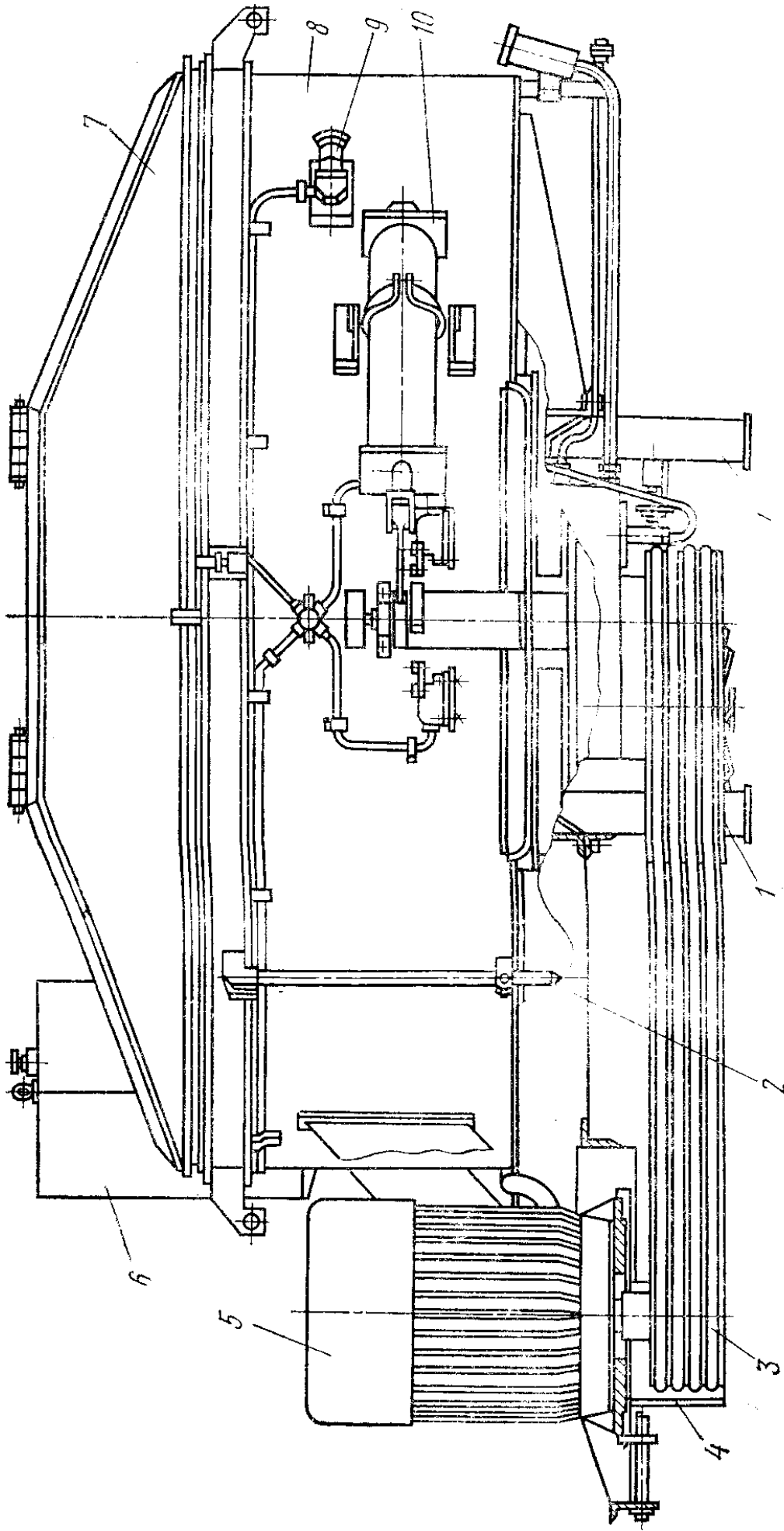


Рис. 10.16. Бетоносмеситель СБ-138:

1 — опора; 2 — стойка крышки; 3 — клиноременная передача; 4 — кожух; 5 — электродвигатель; 6 — электрошкаф; 7 — крышка; 8 — корпус; 9 — пневмоцилиндр; 10 — пневмоцилиндр зазора

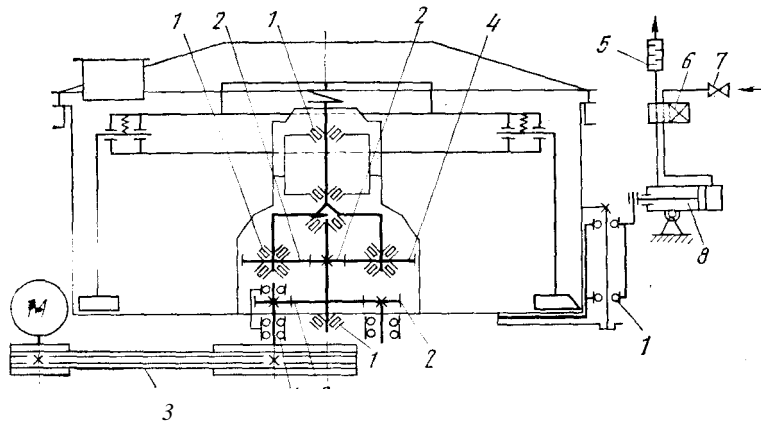


Рис. 10.17. Пневмокинематическая схема бетоносмесителя СБ-138:

1-подшипник качения; 2-зубчатые колеса; 3 - клиноременная передача; 4 -зубчатый венец, 5- глушитель шума; 6 - воздухораспределитель; 7-запорный вентиль; 8-пневмоцилиндр

ния 5. На крышке смесителя смонтирован загрузочный люк 9, вытяжной патрубок 3 для соединения с аспирационной системой и штуцер для подачи воды. Ротор служит рабочим органом смесителя. На роторе с помощью стоек жестко закреплены две лопасти для смешения верхнего слоя смеси и внутренний очистной скребок. Донные смешивающие лопасти и наружный очистной скребок крепятся к ротору подвижными держателями и снабжены пружинными амортизаторами, предохраняющими ротор и припод в целом от перегрузок при попадании инородного тела между лопастями и корпусом.

Пневмокинематическая схема бетоносмесителя СБ-93 (рис. 10.15) включает в себя механизм вращения ротора и пневматическую систему разгрузочного секторного затвора. Моторредуктор состоит из электродвигателя, зубчатой передачи и планетарной зубчатой передачи центрального зубчатого колеса, трех промежуточных колес и зубчатого венца с внутренним зацеплением. Крутящий момент передается ведомому валу, на котором через муфту закреплен ротор смесителя.

Бетоносмеситель СБ-138 (рис. 10.16) отличается от смесителя СБ-93 нижним расположением привода и большей частотой вращения ротора. Нижнее расположение привода позволяет значительно сократить высоту смесителя.

На рис. 10.17 показана Пневмокинематическая схема бетоносмесителя СБ-138. Привод состоит из электродвигателя, клиноременной передачи, быстроходной зубчатой пары, зубчатого венца с внутренним зацеплением, центрального зубчатого колеса, трех промежуточных зубчатых колес и ведомого вала. Редуктор смазывается принудительно от гидронасоса.

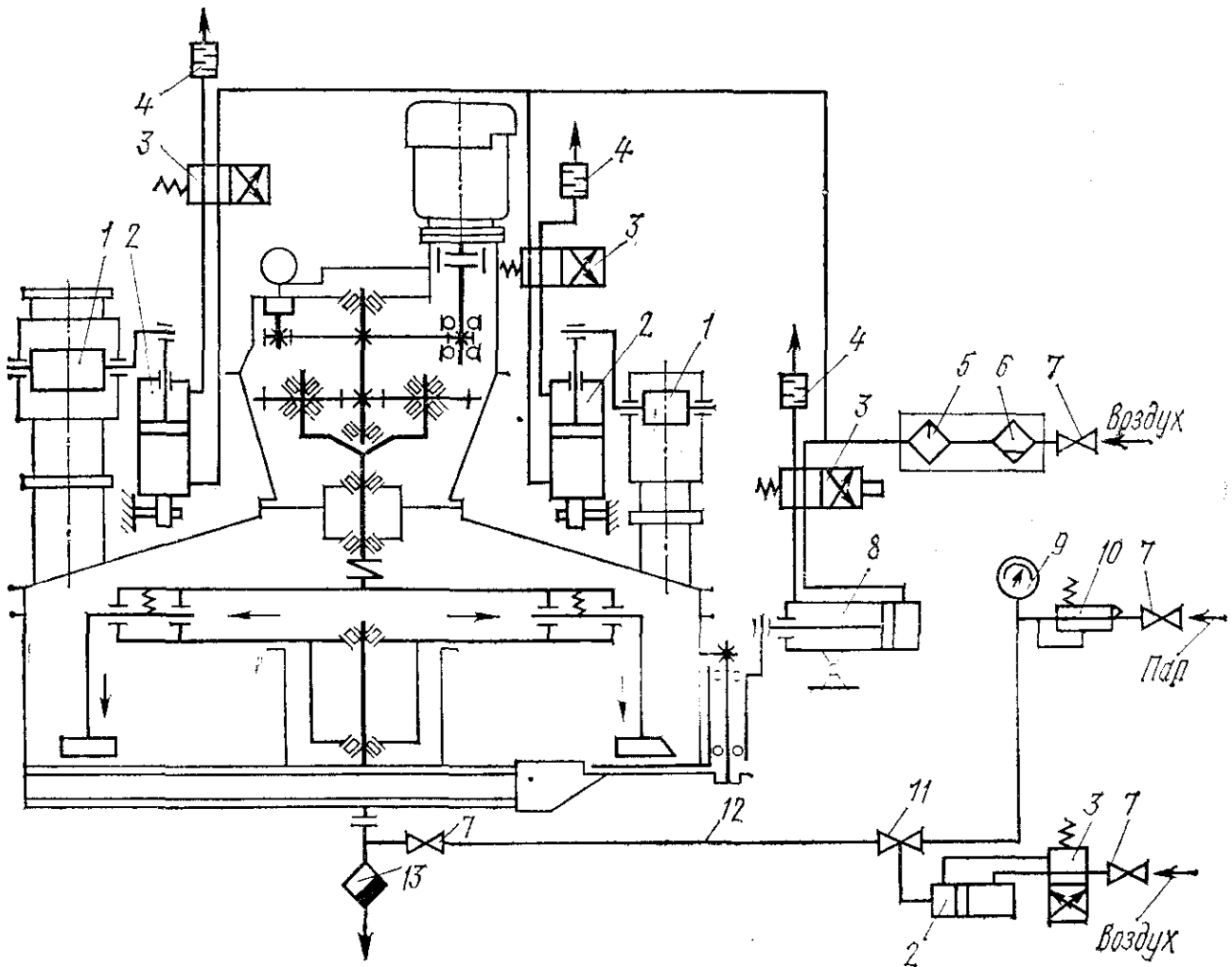


Рис. 10.18. Пневмокинематическая схема бетоносмесителя СБ-112:

1—затворы; 2, 8 — пневмоцилиндры; 3 — воздухораспределители; 4 — глушители шума; 5—маслораспределитель; 6 — влагоотделитель; 7 — запорные вентили; 9 — манометр; 10 — реле давления; 11— вентиль с пневмоприводом; 12 — паропровод; 13—трубопровод отвода конденсата

Бетоносмеситель СБ-112 выполнен на базе бетоносмесителя СБ-93 и предназначен для приготовления предварительно разогретых бетонных смесей на заводах сборного железобетона. Смесью разогревается путем подачи в смеситель пара по специальным каналам. Основное отличие от бетоносмесителя СБ-93 состоит в применении пароподводящей системы. Кроме того, в пневматическую систему введены дополнительно по два пневмоцилиндра, управляющих затворами на воронках подачи цемента и заполнителей (рис. 10.18).

Планетарно-роторные бетоносмесители отличаются от роторных тем, что в них применен планетарный привод с дополнительными смешивающими лопастями, вращающимися в направлении, противоположном вращению ротора. Планетарно-роторный бетоносмеситель СБ-62 предназначен для приготовления бетонной смеси и раствора. Он имеет следующие показатели: объем по загрузке—1200 л, объем готового замеса—800 л, число замесов в час—40;

максимальная крупность заполнителей—70 мм; мощность электродвигателя—28кВт;

габаритные размеры 2955x2280x2795 мм; масса—4200 кг. Кинематическая схема его показана на рис. 10.19. Загрузка исходных компонентов смеси производится сверху, а разгрузка готовой смеси через разгрузочный затвор, расположенный в днище чаши.

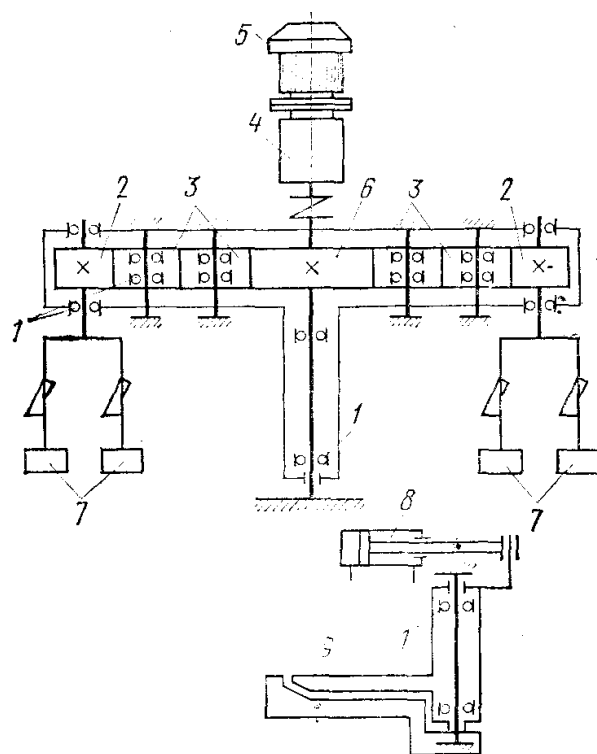


Рис. 10.19. Кинематическая схема бетонномесителя

/ — подшипники качения; 2 — ведомые шестерни; 3 — промежуточные шестерни; 4 — моторредуктор; 5 — электродвигатель; 6 — центральное зуб-чатое колесо; 7 — лопасти; в — пневмоцилиндр; 9 — разгрузочный затвор

Турбулентные смесители предназначены для приготовления строительных растворов различного назначения и отличаются от роторных повышенной частотой вращения рабочего органа. Принцип действия турбулентных смесителей аналогичен действию рабочего колеса центробежного насоса. В табл. 10.6 приведены технические характеристики турбулентных растворосмесителей. Смеситель СБ-108А(рис.10.20)

Таблица 10.6. Технические характеристики турбулентных смесителей

Показатели	СБ-43Б	СБ-108А	СБ-81	СБ-120А
Способ преобразования	передвижной	Стационарные		
Объём готового замеса, л	65	500/800*	800	1000
Вместительность по загрузке, л	80	1000	1000	1200
Число циклов в час при механизированной загрузке	-	40	40	40
Наибольшая крупность заполнителя, мм	40	40	5	40
Частота вращения ротора, с ⁻¹	9,167	5,333	5,333	5,333
Мощность Электродвигателя, кВт	3	55	40	55
Габаритные размеры, мм	1470x585	2900x1500	2530x1620x	3100x1900x
Масса ,кг	x895	x2000	1860	x1800
	160	2500	2150	2400

*В числителе-для керамзитабетона, в знаменателе –для раствора

состоит из корпуса 2, затвора 1, приводного вала 6, плиты 4 с электродвигателем 5, клиноременной передачи 3 и ротора 7. Приводной вал смесителя вращается в двух подшипниковых опорах. Нижний конец вала снабжен рабочим органом—ротором. Для полной выгрузки готовой смеси из чаши ротор имеет цепь 8 с грузами 9.

Смеситель СБ-120А отличается от смесителя СБ-108А только большей вместимостью чаши.

Турбулентный растворосмеситель СБ-81 (рис. 10.21) состоит из рамы 1, корпуса 2 подшипников, смесительного бака (чаши) 6 с разгрузочным устройством, ротора 11 и привода. Ротор приводится от электродвигателя через клиноременную передачу. Привод разгрузочных лопастей, предназначенных для ускорения разгрузки и удаления со стенок бака смеси, осуществляется от вала ротора через промежуточный валик, соединенный упругими резиновыми муфтами с валами ротора соснового редуктора. На выходном валу редуктора закреплена траверса, на которой шарнирно подвешены разгрузочные лопасти. Готовый раствор разгружается через отверстие, расположенное в конической части бака, при открытом затворе, приводимом в действие с помощью пневмоцилиндра.

Керамзитобетоносмеситель СБ-108А по конструкции аналогичен растворосмесителю СБ-81.

Растворосмесители СБ-43Б и СО-23Б относятся к малогабаритным мобильным смесителям и предназначены для приготовления всех видов штукатурных растворов непосредственно на рабочем объекте.

Частота вращения ротора (c^{-1}): для роторных смесителей $n_p = (0,35 \dots 0,65) / \sqrt{R_{\pm}}$;

для турбулентных смесителей $n_p = (4,5 \dots 10) / \sqrt{R_{\pm}}$ где R_{\pm} — радиус чаши, м.

Частота вращения траверсы (чаши) планетарно-роторных смесителей и очистных (разгрузочных) лопастей турбулентных смесителей составляет $0,08 \dots 0,2 c^{-1}$.

Диаметр ротора турбулентных смесителей в долях от диаметра чаши D_q равен $d_p = (0,3 \dots 0,4) D_q$.

Количество смесительных лопастей составляет у роторных бетоносмесителей 5 ... 9, а у турбулентных—3.

Производительность смесителей определяется по формуле (10.2).

Мощность (кВт) электродвигателя привода ротора смесителя

$N = pSR_{cp}\omega / (1000\eta)$ где p —удельное сопротивление смеси вращению лопастей, Па, $p = (18 \dots 75) 10^3$; S —общая площадь проекций лопастей на направление вращения, m^2 , $S = \lambda V_a / v_{\dot{\omega}}$; λ - критерий эффектив-

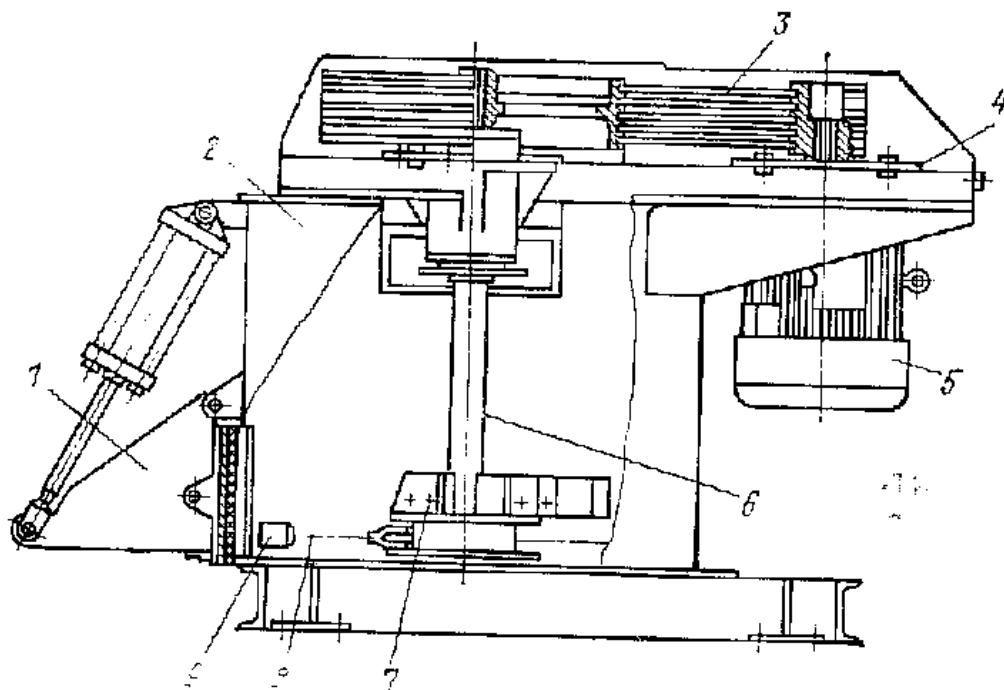


Рис. 10.20. Турбулентный смеситель СБ-108А

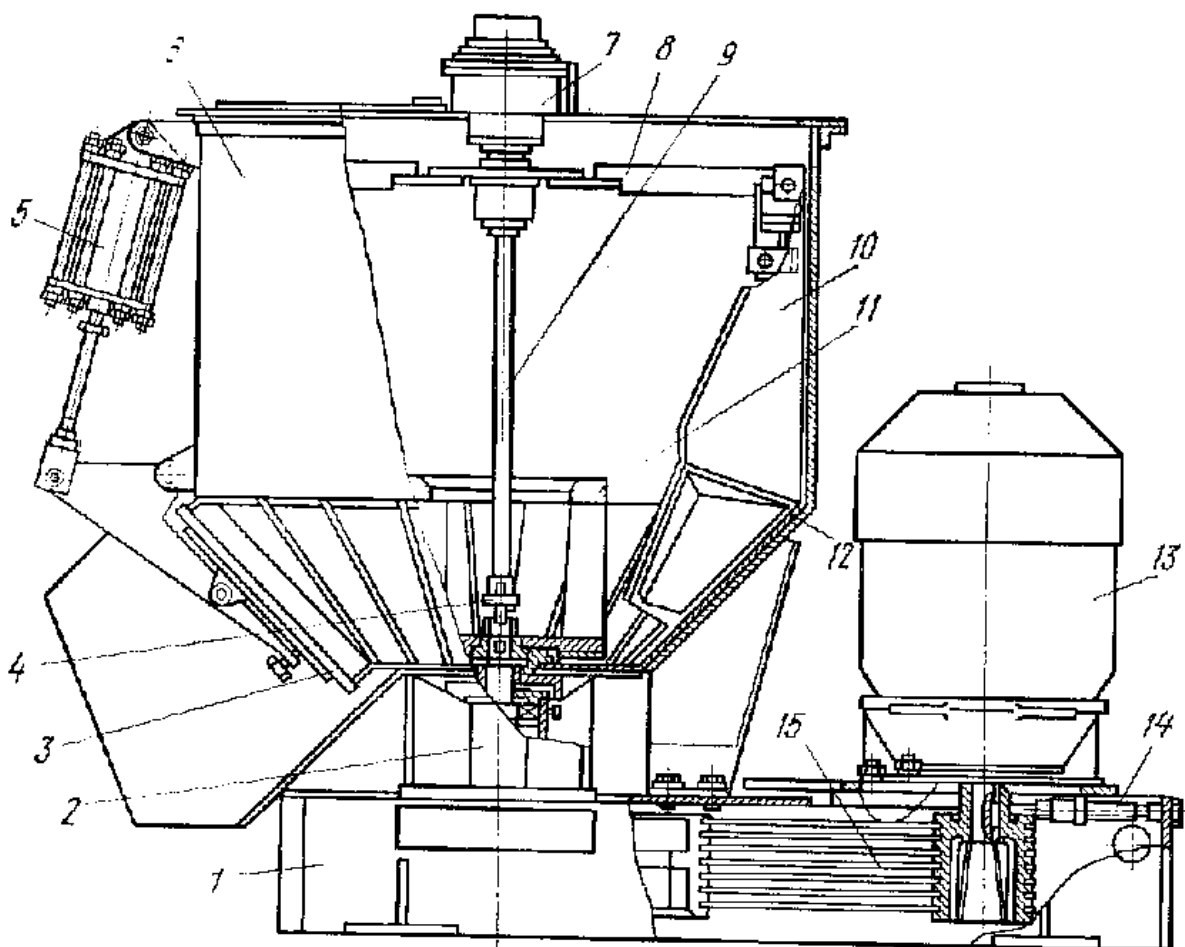


Рис. 10.21. Турбулентный растворосмеситель СБ-81:

1 — рама; 2 — корпус подшипника; 3 — затвор; 4 — муфта; 5 — пневмоцилиндр; 6 — смешительный бак; 7 — редуктор; 8 — рычаг; 9 — промежуточный вал; 10 — разгрузочная лопасть; 11 — ротор; 12 — износостойкая футеровка; 13 — электродвигатель; 14 — натяжной винт; 15 — клиноремennая передача

ности роторных смесителей, $\lambda = 0,5 \dots 0,6 \text{ с}^{-1}$; V_2 — объем готового замеса, м^3 ;
 $U_{\text{нб}}$ — средняя окружная скорость лопастей, м/с , $U_{\text{нб}} = 2/3(\omega R_{\text{cp}}) R_{\text{cp}}$ — средний
радиус вращения лопастей, м , $R_{\text{cp}} \approx 0,65R_{\text{в}}$; (ω — угловая скорость лопастей, с^{-1} ;
 η — КПД привода, $\eta = 0,75 \dots 0,85$. Привод затвора для разгрузки смеси
рассчитывается из условия равновесия сил сопротивления и поворота
применительно к данной конструкции смесителя.
Расчет кинематики привода осуществляется по формуле (10.4).

10.4. СМЕСИТЕЛИ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ СМЕСИТЕЛЬНЫМИ ВАЛАМИ

Бетоносмесители непрерывного действия с горизонтальными смесительными валами относятся к смесителям принудительного действия и предназначены для приготовления жестких и подвижных бетонных смесей и могут быть использованы при производстве строительных растворов. В конструктивном исполнении смесители почти одинаковы и отличаются производительностью, размерами, формой рабочих органов и конструкцией разгрузочных устройств. В табл. 10.7 приведены технические характеристики бетоносмесителей установок.

Таблица 10.7. Технические характеристики бетоносмесителей установок непрерывного действия

Показатели	СБ-61	СБ-19	СБ-75	СБ-78
Производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$	5	15	30	60
Частота вращения лопастных валов с^{-1}	1,083	1,167	0,917	0,80
Число пар лопастей на каждом валу, шт	28	23	16	16
Наибольшая крупность заполнителей, мм	40	40	40	40
Мощность электродвигателя, кВт	3	20	20	40
Габаритные размеры, мм:				
длина	2400	3300	4735	4846
ширина	692	1000	2420	2720
высота	1230	1600	1655	15735675
Масса, кг	670	930	3115	

Бетоносмеситель установки СБ-75 (рис. 10.22) состоит из привода, рамы, корыта и двух лопастных смесительных валов. В состав привода входят электродвигатель, клиноременная передача, редуктор, уравнивающая муфта и зубчатая передача. Корпус бетоносмесителя—сварной конструкции, представляет собой горизонтальную корытообразную емкость, внутри футерованную отдельными пластинами из износостойкого материала. Смесительные лопасти развернуты так, что с осью вала образуют угол в 45° . Фиксация лопастей осуществляется распорными втулками. Взаимное расположение лопастей на валах и их поворот образуют прерывистую винтовую поверхность. Валы устанавливаются в упорных подшипниках для восприятия осевых нагрузок. Зубчатая передача обеспечивает синхронное противоположное вращение валов с лопастями.

Сырьевые компоненты смеси загружаются через воронку, смешиваются и разгружаются в конце корпуса в транспортное устройство или в промежуточную ёмкость (копильник). Сверху корпус установки закрывается крышкой. Смесители аналогичных конструкций применяются для приготовления силикатных керамических и других строительных смесей. Частота вращения (c^{-1}) смесительных валов бетоносмесителей непрерывного действия $n = (0,4 \dots 0,5) / \sqrt{R}$, где R — наружный радиус лопастей, м. Производительность Π ($m^3/ч$) лопастных бетоносмесителей непрерывного действия определяется исходя из площади поперечного сечения S_m материала и скорости перемещения материала

Вдоль корыта разгрузочному отверстию :

$$\Pi = S_i v_i = 900 \pi D^2 b'_e n z_n z_a K_i$$

где D — диаметр, описываемый наружной кромкой лопастей, м; b'_e — проекция ширины лопасти на направление вращения, м; n — частота вращения лопастей, c^{-1} ; z_n — количество лопастей, приходящихся на один шаг вин-

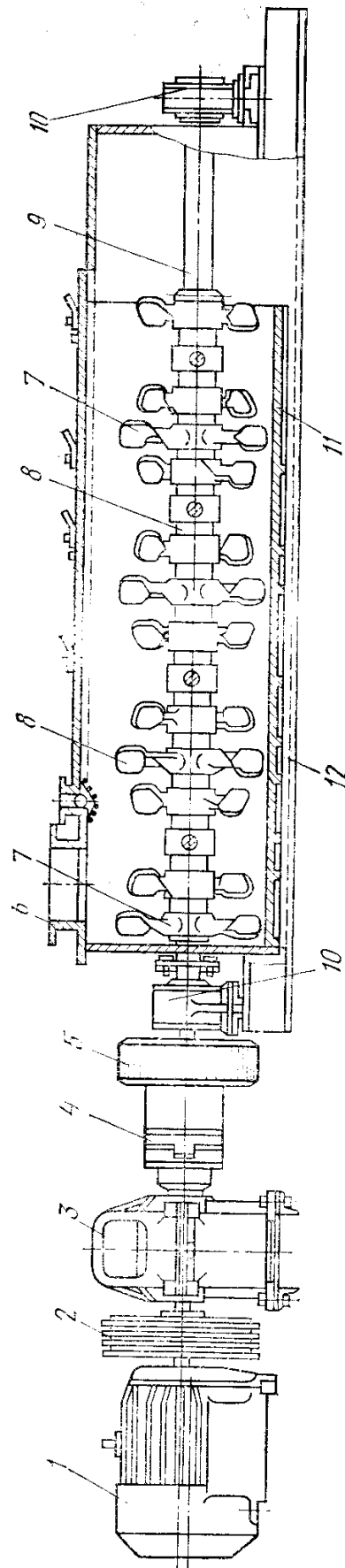


Рис. 10.22. Бетоносмеситель непрерывного действия установки СБ-75:

1 — электродвигатель; 2 — клиноременная передача; 3 — редуктор; 4 — муфта; 5 — зубчатая передача; 6 — разгрузочный патрубок; 7 — лопасти; 8 — втулка; 9 — вал; 10 — подшипники; 11 — упорные подшипники; 12 — футеровка.

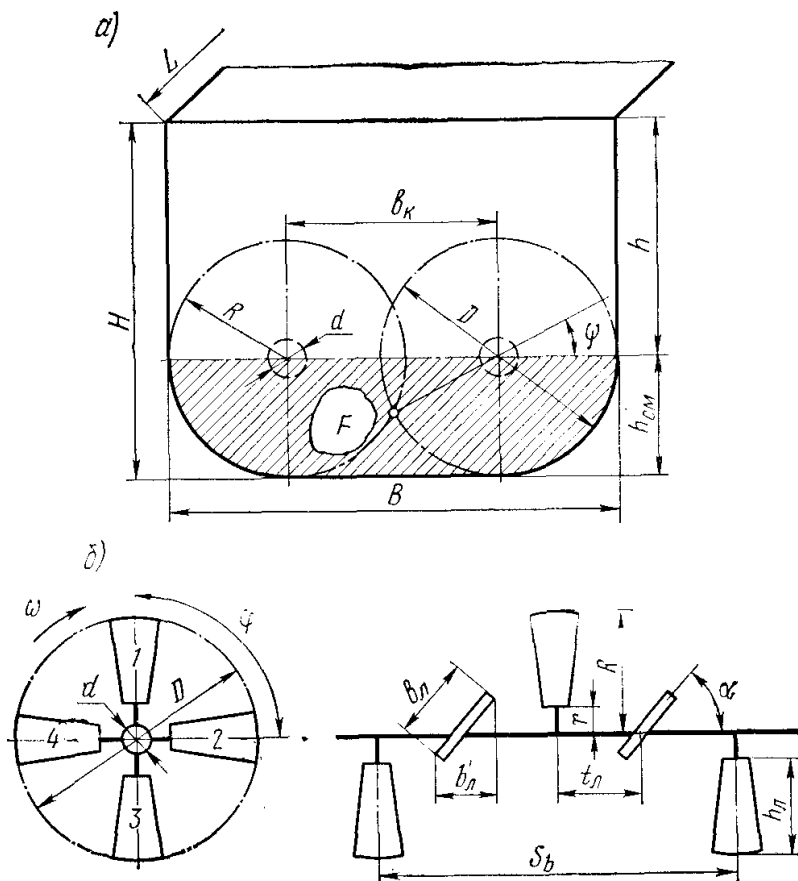


Рис. 10.23. Схемы к расчету основных конструктивных параметров бетоносмесителей непрерывного действия: а—смесительного лотка; б—смесительного вала

вой линии S_b ; z_s —количество смесительных валов; K_H —коэффициент, учитывающий степень заполнения корыта смесью, $K_H=0,5 \dots 0,6$.

Конструктивные параметры бетоносмесителя (рис. 10.23) определяются из следующих соотношений: расстояние между лопастными валами $b_k = 1,5R$; ширина корпуса $B = b_k + 2R$; высота корпуса от оси вала $h = 1,35R$; общая высота корпуса $H = h + R = 2,35R$; длина корыта $L = 4,25R$; ширина лопастей $b_n = 0,42R$; высота лопастей $h_n = 0,5R$; расстояние между смежными парами лопастей (шаг) $t_n = 0,75R$.

Мощность (кВт) электродвигателя бетоносмесителя

$$N = pz_a \sum_{i=1}^n S_i R_i \omega / (1000\eta)$$

где p —сопротивление смеси, отнесенное к 1 м^2 площади смесительных органов, Па, $p=(2 \dots 6) \cdot 10^4$; z_s —количество валов,

установленных на бетоносмесителе; n — количество смесительных органов на валу; S_i ; — площадь проекции i -го смесительного элемента вала на направление вращения, м²; R_i ,—расстояние от оси вращения до центра тяжести i -го рабочего (смесительного) органа, м; ω —угловая скорость смесительного органа, с⁻¹; η -КПД привода бетоносмесителя, $\eta=0,75 \dots 0,85$.

При прочностных расчетах лопастных бетоносмесителей непрерывного действия исходят из двух случаев нагружения валов: при заклинивании лопасти, расположенной в середине корпуса смесителя, и при равномерном нагружении всех лопастей. Наиболее тяжелыми условиями работы смесительных валов считаются условия заклинивания щебня между лопастью и днищем в торце смесителя, когда вся мощность от привода воспринимается этой лопастью.

Окружное усилие (кН) на лопасти

$$T = N / (R\omega)$$

где N -мощность установленного электродвигателя, кВт; R - наружный радиус лопасти, м; ω -угловая скорость с⁻¹

Кинематика привода бетоносмесителей непрерывного действия рассчитывается по вышеприведенной формуле (10.4).

10.3. РАСТВОРОСМЕСИТЕЛИ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ ВАЛАМИ

Циклические растворосмесители с горизонтальными валами относятся к смесителям принудительного действия и предназначены для приготовления строительных растворов на месте их использования. Технические характеристики таких растворосмесителей приведены в табл. 10.8.

Растворосмеситель СБ-97 (рис. 10.24) состоит из рамы, привода, смешивающего устройства корыта (лотка), загрузочного

Таблица 10.8. Технические характеристики растворосмесителей циклического действия

Показатели	СО-46А	СО-20Б	СБ-97
Объем готового замеса, л	65	65	250
Вместимость по загрузке, л	80	80	325
Частота вращения вала, с ⁻¹	0,6	0,533	0,517
Мощность двигателя, кВт	1,5	2,2	5,5
Габаритные размеры, мм:			
длина	1636	1825	1845
ширина	610	610	2130
высота	1155	1160	2225
Масса, кг	210	260	1230

ковша (скипа), привода ковша, разгрузочного затвора, системы водопитания и электрооборудования.

Смешивающее устройство (рис. 10.25) включает в себя вал, на котором закреплены кронштейны с лопастями. Загрузочный ковш с помощью каната, наматываемого на два барабана, закрепленных на валу, может подниматься и опускаться. Вал опирается на два подшипника скольжения. На один конец вала посажена звездочка с корпусным фрикционом, на другой — тормозной

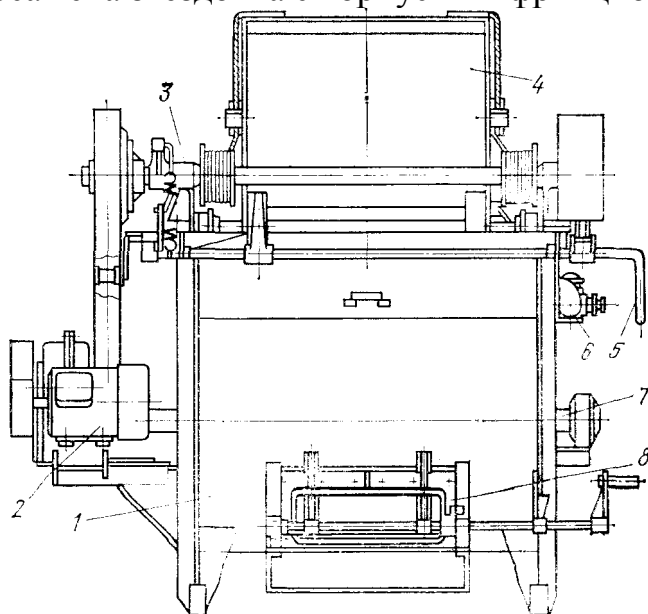


Рис. 10.24. Растворосмеситель СБ-97:

1—рама; 2—привод; 3 — вал привода скипового подъемника; 4 — ковш; 5—рычаг управления; 6—вододозировочное устройство; 7 — лопастной вал; 8—затвор

шкив. При включении фрикциона поворотом рычага управления влево до отказа ковш поднимается и, дойдя до упора, разгружается. После разгрузки ковш опускается под действием силы тяжести.

Затвор для выгрузки раствора состоит из крышки, рычагов шарнирной подвески, вала, системы рычагов закрывания и рычага управления затвором. При закрывании затвора рычаг на оси поворота переходит так называемую «мертвую» точку на $1 \dots 3^\circ$. Для плотного прилегания затвора к корпусу установлено резиновое уплотнение. Плотность прилегания затвора регулируется муфтой.

На рис. 10.20 показана кинематическая схема растворосмесителя СБ-97.

Частота вращения смесительного вала n (с^{-1}) и производительность Π ($\text{м}^3/\text{ч}$) растворосмесителя рассчитываются соответственно по формулам (10.1) и (10.2). Коэффициент выхода /2» готовой растворной смеси составляет при этом 0,8.

Радиус (м) цилиндрической части барабана (лотка)

$$K = 0,5 \sqrt[3]{V_3}$$

где V_3 —вместимость смесительного барабана по загрузке, м^3 .

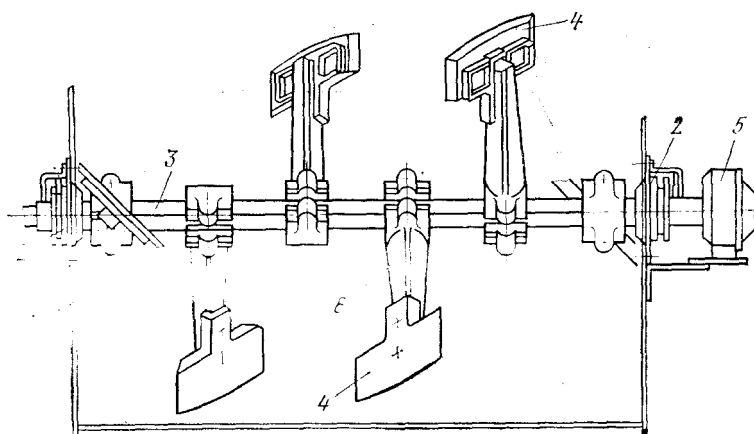


Рис. 10.25. Смесительный вал в сборе циклического растворосмесителя принудительного действия:

1 — корпус; 2 — уплотнительное устройство; 3 — вал; 4 — лопасть; 5 — подшипниковая опора; 6 — кронштейн (лопастедержатель)

Мощность привода растворосмесителей зависит от конструкции смесительных валов и может быть рассчитана по формуле

Сила давления смеси на затвор, находящийся под углом α к

$$P_3 = \sqrt{P_A^2 + P_B^2} = gp\sqrt{h^2 S^2 + V^2}$$

где P_r и P_g — соответственно силы статического давления смеси на поверхность затвора по горизонтали и по вертикали, Н ; g — ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$; p — плотность смеси, $\text{кг}/\text{м}^3$, $p = 1300 \dots 1700$; h — расстояние от поверхности смеси до центра затвора, м ; S — площадь проекции затвора на горизонтальную плоскость, м^2 ; V — объем смеси, соответствующий проекции затвора на вертикальную плоскость, м^3 . Усилие на рукояти затвора P_p (Н) определяется из уравнения равновесия относительно неподвижного шарнира с учетом кон-

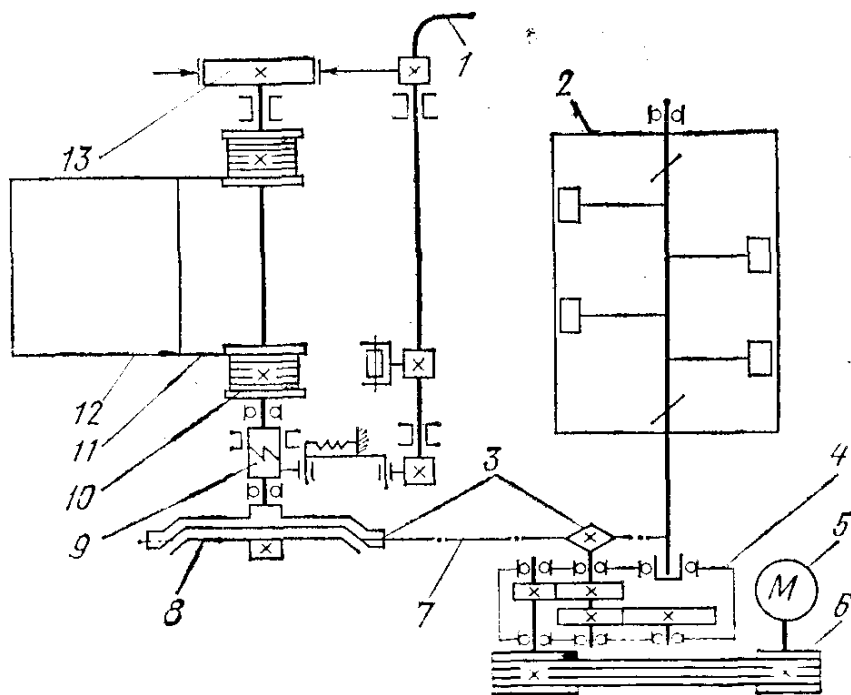


Рис. 10.26. Кинематическая схема растворсмесителя СБ-97:

1 — рукоятка; 2 — корпус; 3 — звездочки; 4 — редуктор; 5 — электродвигатель; 6 — клиноременная передача; 7 — цепь; 8, 9 — фрикционная и кулачковая муфты; 10 — барабан; Л — канат; 12 — ковш; 13 — тормоз ленточный структурных размеров рычагов:

$$P_p = P_3 L_3 / L_p,$$

где l_3 и l_p — соответственно расстояния от точек приложения усилий P_3 и P_p до оси поворота, м.

Расчет кинематической схемы привода растворсмесителя производится по формуле (10.4). Прочностной расчет растворсмесителей осуществляется по аналогии; бетон, смесителями непрерывного действия.

ГЛАВА 11

Оборудование для транспортирования, подачи и укладки бетонных и растворных смесей

11.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Приготовленная бетонная смесь или раствор загружаются в транспортные средства из раздаточных бункеров, копильника смесителя и непосредственно из смесителей. В зависимости от назначения бетонная смесь и раствор перевозятся различными транспортными средствами. От смесительного завода на строи-

автобетоносмесителями, бадьями, смонтированными на автомобилях, ленточными конвейерами, а также с помощью бетоно- и растворонасосов и специальных установок.

На заводах сборного железобетона смесь транспортируют к месту ее укладки автосамосвалами, ленточными конвейерами, бадьями, самоходными раздаточными бункерами, пневмотранспортом и частично бетонораздатчиками. Санитарными нормами запрещается применение машин с двигателями внутреннего сгорания для транспортирования смеси в закрытых помещениях.

Транспортирование, выдача, укладка и разравнивание бетонной смеси при формовке изделий производится главным образом бетонораздатчиками и бетоноукладчиками.

11.2. БАДЬИ, РАЗДАТОЧНЫЕ БУНКЕРА, АВТОБЕТОНО- И РАСТВОРОВОЗЫ И ЛЕНТОЧНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ

Бадьи предназначены для подачи бетона из бетоносмесительного цеха (отделения) на посты формовки заводов железобетонных изделий. Бадья состоит из корпуса, затвора и привода. Затвор открывается и закрывается вручную маховиком через цепную передачу и два зубчатых сектора, расположенных по боковым сторонам. Для ускорения выдачи бетонной смеси на одной из торцовых стенок бадьи закреплен вибровозбудитель ИВ-104. Бадья имеет следующие показатели: вместимость— $1,2 \text{ м}^3$, установленная мощность электродвигателей— $0,25 \text{ кВт}$, габаритные размеры— $1700 \times 1486 \times 1465 \text{ мм}$, масса— 80 кг . Встречаются бадьи и других конструкций вместимостью $0,5 \dots 4 \text{ м}^3$ с электромеханическим и другим приводом затворов.

На рис. 11.1 показан общий вид бадьи для загрузки бетоноукладчиков, установок и форм для изготовления объемных элементов. Бадья оборудована шибберным затвором с ручным управлением: (усилие на рукоятке 100 Н) и фиксатором, служащим

Для запираения затворов в определенном положении (разгрузочная щель 130 и 265 мм). На наклонном днище бадьи установлен вибровозбудитель ИВ-92. Бадьи можно транспортировать на тележке или мостовым краном с траверсой, или со стропами. Бадья характеризуется следующими показателями: вместимость— $1,4 \text{ м}^3$, ход шиббера— 280 мм , габаритные размеры— $1676 \times 1350 \times 1550 \text{ мм}$, масса— 520 кг .

Раздаточные **бункера** предназначены для подачи бетона из бетоносмесительного отделения в формовочные цехи завода. Бункер (рис. 11.2) состоит из раздаточного бункера 3 (СМЖ-2А), прицепной тележки / и бадьи 2 (СМЖ-3А). Раздаточный бункер СМЖ-2А состоит из привода, шиббера, приводного ската, устройства для разводки кабеля и конечных выключателей. Рама бункера передвигается по рельсовому пути на четырех колесах. На

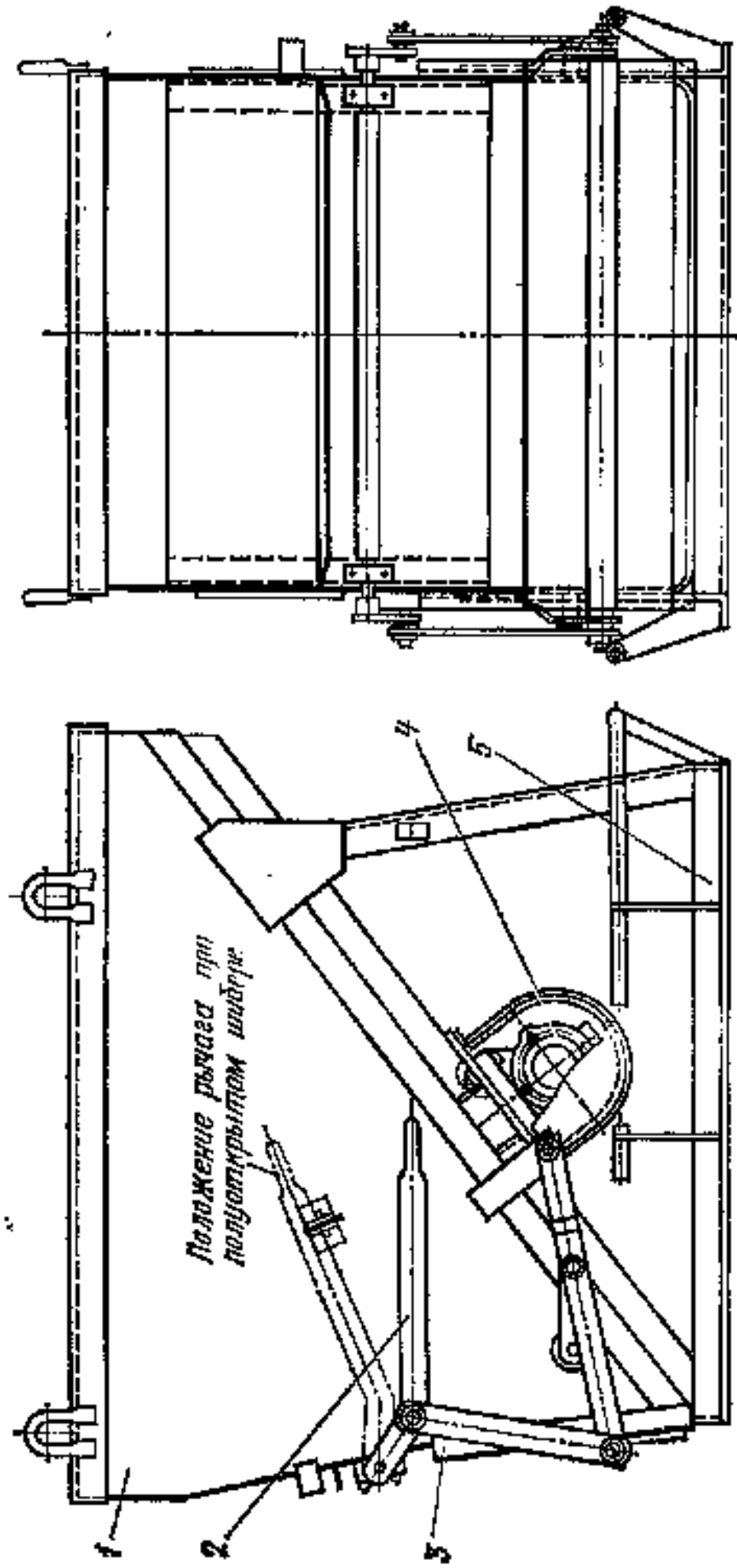


Рис. 11.1. Бункер СМЖ-219В:

1 — бункер; 2 — рукоятка; 3 — шибер; 4 — лямбда-субмеханизм; 5 — рама

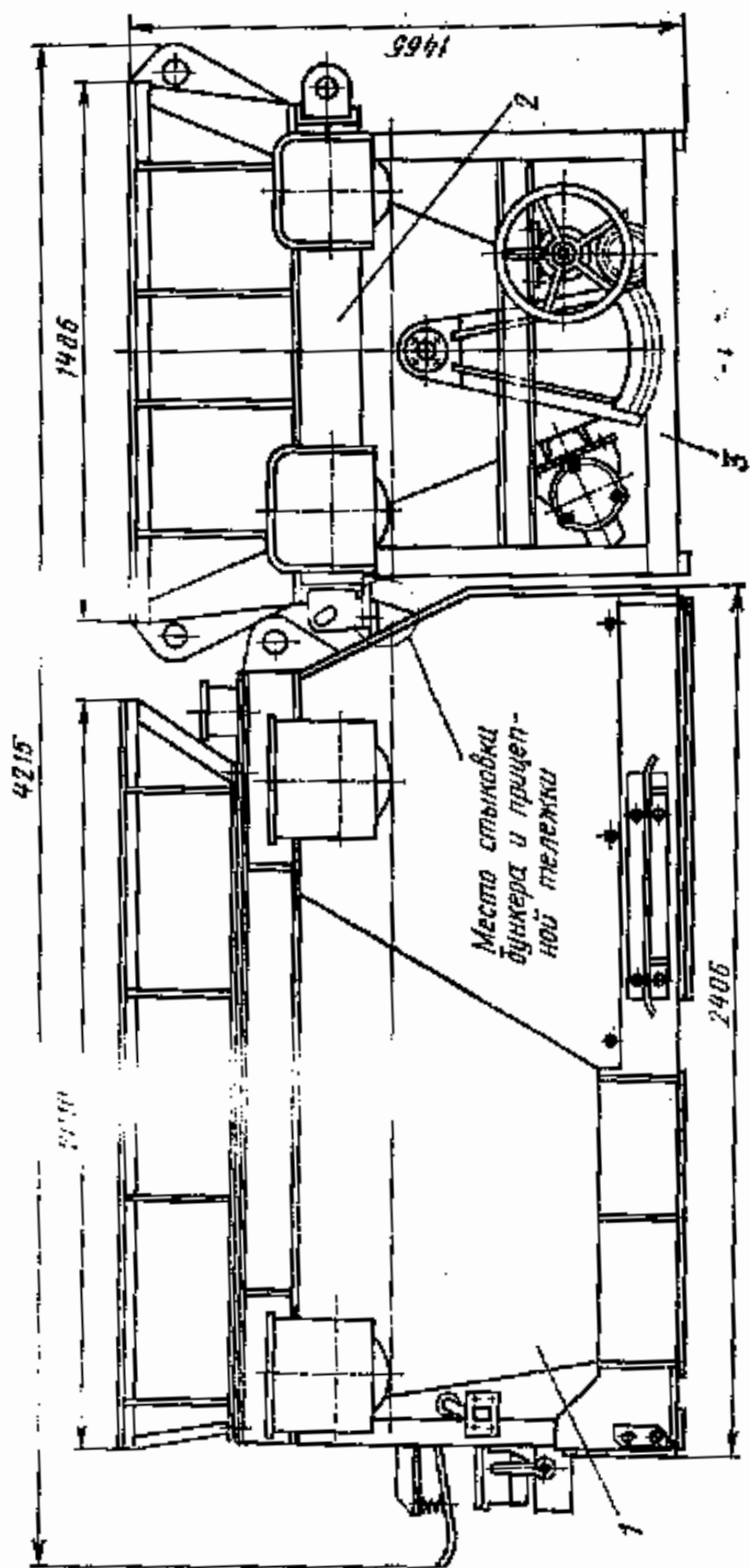


Рис. 11.2. Бункер СМЖ-1А раздаточный с прицепом

раме установлен бункер и два привода: для передвижения бункера и для открывания шибера. Два ведущих колеса вращаются от электродвигателя через редуктор и цепную передачу. На валу двухскоростного электродвигателя установлен тормоз. Бункер выполнен в форме усеченной пирамиды, перевернутой вверх основанием. На выходной части бункера имеется шибер, который открывает и закрывает выходное отверстие через винтовую пару с приводом от индивидуального двигателя и цепную передачу. Шибер имеет четыре катка, на которых передвигается по раме бункера. На торцовой наклонной стенке бункера смонтирован вибровозбудитель ИВ-61 для ускорения выдачи смеси. На рис. 11.3 показан бункер СМЖ-355, который служит на-копителем и устанавливается под бетоновозной эстакадой формовочных цехов заводов. Бункер состоит из корпуса, затвора и привода затвора. В верхней части корпуса приварены транспортные проушины и опорные кронштейны: в нижней — установлен секторный затвор. Привод затвора состоит из двух пневмоцилиндров. Бункер имеет следующие показатели: вместимость — $2,4 \text{ м}^3$, размеры выходного отверстия — $400 \times 600 \text{ мм}$, установленная мощность электродвигателей — $0,4 \text{ кВт}$, габаритные размеры — $1965 \times 1900 \times 1500 \text{ мм}$, масса — 1050 кг .

Расчет бадьи и раздаточного бункера производится по методике расчетов бункеров и самоходных тележек.

Автобетоно- и растворовозы применяют для транспортирования смесей к строительным объектам на расстояние до 30 км . Выпускают их на базе автомобилей ЗИЛ, КамАЗ и т. п. Объем перевозимой смеси составляет $1,6$ и 4 м^3 .

Автобетоносмесители применяются для доставки отдозированных исходных компонентов смеси, приготовления смеси в пути и выдачи потребителю. Загружаются они от стационарных и передвижных смесительных заводов и установок, позволяющих выдавать сухие смеси. Разработано несколько конструкций автобетоносмесителей: СБ-69Б; СБ-92; СБ-92-1; СБ-130 на базе автомобилей МАЗ-503А, КрАЗ-258, КамАЗ-5511, КамАЗ-54112. Геометрический объем барабана соответственно равен $6,1$ и 14 м^3 , а объем перевозимой смеси составляет $2,6$; 4 и 8 м^3 . Автобетоно-смесители работают, как правило, при положительной температуре окружающей среды.

Для подачи бетонной смеси с подвижностью не более 10 см применяют передвижные ленточные конвейеры длиной $5 \dots 15 \text{ м}$, а также стационарные. Среди передвижных ленточных конвейеров наиболее широко распространены конвейеры ТК-13, ТК-13-1, ТК-14, ТК-11А, ТК-12А и др. Ширина ленты конвейеров равна 400 , 500 мм ; скорость ленты — $1,6$ ($1,7$) м/с ; мощность установленных электродвигателей — $1,7$; $2,2$; $2,8 \text{ кВт}$. На конвейерах применяется как гладкая, так и рифленая лента, что позволяет увеличить высоту разгрузки смеси.

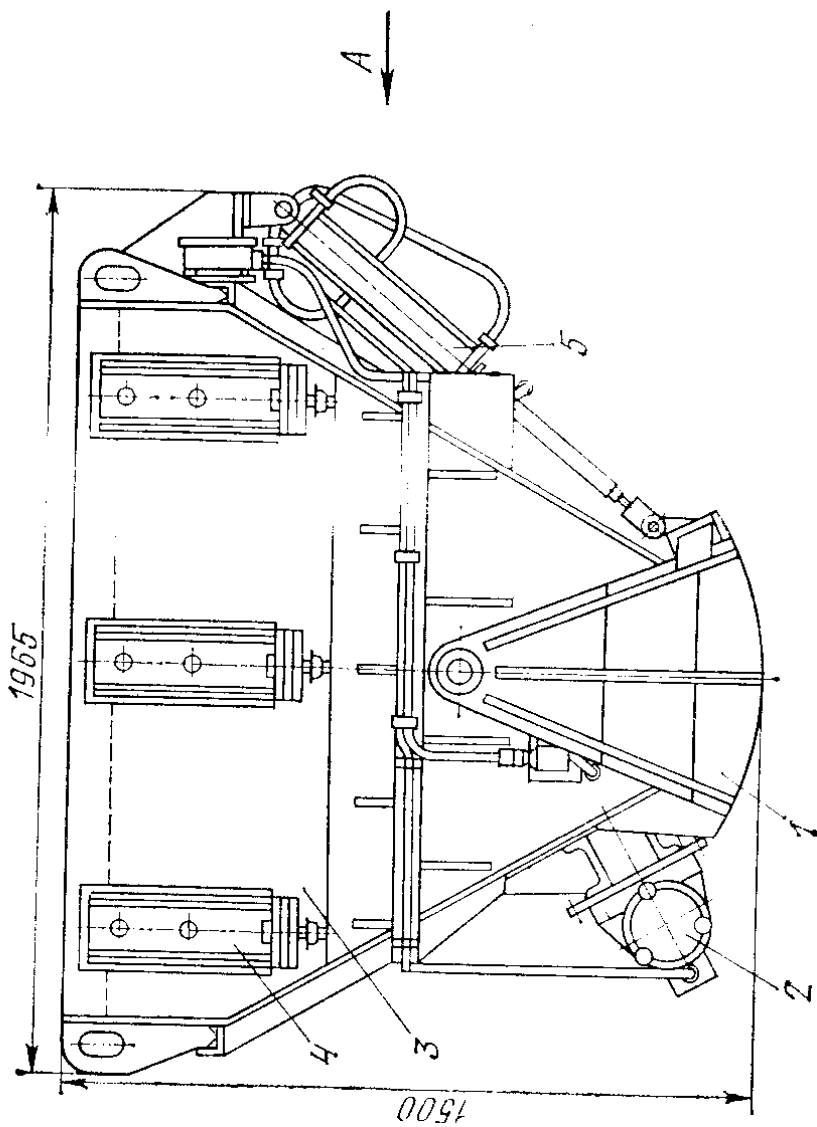
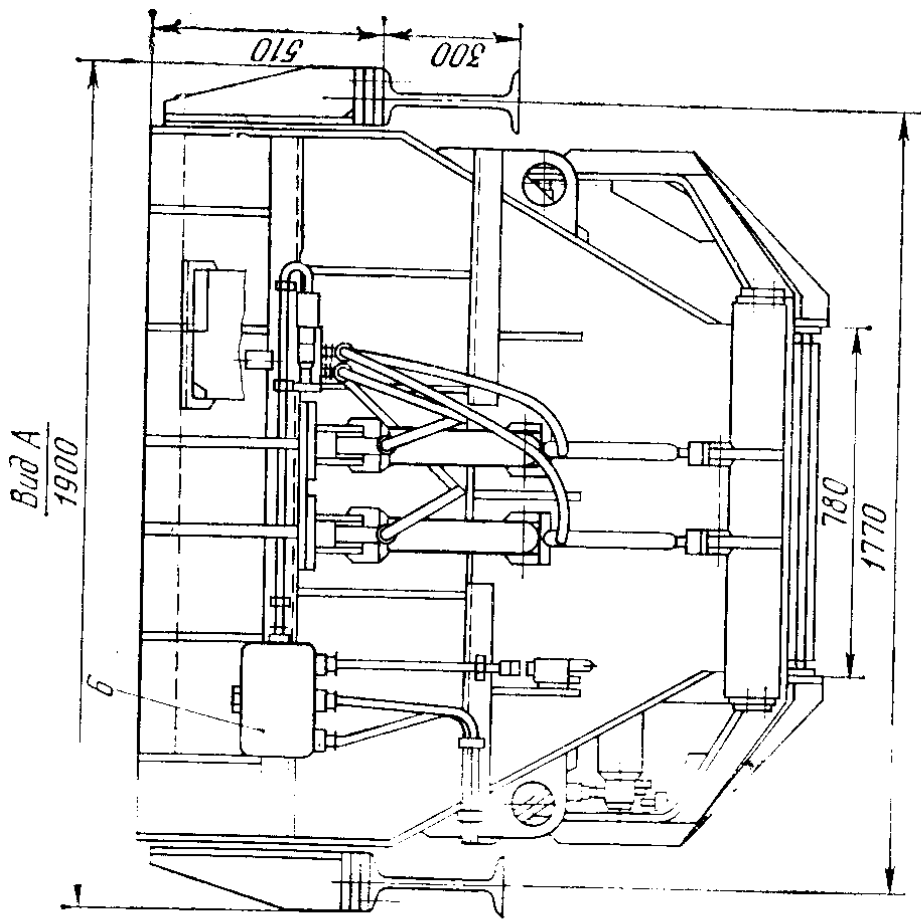


Рис. 11.3. Бункер СМЖ-355:

1 — затвор; 2 — вибровозбудитель; 3 — корпус; 4 — кронштейн; 5 — пневмоцилиндр; 6 — электрическая коробка

11.3. БЕТОНОРАЗДАТЧИКИ И БЕТОНОУКЛАДЧИКИ

В зависимости от вида и назначения укладываемой в форму смеси применяются бетоно-, фактуро-, растворо-, бетонофактуро- и бетонораствороукладчики и раздатчики. В ряде случаев в зависимости от вида изделий на формовочных постах укладчики оснащаются дополнительными распределительными, уплотнительными и отделочными навесными устройствами. В бетонораз-

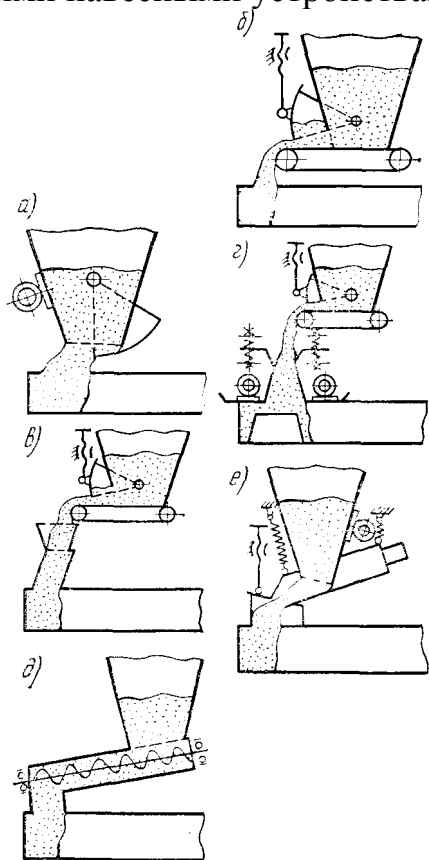


Рис. 11.4. Затворы, питатели и распределительные устройства бетоноукладчиков

датчиках приемно-расходные бункера устанавливаются на самоходной тележке, перемещающейся над формами. Бетонораздатчики выдают смесь, как правило, без ее разравнивания. Бетоноукладчики имеют стационарные и передвижные в поперечном направлении бункера, смонтированные на самоходном портале.

Бетоноукладчики и бетонораздатчики оборудуются затворами, питателями и распределительными устройствами. По конструкции укладчики бывают наземными и подвесными. Наземные укладчики, как наиболее распространенные в промышленности сборного железобетона, передвигаются по рельсовым путям, уложенным на уровне пола. Подвесные укладчики передвигаются по путям, смонтированным на эстакадах, высота которых определяется проектами формовочных линий.

Бетоноукладчик с секторным затвором (рис. 11.4,а) представляет собой бункер, закрепленный на самоходной тележке и перекрытый внизу затвором. Когда затвор открывается, бетонная смесь из бункера подается в форму. Для улучшения истечения смеси из бункера на его стенках монтируются вибровозбудители (вибраторы). Перемещение затвора осуществляется вручную или с помощью электромеханического, пневматического и гидравлического механизмов.

Бетоноукладчики с ленточными питателями (рис. 11.4,б), широко распространенные в промышленности, состоят из бункера, смонтированного на самоходном портале. К нижней части бункера прикреплен ленточный питатель. Бункер имеет копильник с заслонкой для регулирования толщины слоя бетонной смеси и профилирования его в поперечном направлении в зависимости от вида изделия. Ширина ленты питателя 200...2000 мм. Скорость перемещения ленты 0,0833...0,25 м/с. Питатель подвешивается к бункеру горизонтально и наклонно под углом 5...8°. Наклонная подвеска питателя обеспечивает отекание цементного молока и бетонной смеси в направлении выдачи бетонной смеси — в воронку разравнивающего устройства, что предотвращает попадание смеси на верхнюю поверхность нижней ветви ленты питателя. **Бетоноукладчик** (рис. 11.4,б) дополнительно снабжен разгрузочной воронкой с поворотной точкой. Равномерное заполнение отсеков формы осуществляется за счет возвратно-поступательного перемещения укладчика по рельсам вдоль формовочной линии и периодических поворотов разгрузочной воронки. Частота поворота точки составляет 0,033...0,05 м/с.

Бетоноукладчик (рис. 11.4,г) — с ленточным питателем и вибронасадком, который подвешен к раме и снабжен механизмом перемещения и вибровозбудителями направленного действия. Скорость подъема и опускания вибронасадка 0,03...0,0366 м/с.

Бетоноукладчик с винтовым (шнековым) питателем (рис. 11.4,б) применяют при формовании отдельных видов железобетонных изделий, например труб. К нижней части бункера прикреплен винтовой питатель. Привод питателя — регулируемый. Вращение лопастного вала осуществляется от электродвигателя через редуктор и цепную передачу. С целью регулирования равномерной подачи смеси в форму используют электродвигатель постоянного тока. Частота вращения винта составляет 0,0833—0,4166 (1,166) с⁻¹. Диаметр винта 150...250 (400) мм. В некоторых конструкциях укладчиков отсутствует механизм передвижения. Перемещение укладчика осуществляется вручную на расстояние до 5 м.

Бетоноукладчик с вибрлотковым питателем (рис. 11.4,е) состоит из бункера, вибрлотка, подвешенного к бункеру на пружинах и снабженного электромагнитным вибровозбудителем

Показатели	Серийно выпускаемые									
	бетоноукладчики					бетонораздатчики				
	СМЖ-166 А	СМЖ-162	СМЖ-3507	СМЖ-60А	СМЖ-168	СМЖ-306 А	СМЖ-71А	СМЖ-354	СМЖ-425	СМЖ-364
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ширина колеи, м	4,5	4,5	4,5	2,8	2,93	1,1	1,0	1,4	1,4	1,13
Число бункеров, шт	2	3	1	1	1	-	1	1	1	1
Вместимость бункеров, м ³	2,1; 1	3; 1; 1	2,3; 3,5	2	2	-	1,8	2,6	4	1,23
Ширина ленты питателя, м	0,9	1,4; 0,65	1,4	2,0	0,5	0,65	0,5	0,25	0,4	шнек
Производительность, м ³ /ч	-	-	-	-	-	12,5	-	-	-	3,5...11,5
Скорость передвижения м/с	0,0766...0,495	0,03...0,193	0,03...0,193	0,2 0,3	0,233	0,2	0,2	0,2	0,2416	-
Скорость ленты питателя, м/с	0,133	0,1; 0,166; 0,15	0,1	0,166	-	0,125	0,1 0,2	-	-	-
Установленная мощность электродвигателя, кВт	20	23,5	16,1	6,3	2,3	4,5	14,1	7,4	7,4	5,5
Уровень формования относительно головок рельс, м										
Нижний	0,3	0,3	0,3	0,35	0,5	-	-	-	-	-
Верхний	0,86	0,91	0,85	1,1	1,165	-	-	-	-	-
Продолжительность цикла формования, мин	12...30	12...25	12...25	8...12	10...18	-	-	-	-	-
Механизм распределения	Воронка	Вибронасадок	-	воронка	-	воронка	-	-	-	-
Устройство для заглаживания поверхностей изделия	Реечное			-	-	-	-	-	-	-
Габаритные размеры,										
Длина	5,2	5,2	3,36	2,6	2,8	9,2	6,64	10,04	10,6	3,65
Ширина	6,3	6,02	6,3	4	3,8	5,8	2,81	1,91	1,942	1,25
Высота	3,1	3,1	3,1	2,9	2,9	2,4	4,25	3,27	3,145	1,965
Масса, т	11	14,5	10,5	4,2	3,6	6,2	6,7	4,85	5,35	1,55

(вибратором), и насадка, через который смесь подается в форму. Регулирование зазора между питателем и формой осуществляется механизмом подъема и опускания насадка. Скорость подъема и опускания последнего 0,3 ... 0,366 м/с.

Отдельные конструкции укладчиков снабжаются заглаживающими устройствами в виде брусьев, дисков и валков. Ход заглаживающих брусьев составляет 70 ... 180 мм. Число двойных ходов бруса в секунду равняется 1 ... 3. Мощность привода —

2,2 ... 4,5 кВт, производительность — 0,035... 0,0583 м³/с, ширина брусьев — 200 ... 300 мм. Диски размером 400 ... 1300 мм имеют скорость 9...15 м/с, удельное давление на заглаживаемую поверхность (0,6... 1,0) • 10³ МПа, скорость поперечного перемещения 0,066... 0,1 м/с, производительность 0,05...0,0833 м³/с и мощность двигателей 7...14 кВт. Валки диаметром 210...370 мм имеют скорость 6,9 ... 6,25 м/с, удельное давление на заглаживаемую поверхность—(1. ..1,5)-Ю⁻² МПа, скорости

продольного перемещения 0,0166 .. 0,0583 м/с, производительность 0,035 . . . 0,05 мус, мощность привода 7... 10 кВт.

В табл. 11.1 приведены основные технические характеристики оборудования для укладки смеси в формы. В большинстве современных конструкций бетоноукладчиков унифицированы портал (портальная рама), ходовые тележки с приводом передвижения, приводы ленточных питателей и заслонок бункеров, вибронасадки, заглаживающие брусья (валки), а также устройства для пластификации нижнего слоя смеси. Ленточные питатели подвешены к бункерам горизонтально и наклонно под углом 8° в сторону подачи смеси. Ширина ленты питателя принимается на 200 мм больше ширины выходного отверстия бункера. Для уменьшения сцепления бетона с рабочими поверхностями укладчика стенки бункеров, заслонок и насадок облицовываются полипропиленом. Углы наклона стенок бункеров к вертикали принимают для подвижных смесей $55... 65^\circ$, а для малоподвижных и жестких смесей $65... 70^\circ$; сечение выходных отверстий в первом случае принимают не менее 200X400 мм, а во втором — не менее 400X500 мм. Полезный объем бункеров при периодическом их заполнении должен быть не менее 1,1... 1,2 максимального объема формируемого изделия, а при непрерывном формовании — не менее 1 м^3 . Отношение полезного объема к геометрическому объему бункера принимают равным 0,7.. 0,8.

Скорость холостого хода всех укладчиков рекомендуется принимать 0,333 ... 0,666 м/с; поперечного хода бункеров—0,1 ... 0,133 м/с; рабочего хода (при укладке смеси в форму)— 0,166 ... 0,30 м/с.

Кинематика приводов основных механизмов бетоноукладчиков довольно разнообразна. На рис. 11.5 и 11.6 приведены кинематические схемы приводов соответственно питателей и механизма передвижения бетоноукладчика.

Бетоноукладчик СМЖ-69А (рис. 11.7) предназначен для укладки в форму и разравнивания бетонной смеси при изготовлении многопустотных панелей перекрытий и других железобетонных изделий шириной до 2 м. Бетоноукладчик состоит из рамы, приводов, бункера с питателем, устройства для водной пластификации, механизма подъема с воронкой, пневмосистемы и электрооборудования. Рама представляет собой сварную конструкцию порталного типа. Бункер крепится к кронштейнам рамы. Снизу к бункеру подвешен под углом $5... 8^\circ$ ленточный питатель. Приводной барабан находится ниже натяжного, что обеспечивает отекание цементного молока в воронку разравнивающего устройства.

Устройство для водной пластификации состоит из корпуса с разбрызгивающим устройством и шланга, подсоединяемого к водопроводу. При нажатии на рычаг устройства отверстие открывается и поддон орошается водой. Воронка поднимается с помощью пневмопривода и тросовой подвески.

Заслонка бункера открывается и закрывается с помощью пневмоцилиндра, подвешенного к бункеру. Управление бетоноукладчиком осуществляется с пульта, установленного на площадке оператора.

Бетоноукладчик СМЖ-162А предназначен для распределения, укладки и разравнивания бетонной смеси при изготовлении плоскостных железобетонных изделий шириной до 3600 мм и

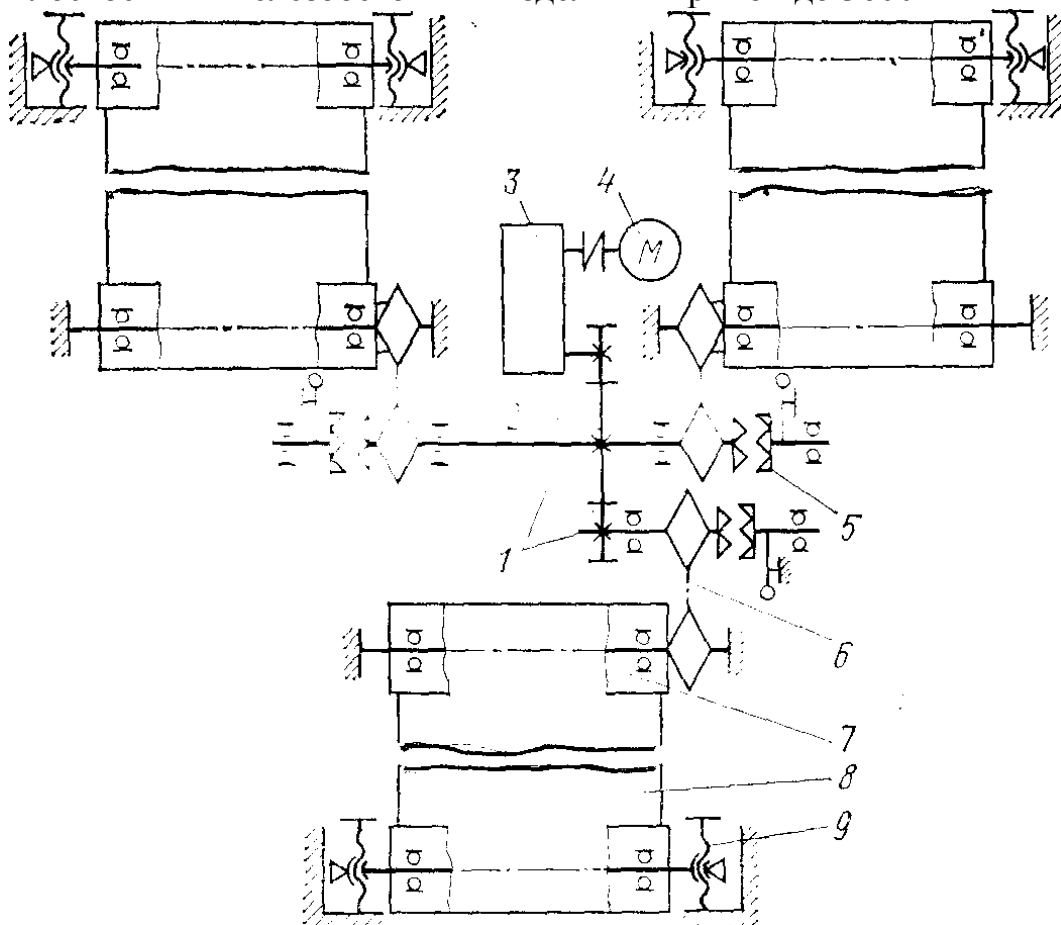


Рис. 11.5. Кинематическая схема привода питателей бетоноукладчика:

1-валы; 2-зубчатая передача; 3-редуктор; 4 — электродвигатель; 5 — фрикционная муфта; 6-цепная передача; 7-барабан; 8—лента; 9—натяжное устройство

линейных железобетонных изделий типа свай, колонн, балок, общей шириной не более 3600 мм. Бетоноукладчик (рис. 11.8) состоит из рамы портального типа; вибронасадка с заглаживающим устройством; большого самоходного бункера с ленточными питателями; двух малых самоходных бункеров с ленточными питателями: привода подъема и опускания вибронасадка; привода передвижения; водоопрыскивателя и электрооборудования. Заглаживающее устройство (брус) приводится в возвратно-поступательное движение от специального привода. Под бункерами на шарнирно-рычажном механизме с резиновыми втулками подвешен вибронасадок, в который смесь подается из всех трех бункеров. Большой бункер состоит из собственно бункера, внутри облицованного листовым полиэтиленом, ленточного питателя и привода передвижения.

электродвигателя, клиноременной передачи, тормоза и ходовых колес.

Бетоноукладчик СМЖ-166А предназначен для укладки бетонной смеси в формы при изготовлении железобетонных изделий шириной до 3600 мм произвольной конфигурации с проемами различных размеров, расположенных в любом месте формы (поддона). Бетоноукладчик состоит из рамы, водоразбрызгивающего устройства, тележки, двух бункеров с ленточными пита-

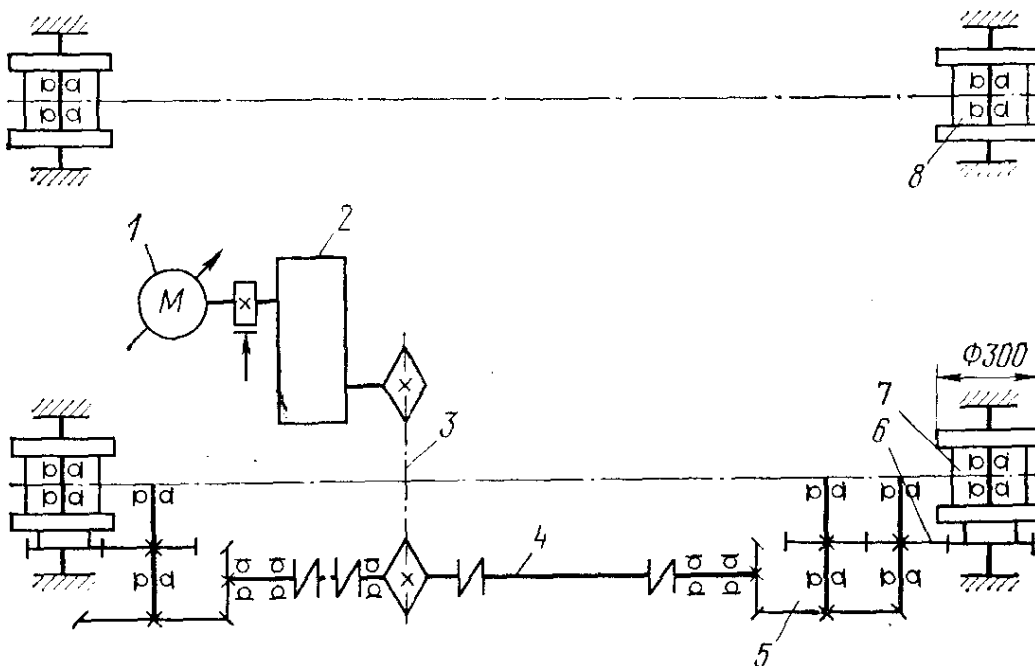


Рис. 11.6. Кинематическая схема привода механизма передвижения бетоноукладчика:

1—электродвигатель; 2—редуктор; 3—цепная передача; 4—соединительный вал; 5, 6—коническая и цилиндрическая зубчатые передачи; 7, 8—приводное и неприводное колеса

телями, воронки, заглаживающего устройства, приводов и электрооборудования. Приводы передвижения бетоноукладчика размещены на нижних продольных балках рамы. Каждый привод состоит из трехскоростного электродвигателя, соединенного с быстроходным валом редуктора клиноременной передачей, цепной передачи и колодочного тормоза с электрогидравлическим толкателем. Привод передвижения тележки включает в себя трехскоростной электродвигатель, связанный клиноременной передачей с быстроходным валом цилиндрического редуктора; колодочный тормоз с электрогидравлическим толкателем; приводной вал, соединенный с тихоходным валом редуктора муфтой, и цепную передачу.

В состав приводов питателей входят односкоростной электродвигатель, связанный клиноременной передачей с быстроходным валом цилиндрического редуктора, и цепная передача. Приводы открывания и закрывания заслонок выполнены в виде пневмо-

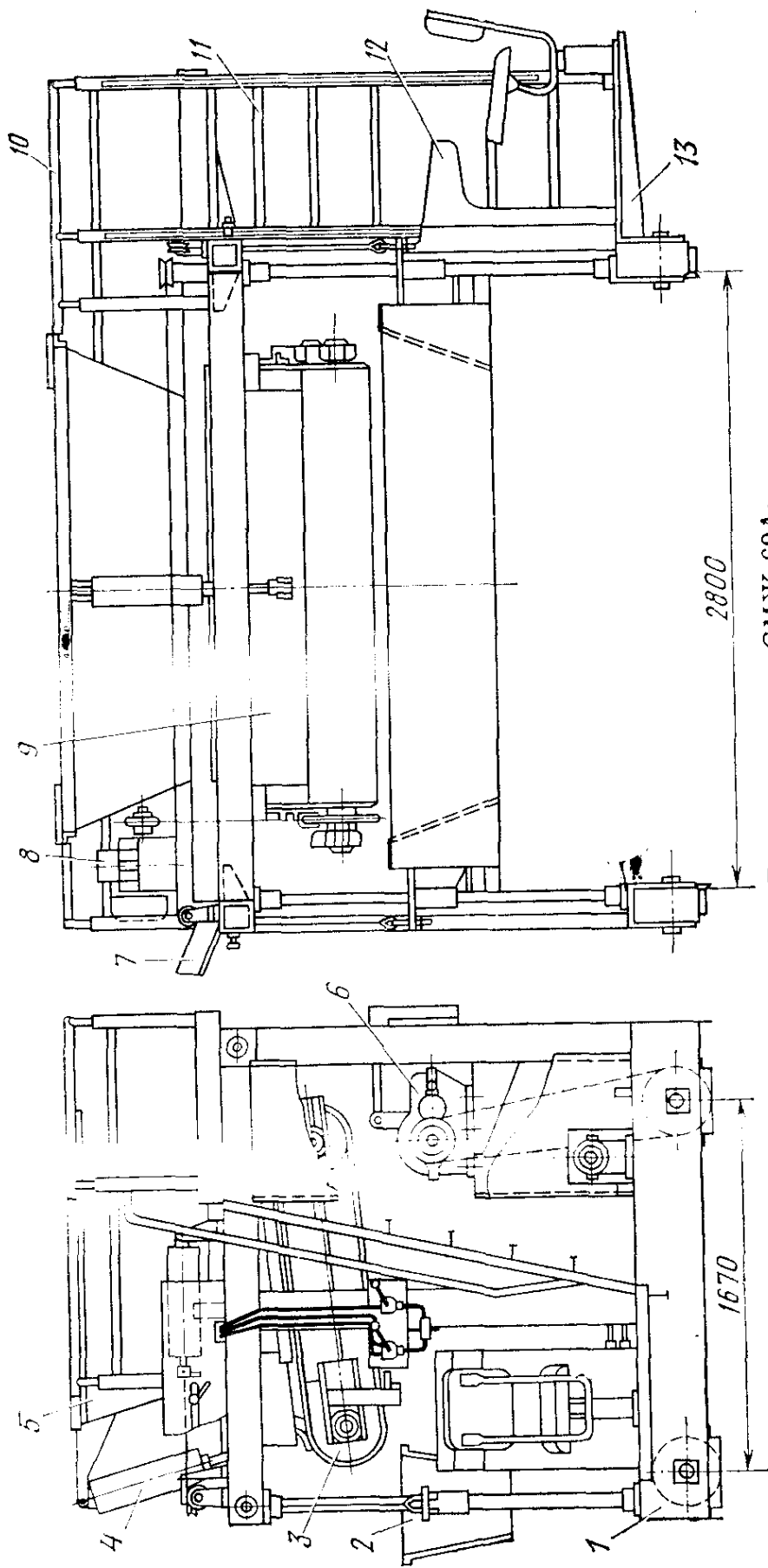


Рис. 11.7. Бетоноукладчик СМЖ-69А:

1 — рама; 2 — воронка; 3 — пилатель; 4 — пневмоцилиндр заслонки; 5 — бункер; 6 — привод бетоноукладчика; 7 — кронштейн токосъемника; 8 — привод пилателя; 9 — заслонка; 10 — ограждение; 11 — лестница; 12 — пульт управления; 13 — площадка оператора

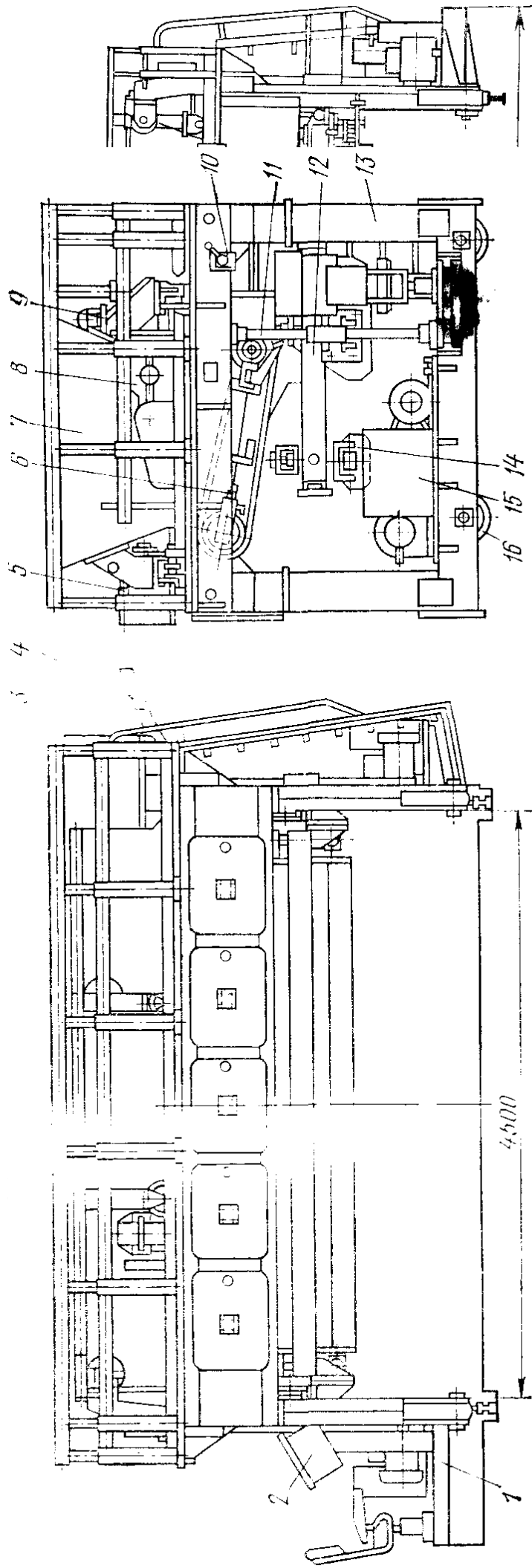


Рис. 11.9. Бетонуукладчик СМЖ-3507:

1 — площадка оператора; 2 — пульт управления; 3 — привод подъема — опускания вибронасадка; 4 — кронштейн-токоъемник; 5 — привод передвижения бункера; 6 — питатель; 7 — бункер; 8 — привод питателя; 9 — пневмоцилиндр управления вместимостью заслонкой бункера; 10 — кран управления пневмоцилиндром; 11 — направляющая вибронасадка; 12 — вибронасадок; 13 — рама — опускани; ма; 14 — заглаживающий брус; 15 — привод передвижения; 16 — ходовое колесо

6400

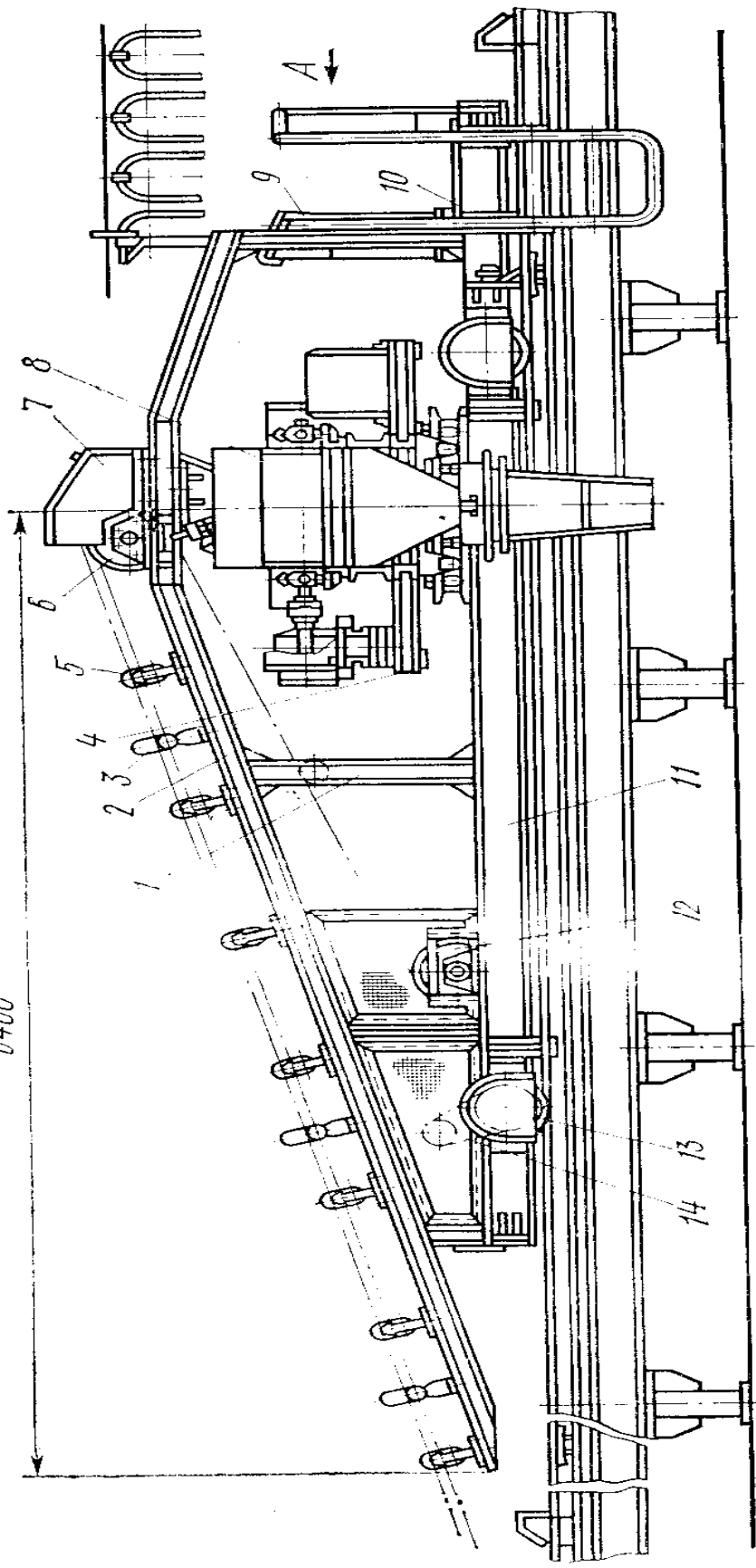


Рис. 11.10. Бетонораздатчик СМЖ-306А:

- 1 — станина; 2 — наклонная рама; 3 — рефлексорные ролики; 4 — поворотный круг стола; 5 — желобчатые роликоопоры; 6, 12 — барабан; 7 — разгрузочная воронка; 8 — шпатель; 9 — электрооборудование; 10 — площадка оператора; 11 — платформа; 13 — ходовое колесо; 14 — цепной привод передвижения; 15 — поворотная точка; 16 — разгрузочная воронка; 17 — барабан с натяжным устройством; 18 — прямые роликоопоры; 19 — желобчатые роликоопоры; 20 — рама; 21 — лоток; 22 — приводной барабан; 23 — ящик; 24 — кассетная установка

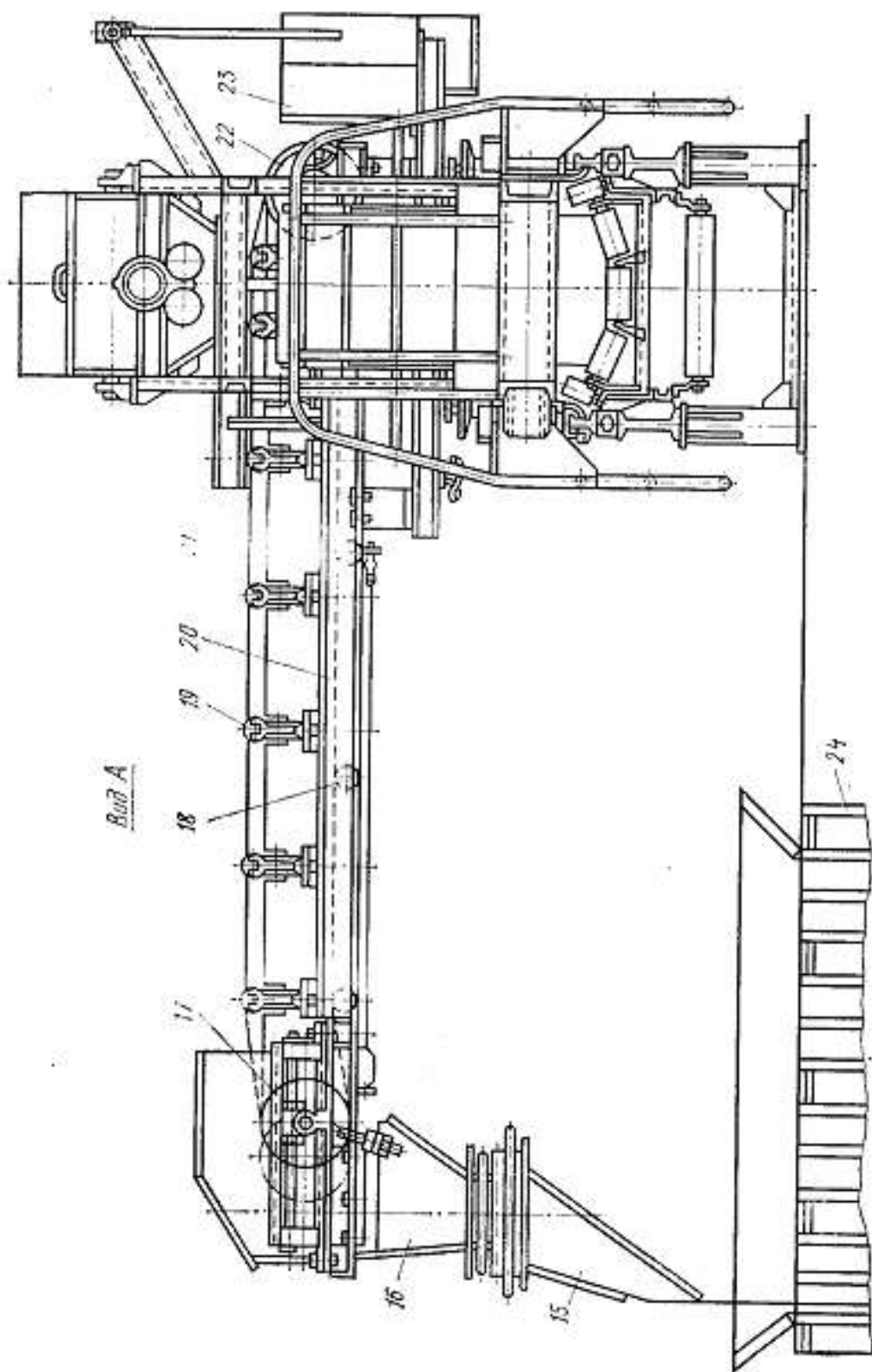


Рис. 11.10. Продолжение

цилиндров, шарнирно закрепленных задней крышкой к стенке бункера, а штоком — к заслонке.

Привод подъема и опускания воронки состоит из электродвигателя, клиноременной передачи, червячного редуктора, барабана, канатно-блочного механизма и колодочного тормоза. Привод поворота воронки имеет электродвигатель, муфту, червячный редуктор, цепную передачу.

В привод подъема—опускания заглаживающего устройства входят двигатель, клиноременная передача, цилиндрический редуктор, колодочный тормоз, барабан, канатно-блочный механизм. Привод перемещения заглаживающего бруса состоит из электродвигателя, клиноременной передачи, цилиндрического редуктора, кривошипно-шатунного механизма.

Бетоноукладчик СМЖ-3507 предназначен для укладки бетонной смеси в формы и разравнивания ее при изготовлении железобетонных изделий шириной 1200 ... 3600 мм. Бетоноукладчик (рис. 11.9) состоит из рамы, бункера с питателем, вибронасадка с заглаживающим брусом и приводов основных механизмов. Конструкция бетоноукладчика аналогична бетоноукладчику СМЖ-162А.

Бетоноукладчик СМЖ-71А предназначен для выдачи бетона в формы при изготовлении железобетонных изделий различного назначения. Бетоноукладчик состоит из ходовой тележки, поворотной платформы, ленточного питателя, приводов подъема стрелы и питателя и поворота и пульта управления.

Бетонораздатчик СМЖ-306А предназначен для подачи и укладки бетонной смеси в отсеки кассетных установок. Бетонораздатчик (рис. 11.10) состоит из станины, поворотного стола, питателя и электрооборудования. Станина представляет собой сварную металлоконструкцию, на которой смонтированы основные механизмы бетонораздатчика: платформа, установленная на четырех ходовых колесах, два из которых — приводные, и наклонная рама. В передней части платформы смонтирована площадка оператора, в средней — установлен поворотный круг стола, в задней—барабан и привод передвижения бетонораздатчика. На наклонной раме установлены желобчатые роlikоопоры, барабан и разгрузочная воронка. Привод передвижения состоит из реверсивного двигателя, тормоза, редуктора и цепной передачи. Поворотный стол служит для установки питателя в требуемое рабочее положение. Питатель представляет собой сварную раму, на которой установлены приводной барабан, лоток, желобчатые и прямые роlikоопоры, барабан с натяжным устройством, разгрузочная воронка и поворотная течка. Бетонная смесь транспортируется по наклонной части бетонораздатчика и через разгрузочную воронку и лоток перегружается на конвейерную ленту питателя, откуда через разгрузочную воронку и поворотную течку питателя поступает в отсеки кассетной установки.

кассетной установки течка выполнена полноповоротной.

Бетоноукладчики СМЖ-96А, СМЖ-364, СМЖ-96Е и СМЖ-96Д предназначены для подачи бетонной смеси в формы при изготовлении железобетонных напорных труб преимущественно способом виброгидропрессования. Бетоноукладчики СМЖ-96Д и СМЖ-96Е снабжены ленточными питателями и применяются на вновь строящихся и реконструируемых заводах.

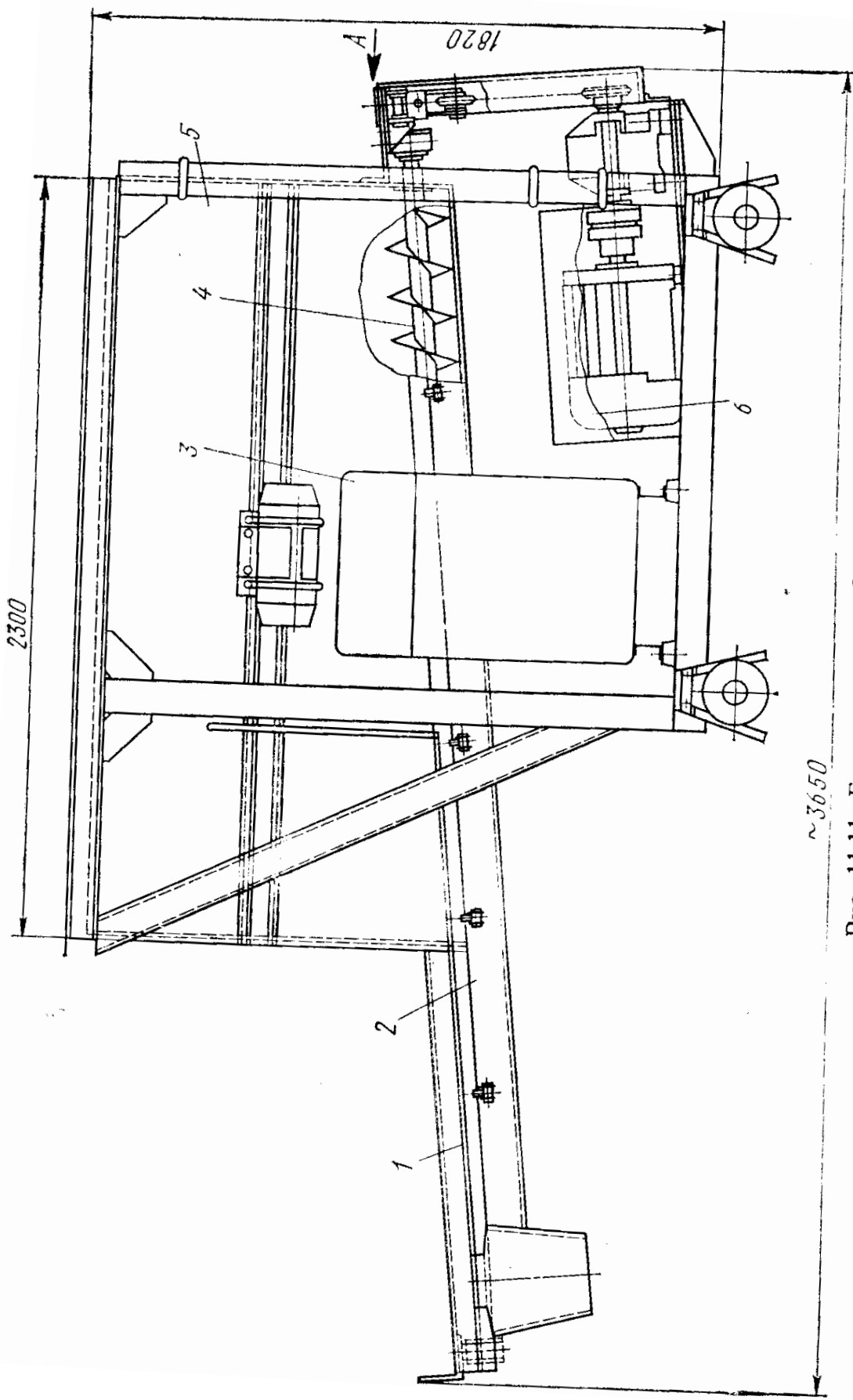
Бетоноукладчик СМЖ-364 (рис. 11.11) состоит из бункера с опорной рамой, шнека, натяжного устройства, желоба, приводов шнека и механизма передвижения и электрооборудования. На бункере установлен вибровозбудитель ИВ-99.

Бетоноукладчик СМЖ-96Е (рис. 11.12) состоит из рамы, бункера, ленточного питателя с приводом, привода механизма передвижения и шкафа с электрооборудованием. Для равномерной выдачи бетонной смеси из бункера предусмотрен челюстной затвор с приводом от пневмоцилиндра, управляемого с пульта. Для побуждения бетонной смеси на бункере установлен вибратор ИВ-9. Бетоноукладчик СМЖ-96Д состоит из укладчика СМЖ-96Е и самоходной тележки. На раме тележки размещены привод для ее передвижения и рельсовый путь для укладчика СМЖ-96Е.

Ниже приведены технические характеристики бетоноукладчиков СМЖ-96Е и СМЖ-96

Показатели	СМЖ-96Е	СМЖ-96Д
Производительность, т/ч	26,2 и 32,6	16,2 и 32,6
Вместимость бункера, м ³ :		
без надставки	0,92	0,92
с надставкой	1,32	1,32
Скорость передвижения, м/с:		
бетоноукладчика	0,2433	0,2433
самоходной тележки	-	0,2433
Скорость ленты питателя м/с	0,103 и 0,208	0,103 и 0,208
бетоноукладчика	1115	1115
самоходной тележки	-	1480
Установленная мощность электродвигателей, кВт . . .	3,96/3,6	
Габаритные размеры, мм:		
длина	3568	3750
ширина	1340	1340
высота	2000	2670
Масса, к-	1500	2000

Установка СМЖ-407 (рис. 11.13) предназначена для подачи бетонной смеси от раздаточного бункера в бункер трубоформовочной машины при изготовлении железобетонных безнапорных труб способом радиального прессования. Она состоит из приво-



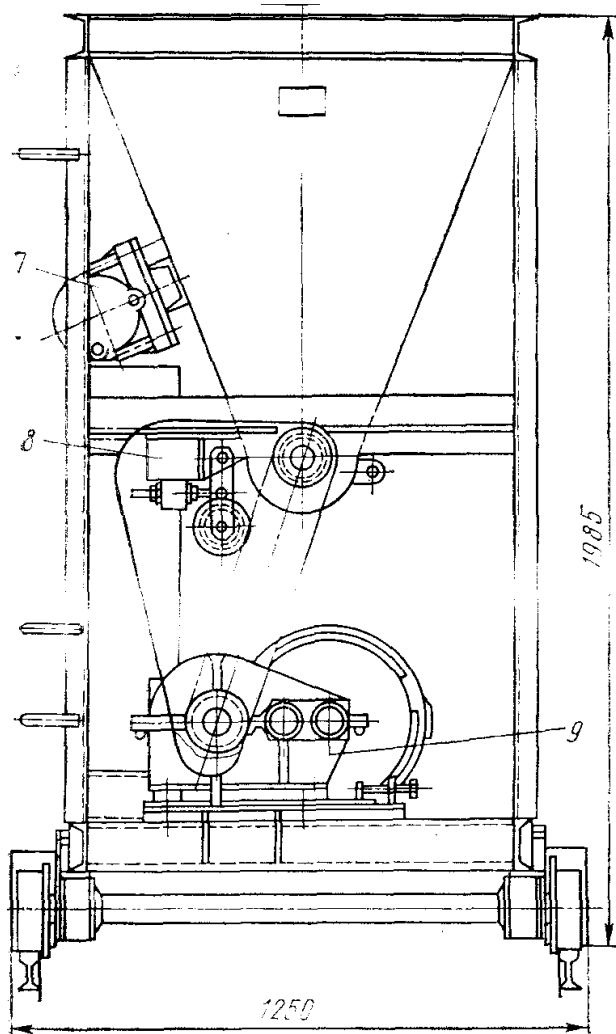
~3650

Рис. 11.11. Бетоноукладчик SMK-364:

- 1 — правый отражатель; 2 — желоб; 3 — электрооборудование; 4 — шнек; 5 — бункер; 6 — кожух; 7 — вибровозбудитель; 8 — натяжное устройство; 9 — привод шнека

дов наклонного и горизонтального конвейеров, приемного бункера, загрузочного лотка и электрооборудования. Бетонная смесь подается от самоходного бункера бетоновозной эстакады цеха в приемный бункер установки, откуда по горизонтальному ленточному конвейеру перемещается на наклонный ленточный конвейер. С последнего смесь поступает в бункер трубоформовочного станка. Производительность установки 65 м³/ч; скорость ленты конвейеров 0,3 м/с; ширина ленты 650 мм; установленная мощность электродвигателей 4+2,2 кВт; габаритные размеры 20680X4590X6330 мм; масса 9400 кг.

При изготовлении труб способом центрифугирования для подачи бетонной смеси применяют ленточные и ложковые питатели, укладчики портального типа с винтовыми или винтовым и ленточным питателями и другое оборудование. Наибольшее распространение получили ленточные питатели типов СМЖ-354 и СМЖ-425.



Питатель СМЖ-425 (рис.11.14) состоит из самоходной тележки 4, бункера 3 со шнековыми питателями 2, ленточного конвейера с приводом, промежуточной рамы, площадки обслуживания и электрооборудования. В привод самоходной тележки входят двигатель, клиноременная передача, редукторицепная передача. Ленточный конвейер имеет рамупривод, в который входят двигатель, муфта, редуктор, цепная передача и приводной и натяжной барабаны. На приводной и не приводной барабаны надета бесконечная конвейерная лента, верхняя ветвь которой перемещается по лотку конвейера. В нижней части бункера трапецеидального сечения смонтирован шнек с приводом, состоящим из двигателя, кли-

Рис. 11.11.
Продолжение

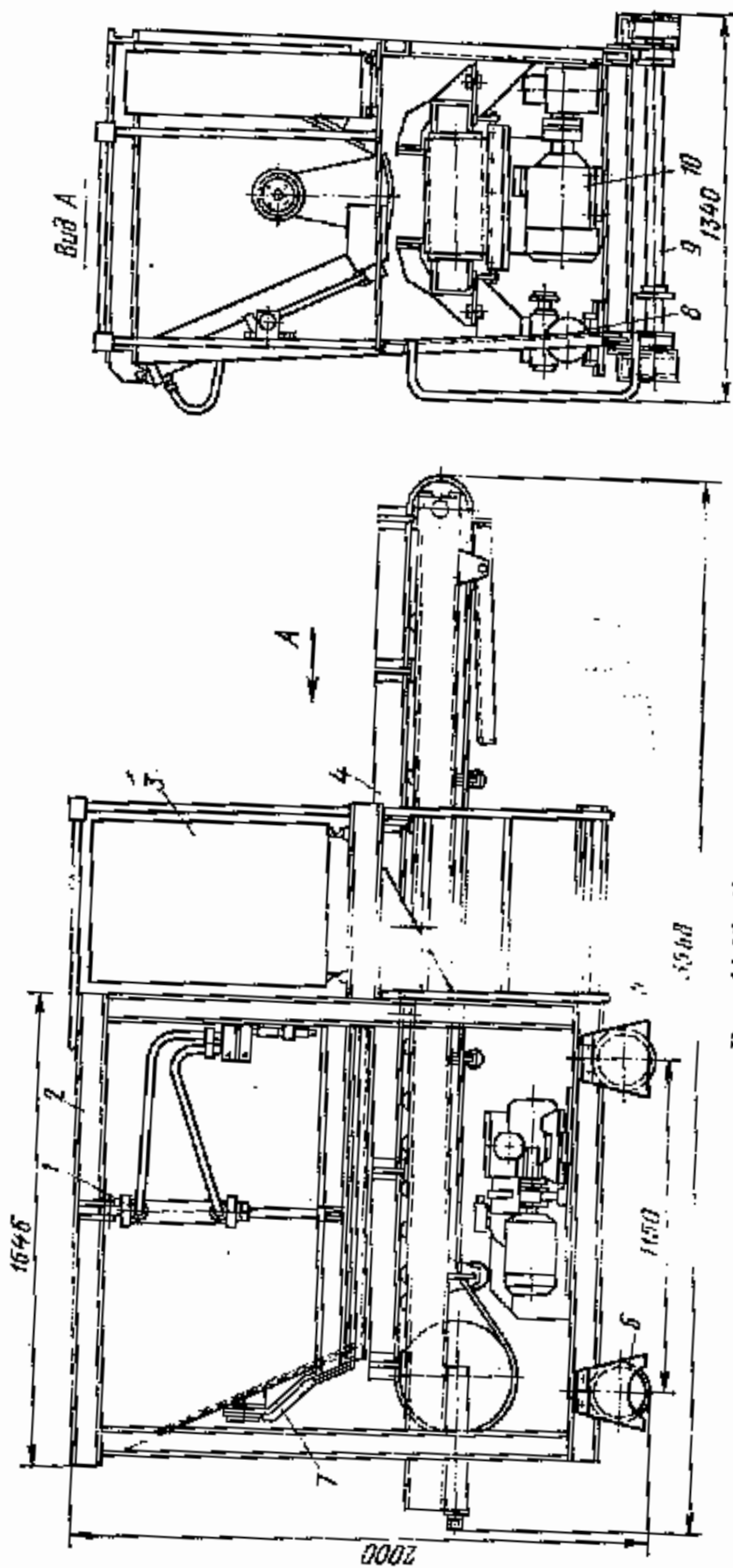


Рис. 11.12. Электроукладчик СМЖ-9611:
 1 — лавовидный цилиндр; 2 — бункер с опорной рамкой; 3 — электродобрудовальник; 4 — ленточный питатель; 5, 6 — приводное и не приводное колесо; 7 — шибур; 8, 9, 10 — приводы механизма передвижения и питателя

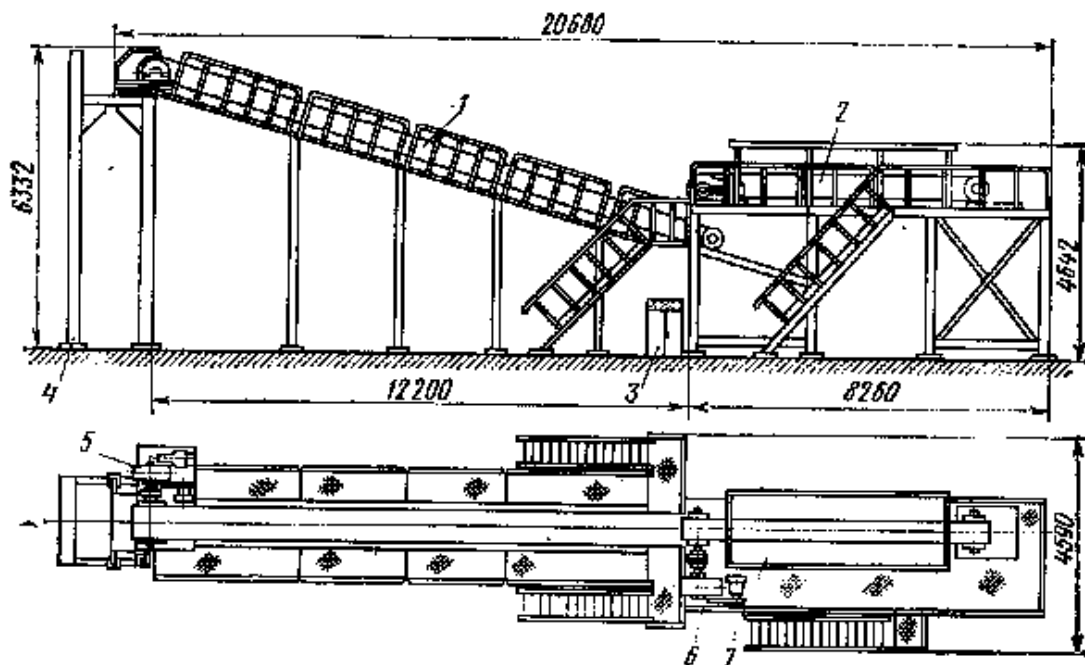


Рис. 11.13. Установка СМЖ-407 для подачи бетонной смеси при изготовлении

железобетонных безнапорных труб способом радиального прессования: 1—наклонный конвейер; 2—горизонтальный конвейер; 3—Электрооборудование; 4—ТРУ-обформовочный станок; 5—привод наклонного конвейера; 6—привод горизонтального конвейера; 7—приемный бункер

норемной передачи, редуктора и муфты. Работа питателя начинается с загрузки бункера бетонной смесью. Далее питатель передвигается в сторону центрифуги, вводится внутрь формы и загружает в нее бетонную смесь—вначале раструбную часть, а затем— по всей длине формы. После заполнения формы бетонной смесью питатель отводится в исходное положение. В управлении работой питателя предусмотрено включение ленточного конвейера, а затем шнека; { выключение ленточного конвейера только после выключения шнека. Это позволяет предотвращать зависание бетонной смеси в бункере питателя. Питатель СМЖ-354 аналогичен по конструкции питателю СМЖ-425.

Ниже приведены технические характеристики питателей СМЖ-354 и СМЖ-425 для труб.

Показатели	СМЖ-354	СМЖ-425
Производительность, м ³ /ч	14	26,4
Диаметр трубы, мм	500...900	1000... 1400
Ширина ленты питателя, мм . . .	250	400
Скорость движения ленты питателя, м/с	1,64	0,98
Скорость передвижения питателя, м/с .	0,2416	0,2416
Установленная мощность электродвигателя, кВт	7,4	7,4
Колея, мм	1400	1400

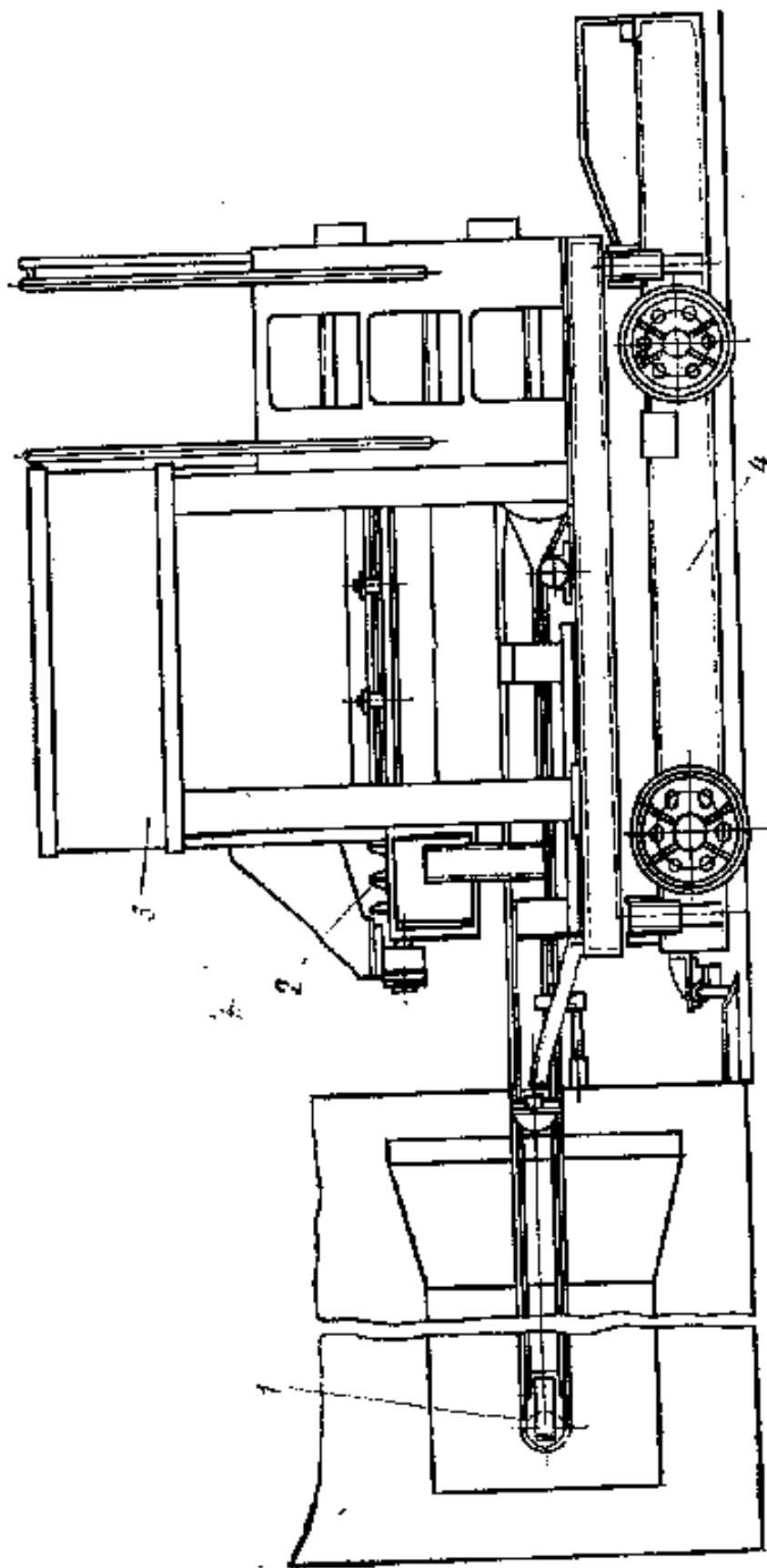


Рис. 11.14. Ленточный питатель СМЖ-425 для подачи бетонной смеси при изготовлении железобетонных бес-
нагретых труб способом центрифугирования

Габаритные размеры, мм:

длина . .	9800	10040
ширина	1812	1812
высота	3120...3270	3120...3270

Масса, кг	5150	5500
-----------------	------	------

11.4. РАСЧЕТ БЕТОНОРАЗДАТЧИКОВ И БЕТОНОУКЛАДЧИКОВ

Оптимальное распределение бетонной смеси в объеме формы определяется реологическими свойствами самой смеси, габаритами изделия (формы), шириной заслонки, высотой копильника, скоростью перемещения ленты питателя, скоростью передвижения укладчика и бункера, количеством проходов, а также компоновкой оборудования в технологической линии.

Пропускная способность бункера Π ($\text{м}^3/\text{с}$) и равномерность истечения материала из него зависят от размеров и формы выпускного отверстия:

$$\dot{I} = S \nu$$

где S – площадь выпускного отверстия бункера, м^2 ; ν – скорость истечения материала, $\text{м}/\text{с}$.

Наилучшее истечение материала обеспечивает форма отверстия с максимальным гидравлическим радиусом R

$$\nu \approx \lambda \sqrt{3.2gR}$$

где λ – коэффициент истечения (для бетонной смеси $\lambda = 0,4 \dots 0,8$); g – ускорение силы тяжести, $\text{м}/\text{с}^2$.

Производительность ленточного питателя ($\text{м}^3/\text{ч}$)

$$\dot{I}_{\text{л}} = 3600 S \nu_{\text{л}} \hat{E}_{\delta} = 36000 h_{\text{к}} b_{\text{з}} \nu_{\text{л}} K_{\text{р}}$$

где S – площадь сечения смеси, выходящей из питателя (копильника). м^2 : $\nu_{\text{л}}$ – скорость перемещения ленты питателя, $\text{м}/\text{с}$; $K_{\text{р}}$ – коэффициент разрыхления бетонной смеси, $K_{\text{р}} = 1,12 \dots 1,2$; $h_{\text{к}}$ – высота щели копильника, м ; $b_{\text{з}}$ – ширина заслонки (смеси, выходящей из питателя), м .

Производительность винтового питателя ($\text{м}^3/\text{ч}$)

$$\dot{I}_{\text{в}} = 2827,4(D^2 - d^2)ns\varphi k$$

где D , d – диаметры винта и вала, м ; n – частота вращения винта, с^{-1} ; для горизонтальных питателей $n = 0,5 \dots 2 \text{ с}^{-1}$; для наклонных питателей $n = 2 \dots 5 \text{ с}^{-1}$; s – шаг винта, м , $s = (0,8 \dots 1,0)$ $D \approx 0,1 \dots 0,3$; φ – коэффициент заполнения, $\varphi = 0,4 \dots 0,9$;

k – коэффициент изменения производительности при наклоне питателя; при угле наклона от 0 до 20° $k = (1,0 \dots 0,65)$. Диаметр винта принимается 150; 200, 250, 300, 400 мм.

$$\dot{I}_{\dot{a}} = 3600Bha\omega \cos \beta k ,$$

где B —ширина лотка, м; h —высота слоя материала на лотке, м; a —амплитуда колебания лотка, м; ω —угловая скорость лотка, c^{-1} ; β —УГОЛ между тяговым усилием вибродвигателя и направлением движения лотка питателя, град; K .—коэффициент, учитывающий свойства смеси. Производительность бетоноукладчика ($m^3/ч$) при заполнении формы смесью

$$\dot{I}_{\dot{a}} = 60V_{\dot{a}} z_{\dot{a}} \hat{E}_{\dot{a}} / t_{\dot{a}} ,$$

где $V_{изд}$.—объем изделия, m^3 ; $z_{изд}$ —количество одновременно формируемых изделий, шт.; K_p —коэффициент разрыхления смеси, $K_p = 1,12 \dots 1,2$; $K_{в}$ —коэффициент использования машины по времени, $K_{в} = 0,85 \dots 0,95$; $t_{ц}$ —продолжительность цикла укладки смеси в форму, мин.

$t_{ц}$ — складывается из продолжительности: наполнения бункера укладчика смесью, перемещения укладчика к форме, укладки смеси в форму, перемещения укладчика в исходное положение (под загрузку).

Продолжительность наполнения бункера укладчика смесью (мин)

$$t_i = V_{\dot{a}} K_{\dot{a}} K_{i} / \dot{I}_{\dot{a}} ,$$

где $V_{\dot{a}}$ —емкость бункера укладчика, m^3 K_{y} .—коэффициент уплотнения смеси, $K_{y} = 1,12 \dots 1,2$, $K_{п}$.—коэффициент, учитывающий потери смеси при загрузке в бункер. $K_{п} = 1.01$, $P_{к}$ —производительность ленточного конвейера или питателя, установленных на подаче смеси, $m^3/ч$, $P_{к} = 60 \dots 120$.

Продолжительность передвижения укладчика со смесью к форме (мин)

$$t_i = l / v_{\dot{a}} ,$$

где l —расстояние от загрузочного конвейера до поста формирования (укладки) смеси, м; v_{y} —скорость передвижения укладчика, м/мин.

Продолжительность укладки смеси в форму (мин)

$$t_{\dot{a}} = (l_{\dot{a}} + l_{\dot{a}}) n_{i\dot{a}} / v_{\dot{a}} ,$$

где $l_{ф}$ —максимальная длина формы, м; l_{y} —база бетоноукладчика, м; n_{np} —количество проходов бетоноукладчика, $n_{np} = 2 \dots 3$;

v_{y} —скорость передвижения бетоноукладчика при укладке смеси в форму, м/мин.

Количество проходов бетоноукладчика

$$n_{i\delta} = \frac{h_{\text{изд}} B_{\text{изд}} z_{\text{изд}} K_{\delta} v_{\delta}}{b_{\text{з}} h_{\text{к}} v_i}$$

где $h_{\text{изд}}$, $B_{\text{изд}}$ —высота и ширина формуемого изделия, м; $z_{\text{изд}}$ —количество одновременно формуемых по ширине изделий, шт.; K_p —коэффициент разрыхления смеси, $K_p = 1,12 \dots 1,20$; v_y —скорость передвижения укладчика при формовании, м/мин; $b_{\text{з}}$ —ширина заслонки бункера, м; $h_{\text{к}}$ —высота щели копильника, м; v_n —скорость перемещения рабочего органа питателя, м/мин. Продолжительность перемещения укладчика в (мин) в исходное положение (под загрузку)

$$t_{\text{в}} = l_{\text{в}} / v_y,$$

где $l_{\text{в}}$ —максимальное расстояние для возврата укладчика под загрузку, м; v_y —скорость передвижения укладчика, м/мин.

Мощность (кВт), необходимая для передвижения бетоноукладчика или бетонораздатчика,

$$N_{\delta} = W v_{\delta} / (1000 \eta) = (P_{\delta} + P_{\delta}) \frac{2\mu + fd}{D} \beta v_{\delta} / (1000 \eta),$$

где W —сила сопротивления передвижению бетоноукладчика, Н;

v_y —скорость передвижения, м/с; η —КПД привода, $\eta = 0,80 \dots 0,90$; $P_{\text{к}}$ и $P_{\text{б}}$ —соответственно силы давления от массы конструкции бетоноукладчика и бетонной смеси в бункерах, Н; μ —коэффициент трения качения ходовых колес, $\mu = 0,0008 \dots 0,001$, м;

f —коэффициент трения, приведенный к валу подшипника, $f = 0,03 \dots 0,05$; d —диаметр цапфы подшипника, м; D —диаметр колес, м; β —коэффициент, учитывающий трение реборд колесо рельсовый путь, $\beta = 2,5 \dots 3,0$.

Для бетоноукладчиков и бетонораздатчиков, оснащенных заглаживающим вибрационным или другим устройствами, препятствующими передвижению, при расчете мощности следует учитывать сопротивление от этих механизмов.

Мощность привода ленточного питателя бетоноукладчика складывается из трех составляющих: N_1 —мощности, расходуемой на преодоление сопротивления от трения бетонной смеси о борта;

N_2 — то же, от давления смеси в зоне бункеров и копильника (заслонки); N_3 —мощности, расходуемой на собственное транспортирование бетонной смеси:

$$N_1 = W_1 v_i / 1000 = h^2 p l f \delta g v_i / 1000,$$

где W_1 —сила сопротивления, Н; $v_{\text{п}}$ —скорость ленты питателя, м/с; h —высота щели бункера (бортов), м; l —длина бортов, м;

f —коэффициент трения бетона о стенки бортов, $f = 0,8 \dots 0,9$; δ —коэффициент бокового давления, силы тяжести, м/с².

$$N_2 = W_2 v_i / 1000 = P f_1 v_i / 1000,$$

где W_2 —сила сопротивления, Н; P —сила активного давления бетонной смеси на ленту, Н; f_1 —коэффициент трения ленты о поддерживающий лист, $f_1=0,4 \dots 0,6$;

$$P = (g_1 + g_2) S = (p R g / (f_2 m) + g_k p g) S,$$

где g_1 и g_2 —удельные давления бетонной смеси на ленту соответственно в бункере и копильнике, Па; S — площадь активного давления бетонной смеси на ленту, m^2 ; p — плотность бетонной смеси, $кг/м^3$; R —гидравлический радиус выпускного отверстия бункера, м; f_2 —коэффициент внутреннего трения бетонной смеси, $f_2=1,0$; m —коэффициент подвижности бетонной смеси, $m=0,6 \dots 0,7$; h_k —высота смеси в копильнике, м; g —ускорение силы тяжести, $м/с^2$.

$$N_3 = W_3 v_i / 1000 = b_l h_b l_n p g k_{тр} v_i / 1000,$$

где W_3 —сила сопротивления перемещению смеси на ленте, Н; b_l —ширина ленты питателя, м; h_b —толщина слоя бетона на ленте, м; l_n —длина питателя, м; p —плотность бетонной смеси; $p=1800 \dots 2200$ $кг/м^3$; g — ускорение силы тяжести, $м/с^2$; $k_{тр}$ — коэффициент трения, приведенный к роликоопорам питателя, $k_{тр}=0,03 \dots 0,04$.

Мощность электродвигателя ленточного питателя (кВт)

$$N_{ii} = \left(\sum_{i=1}^{k=3} \right) k_3 / \eta$$

где k_3 —коэффициент запаса, $k_3=1,2 \dots 1,3$; η —КПД привода, $\eta=0,80 \dots 0,90$.

Мощность (кВт) электродвигателя поворотной платформы бетонораздатчика

$$N_{ii} = M \omega / (1000 \eta) = P_i \left(\frac{2\mu + fd}{D} \right) \beta R k_n \omega / (1000 \eta),$$

где M — момент сопротивления повороту платформы бетонораздатчика, Н·м; ω —угловая скорость поворота платформы, $с^{-1}$; η —КПД привода, $\eta=0,80 \dots 0,90$; P_{ii} —сила давления от массы поворотных частей платформы бетонораздатчика, Н; R —средний радиус поворота (кольцевого пути), м; k_c —коэффициент, учитывающий дополнительные сопротивления повороту, $k_c=1,1 \dots 1,2$. Мощность (кВт) электродвигателя подъема питателя

$$N_h = P_e v / (1000 \eta),$$

где P_{κ} — сила натяжения подъемного каната, Н; U — скорость подъема, м/с; η — КПД привода, $\eta = 0,75 \dots 0,85$.

Мощность (кВт) электродвигателя заглаживающего барабана

$$N_{y.a} = P_a R_a f \omega_a / (1000 \eta),$$

где P_a — сила давления от массы барабана, Н; R_a — радиус барабана, м; f — коэффициент сопротивления вращению барабана, для гладкого барабана $f = 0,8 \dots 0,9$; для щеточного барабана $f = 1,2 \dots 1,5$; ω_a — угловая скорость вращения барабана, c^{-1} ; η — КПД привода барабана, $\eta = 0,75 \dots 0,85$.

Мощность (кВт), расходуемая на перемещение заглаживающего барабана при движении бетоноукладчика,

$$N'_a = P_a f v_o k_3 / (1000 \eta)$$

где v_o — скорость передвижения бетоноукладчика, м/с; k_3 — коэффициент запаса мощности, $k_3 = 1,1 \dots 1,15$; η — КПД привода механизма передвижения бетоноукладчика, $\eta = 0,75 \dots 0,85$.

Мощность (кВт) электродвигателя заглаживающих реек или

$$N_{3p} = \frac{P_p f r k}{\cos \alpha} \omega_k / (1000 \eta),$$

где P_p — сила давления от массы заглаживающих реек или ленты, Н; f — коэффициент сопротивления (трения), для реек $f = 0,8 \dots 0,9$, для ленты $f = 0,9 \dots 1,1$; r — радиус кривошипа, м; k — коэффициент, учитывающий изменение окружного усилия от угла поворота кривошипа, $k \approx 0,65 \dots 0,85$; α — угол наклона шатуна (зависит от размеров кривошипно-шатунного механизма), град; ω_k — угловая скорость вращения кривошипа, c^{-1} ; η — КПД привода. $\eta = 0,75 \dots 0,85$.

11.5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ БЕТОННЫХ И РАСТВОРНЫХ СМЕСЕЙ ПО ТРУБАМ

Транспортирование и подача смеси по металлическим, полимерам трубам и резиновым шлангам позволяет работать в стесненных и труднодоступных местах, сократить количество рабочих, повысить производительность труда и снизить себестоимость производства. Для непрерывного транспортирования бетонных и других смесей разработано несколько конструкций специальных установок. Установки для пневматического транспортирования бетонной смеси с подвижностью более 4 см применяются при формировании железобетонных изделий в кассетных установках. В установку входят камерный питатель, гаситель и трубопровод. Камерный питатель состоит из цилиндрического резервуара с конической нижней частью, к которой присоединен выходной патрубок,

В верхней части резервуара имеется загрузочная воронка с конусным затвором. Управление затвором осуществляется пневматическим цилиндром. Гаситель выполнен в виде цилиндроконического корпуса с крышкой в верхней части и гофрированным прорезиненным рукавом в конической части. Производительность установки 0,003 ... 0,006 м³/ч; дальность транспортирования по горизонтали—до 200 м, по вертикали—до 25 м; диаметр трубопровода 150... 180 мм; давление воздуха до 1 МПа.

Машины, применяемые для набрызга (торкретирования) бетонной смеси, выполняют следующие работы: нанесение бетонных и растворных смесей на поверхность; подачу бетонной смеси в опалубку, транспортирование сухой смеси и очистку поверхностей сухим песком или струей воды.

Установки для торкретирования классифицируются по следующим признакам: назначению; виду энергоносителя; влажности исходного материала; характеру работы; типу привода; степени регулирования; крупности заполнителя; производительности; конструкции питателя; количеству камер питателя; степени мобильности; типу управления; степени автоматизации; критерию износа; типу материалопровода и общей компоновки.

Установки для набрызга бетонной смеси СБ-67А и СБ-117 (цемент-пушка) предназначены для нанесения на поверхность пластичной бетонной смеси с помощью сжатого воздуха.

Установка СБ-67А представляет собой смонтированную на платформе рабочую камеру, в нижней части которой расположен привод дозатора, а сбоку присоединена пневмосистема, где помещены средства управления установкой. Установка укомплектована материальным шлангом с соплом, водяным и воздушным рукавами и оборудована либо салазками, либо колесами для передвижения по рельсовому пути. Производительность установки по сухой смеси 4 м³/ч; дальность подачи по горизонтали 200 м, по вертикали 45 м; рабочее давление 0,4... 0,6 МПа; диаметр рукавов 50 мм; мощность электродвигателей 3 кВт; масса 910 кг,

На рис. 11.15 приведена пневматическая схема установки СБ-67А для набрызга бетона.

Цемент-пушка СБ-117 состоит из загрузочного бункера, барабана, приводного механизма, материального шланга, щитка управления и снабжена колесами и дышлом. Производительность цемент-пушки 2 м³/ч; дальность подачи по горизонтали 45 м, по вертикали 10 м; давление воздуха 0,35 МПа; диаметр рукавов 50 мм; масса 740 кг.

Обе эти установки—циклического действия, т. е. во время загрузки смеси необходима остановка машины, что приводит к снижению производительности.

Более совершенной конструкцией является двухкамерная установка СБ-66 непрерывного действия. Она состоит из следующих механизмов:

верхней шлюзовой и нижней рабочей камер; дозирующего устройства; материального и водяного рукавов; пульта управления пневмоцилиндрами; пульта с механизированным и автоматизированным управлением.

Бетононасосами можно транспортировать смесь на значительную длину и высоту, монтируя их последовательно. Такой способ позволяет сохранить качество смеси и сократить потери, связанные с перегрузкой смеси из одного транспортного средства в другое.

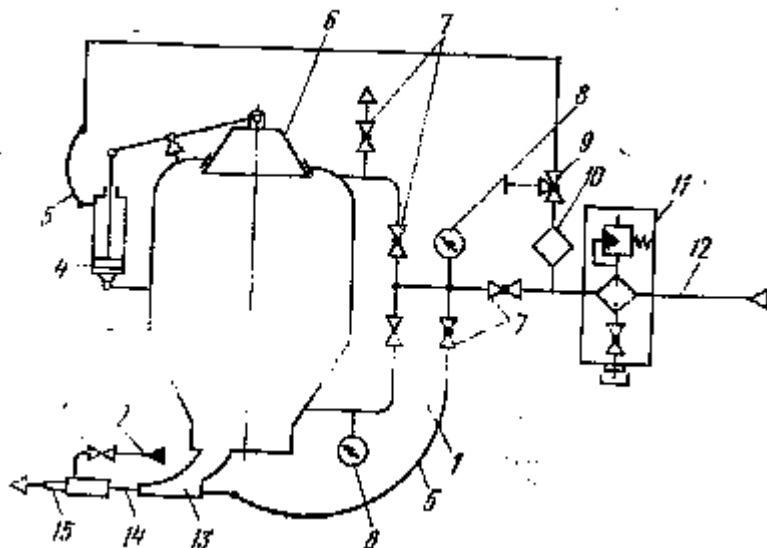


Рис. 11.15. Пневматическая схема установки СБ-67А для набрызга бетона: / — вентили; 2 — напорный водяной рукав; 3 — бункер; 4 — пневмоцилиндр; 5 — рукава; 6 — клапан; 7 — муфтовые краны; Я — манометры; 9 — трехходовой кран; 10 — маслораспылитель; 11 — фильтр; 12 — воздушный рукав; Ш — патрубок; /4 — рукав; 15 — сопло

Поршневой бетононасос СБ-9 с механическим приводом предназначен для непрерывной подачи бетонной смеси с подвижностью 5...12 см по трубам и применяется, главным образом, в гидротехническом строительстве. Бетононасос имеет производительность 10 м³/ч, диаметр бетоновода 150 мм; дальность подачи по горизонтали 250 м, по вертикали 40 м; вместимость бункера 0,45 м³; установленную мощность электродвигателей 14,8+2,8 кВт; массу бетононасоса 2500 кг и бетоновода 5500 кг.

Автобетононасос с гидравлическим приводом СБ-126 предназначен для подачи приготовленной смеси к месту укладки с помощью стрелы или инвентарного бетоновода. Производительность автобетононасоса 5 ... 65 муч; вместимость загрузочного бункера 0,7 м³; радиус действия стрелы 18 м; угол поворота стрелы 360°; диаметр бетоновода 125 мм; масса технологического оборудования 8000 кг, снаряженного автобетононасоса 16 000 кг; базовая модель автомобиля КамАЗ-53213.

Для транспортирования строительных растворов по резиновым шлангам или металлическим трубам к месту работ широкое применение нашли растворонасосы СО-29Б, СО-30Б, СО-10 и установки СО-48Б, СО-49Б и СО-50. Они имеют производительность 2, 4, 6 м³/ч; дальность подачи по горизонтали 100, 160 и 200 м, по вертикали 20, 35 и 40 м; рабочее давление до 1,5 МПа; масса 195, 254 и 400 кг. Растворонасосы укомплектованы реле давления для защиты в случае его повышения и для дистанционного управления.

Эксплуатационные характеристики установок аналогичны характеристикам растворонасосов.

ГЛАВА 12

Машины и оборудование для правки, резки и гибки стержневой арматуры и арматурных сеток

12.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ. ВИДЫ АРМАТУРНЫХ СТАЛЕЙ И ИЗДЕЛИЙ

Производство железобетонных изделий и конструкций связано с переработкой и применением большого количества арматурной стали. Арматурные изделия изготовляют как в арматурных цехах заводов железобетонных изделий и конструкций, так и на специальных арматурных заводах. В производстве арматуры принято выделять оборудование и линии, которые постоянно участвуют в технологическом процессе, а также машины и линии специального назначения. К первым относятся: правильно-отрезные станки для заготовки мерных прутков стержневой арматуры; линии для заготовки стержневой арматуры; машины и оборудование для изготовления сварных сеток; станки для гибки сеток; установки для сборки пространственных арматурных каркасов и др. Ко второму типу—машины для чистки и упрочнения арматуры и для изготовления арматурных каркасов труб; линии для производства закладных деталей и др. В отдельных случаях применяют индивидуальные виды оборудования.

Производство арматуры характеризуется технической оснащенностью арматурных цехов и заводов. Поэтому разработка и создание нового оборудования для производства арматуры должны идти по пути повышения степени механизации и автоматизации, разработки гибких технологий, повышения производительности и надежности, улучшения технико-экономических и эргономических показателей и применения микропроцессорной техники. Параметры разрабатываемых машин должны быть согласованы с техническими характеристиками арматурных изделий.

Для изготовления арматурных изделий используется сталь различных видов и назначения: стержневая арматурная сталь классов А-1., А-У диаметром б... 40 мм; термически упрочненная сталь классов Ат-1У.. Ат-УП диаметром 10...40 мм; холодно-отянутая низкоуглеродистая сталь круглого (В-1) и периодического (Вр-1) профиля; высокопрочная проволока ВП и ВрП; прядевая арматура и стальные канаты.

На рис. 12.1 показаны различные виды арматурных изделий. Арматурная сталь класса А-1 имеет круглую гладкую поверхность, а сталь остальных классов — поверхность периодического профиля. Сталь периодического профиля представляет собой стержни с двумя продольными ребрами и поперечными выступами, идущими по трехзаходной винтовой линии. Сталь класса А-П имеет выступы, идущие по винтовым линиям с одинаковым захо-

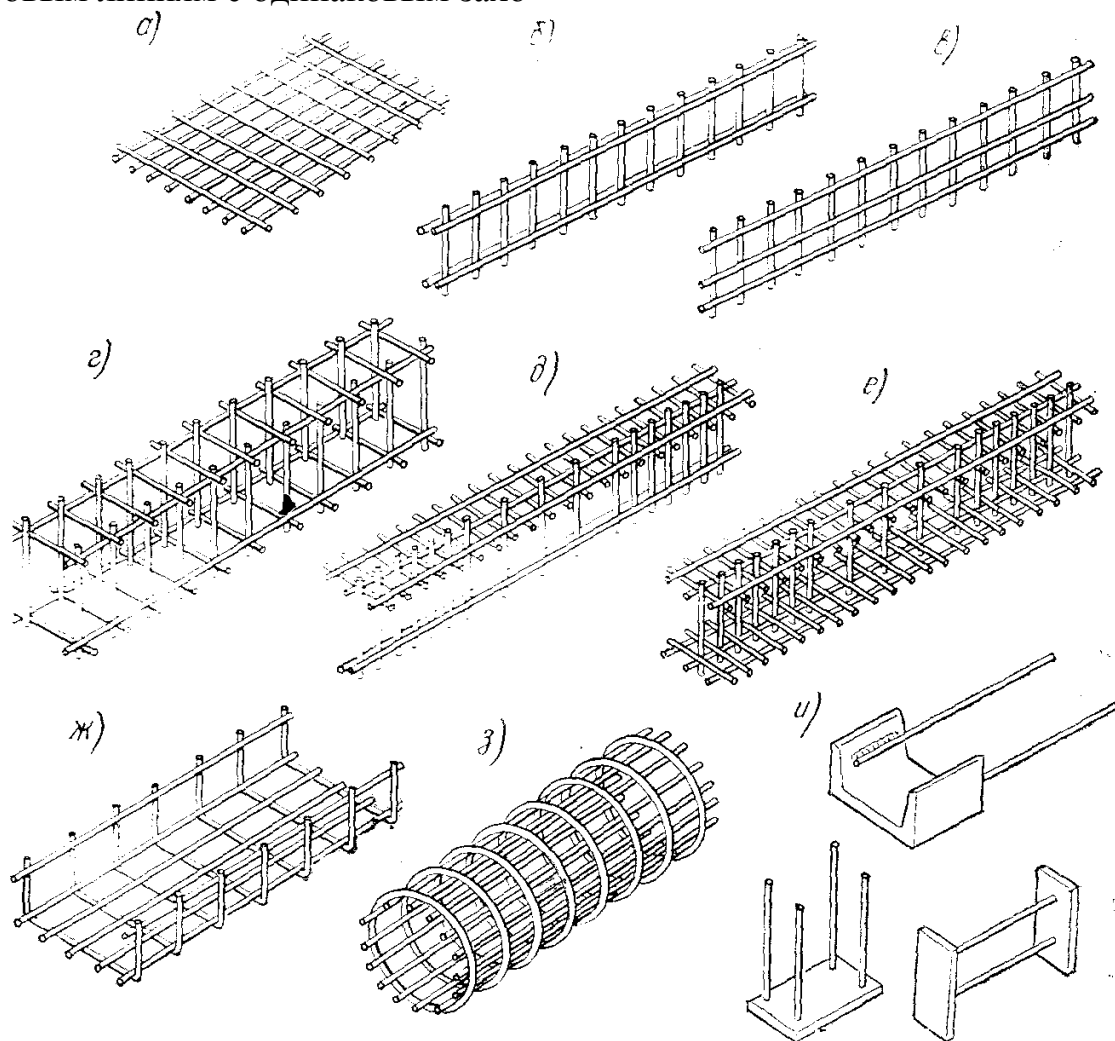


Рис. 12.1. Основные виды арматурных изделий:

а — плоская сетка; б, в — плоские каркасы; г, д, е — пространственные каркасы; ж — гнутая сетка; з — каркас железобетонной трубы; и. — закладные детали

дом по обеим сторонам стержня, а сталь классов А-III, А-V, Ат-IV и Ат-VII—выступы, идущие по винтовым линиям, имеющим с одной стороны правый, а с другой—левый заходы. Сталь классов А-I и А-II диаметром до 14 мм и классов А-III диаметром до 10 мм включительно поставляется на заводы железобетонных изделий в мотках (бухтах) или прутках, а больших диаметров— в прутках. Стержни поставляются длиной до 6... 12 м немерной и мерной длины, а также мерной длины с остатками стержней длиной не менее 2 м. Термически упрочненная арматурная сталь поставляется длиной 5,3... 13,5 м. Прутки арматурной стали поставляются в связках (пакетах) массой до 15 т. Горячекатаная сталь в мотках поставляется массой до 100 кг.

Концы стержней из стали различных классов окрашивают красками: Ат-IIIС— белой и синей; А-IV—красной; Ат-IVС—белой и желтой; Ат-IVК— зеленой; АV—красной и зеленой;

Ат-V—синей; Ат-IVК—белой и зеленой; А-VI—красной и синей;

Ат-VI—желтой; Ат-VIK—зеленой и черной.

Сталь классов А-I...А-IV, В-I, Вр-I применяют преимущественно для ненапрягаемой арматуры, а сталь остальных классов и канаты — напрягаемой.

Проволока классов В-I, Вр-I, ВЗП и ВрП поставляется в мотках массой 20...100 и 500...1500 кг. Мотки проволоки классов ВЦ и ВрП имеют внутренние диаметры 1200, 2000 и 2500 мм.

12.2. КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ АРМАТУРНОГО ЦЕХА

Производство арматурных изделий в арматурных цехах заводов организовано в основном по агрегатно-поточной технологии с частичным использованием конвейерного способа на отдельных участках (линиях), например на линиях по изготовлению сварных арматурных сеток. Степень механизации и автоматизации зависит от номенклатуры арматурных изделий, сложности и объема их производства, типа применяемого оборудования и технико-экономических показателей производства. На рис. 12.2 показана схема компоновки оборудования арматурного цеха завода ЖБИ.

При изготовлении ненапрягаемой арматуры технологический процесс складывается из следующих операций, выполняемых в определенной последовательности с использованием соответствующего оборудования: разгрузки, складирования и хранения арматурной стали в закрытых складах, оснащенных мостовыми кранами; резания стали по длине на правильно-отрезных станках и на ножницах; стыковой сварки на стыкосварочных машинах; гибки стержневой арматуры на универсальных гибочных станках; сварки арматурных плоских сеток и много- или одноточечных сварочных машинах; гибки сеток на гибочных машинах; сборки и сварки объемных арматурных каркасов в кондукторах на сборочно-сварочных установках; комплектации и хранения арматурных изделий в контейнерах; транспортирования арматурных изделий

в формовочные цеха с помощью мостовых кранов, кран-балок, консольных кранов, роликовых контейнеров, передаточных тележек, электрокаров или специальных контейнеров; изготовления сварных закладных деталей с помощью пресс-ножниц, прессов, сверлильных и гибочных станков; дуговой сварки, пескоструйных аппаратов и установок противокоррозионного покрытия алюминием или цинком. Покрытие наносят горячим напылением или гальваническим способом.

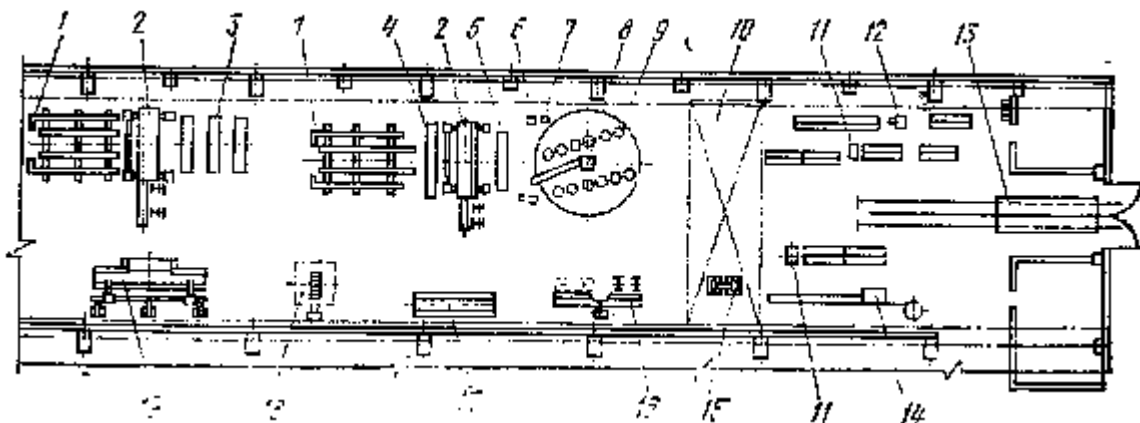


Рис. 12.2. Схема компоновки оборудования арматурного цеха завода ЖБИ:

- 1 — пакетирующий; 2 — многоточечная сварочная машина; 3 — стол; 4 — ножницы для поперечной резки сеток; 5 — правильно-отрезной станок; 6, 12 — стыковочная машина; 7 — электроточило для зачистки грата; 8 — консольный кран для установки мотков; 9 — бухтодержатели; 10 — мостовой кран; 11 — станок для резки прутков; 13 — самоходная тележка; 14 — правильно-отрезной станок; 13 — станок для гибки арматурных стержней; 16 — одноточечная сварочная машина; 17 — машина для гибки арматурных сеток; 18, 19 — соответственно горизонтальная и вертикальная установки для сборки арматурных каркасов

При заготовке напрягаемой арматуры первые три операции совпадают с операциями изготовления ненапряженной арматуры. Однако сталь из мотков, как правило, перерабатывается не на правильно-отрезных станках, а на специальных линиях, обеспечивающих заданную точность по длине прутков. Остальные операции следующие: высадка анкерных головок или изготовление анкеров других; натяжение арматуры с помощью электро-агрета или гидродомкратов; отрезка концов арматуры после твердения бетона с помощью газорезки или машин с вращающимися дисками. В некоторых случаях для повышения механической характеристики стали ее упрочняют вытяжкой на специальных линиях, оснащенных гидродомкратами или специальными машинами. При разработке технологической схемы изготовления арматурных изделий в арматурном цехе завода необходимо учитывать поточность производства отдельных видов рабочих операций и по возможности не допускать встречных потоков. Наибольшее распространение получили арматурные цехи мощностью 1 ... 3 тыс. т арматуры в год, которые оснащаются линиями и станками, позволяющими механизировать все основные процессы изготовления арматурных изделий.

Правильно-отрезные станки предназначены для заготовки прутков различной длины из мотков арматурной стали. Они выполняются по следующим конструктивным схемам: с непрерывной подачей арматуры и резанием вращающимися ножами; с подачей арматуры до упора и резанием гильотинными ножами; с непрерывной

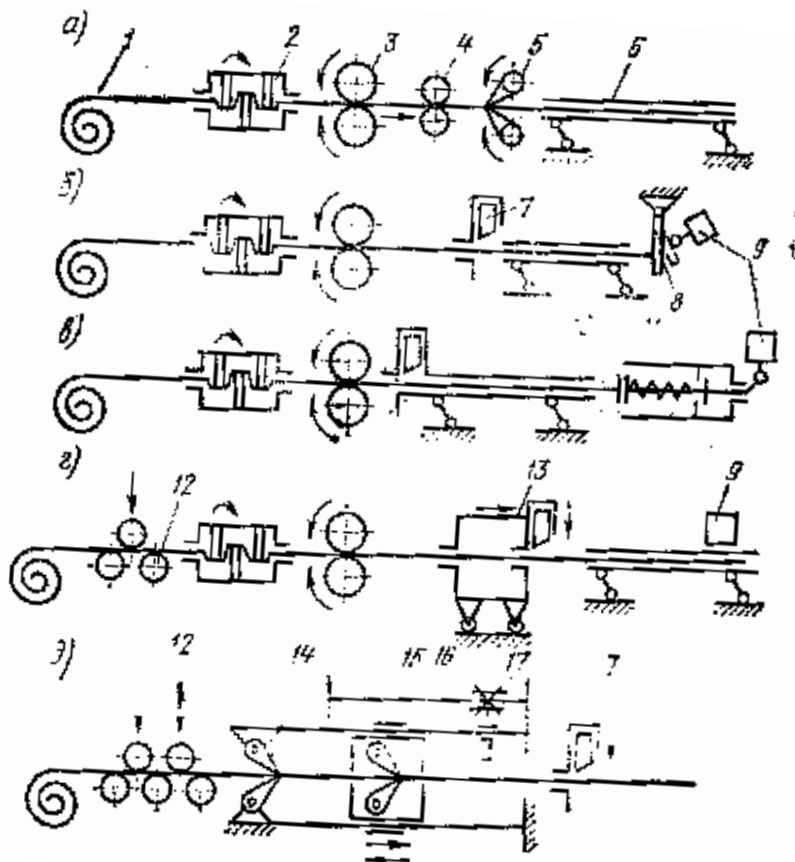


Рис. 12.3. Схемы правильно-отрезных станков:

а — с непрерывной подачей арматуры и резанием вращающимися (дисковыми) ножами; б. а — с подачей арматуры до упора и резанием гильотинными ножами; в — с непрерывной подачей арматуры и резанием летучими ножами, г — с циклической подачей арматуры в резанием гильотинными ножами

подачей арматуры и резанием летучими ножами; с циклической подачей арматуры без упора и резанием наклонными (гильотинными) ножами.

Правильно-отрезные станки (рис. 12.3) состоят из размоточного устройства, на котором размещается моток арматуры; устройства, подающего арматуру; правильного механизма; устройства для приема подаваемой выправленной арматуры; механизмов отмеривания требуемой длины, резки и сброса отрезанного прутка из приемного устройства, а также приводов и пусковой аппаратуры.

которую устанавливается моток /. Вертушка может иметь вертикальную или горизонтальную оси вращения. Подающие устройства представляют собой роликовые 3, эксцентриковые 15 и цанговые механизмы. Эксцентриковые и цанговые механизмы обычно применяют в станках с циклической подачей арматуры в одном направлении кареткой 16 до упора 17. При движении подвижных эксцентриков или цанг в обратном направлении арматура не подается назад благодаря разжатию их зажимов и работе неподвижных зажимов 14 противоположного действия.

Для правки стали применяются многороликовый 12, барабанный 2 или комбинированный механизмы. Пруток стали подвергается многократному изгибу во всех плоскостях, проходя между кулачками. Выправленная арматура подается в приемное устройство 6, представляющее собой закрытый направляющий желоб или открытый сверху канал, предотвращающий ее прогиб.

В роликовом отмеривающем механизме 4 длина прутка отмеривается по числу поворотов измерительного ролика, который, вращается подаваемым стержнем, прижимаемым подвижным роликом, В конечном механизме подача арматуры прекращается, когда арматура достигнет его упора. Применяются шомпольные 11 и флажковые 8 механизмы. В шомпольном механизме отмеривающим элементом является шомпол 10, располагаемый в желобе приемного устройства и соединенный с конечным выключателем 9. Шомпол переставляется по приемному устройству, задавая длину прутка. Флажковый отмеривающий механизм представляет собой флажок, поворачивающийся вокруг оси под действием подаваемой арматуры.

Механизм реза бывает трех видов: с вращающимися 5, гильотинными 7 и с летучими гильотинными 13 ножами (ножами сопровождения). Механизм реза с вращающимися ножами представляет собой два диска с закрепленными на них ножами. Механизм реза с вращающимися ножами состоит из неподвижного втулочного ножа, в отверстие которого вставляется арматура, и приводного рычажного качающегося или прямолинейно перемещающегося ножа. В механизме с летучими ножами подвижный и неподвижный ножи расположены на каретке, которая в момент реза перемещается со скоростью, равной скорости арматуры.

Механизм сброса отрезанного прутка представляет собой поворотную планку, которая открывает желоб или выталкивает пруток из канала приемного устройства.

Одним из основных требований к работе правильно-отрезных станков является обеспечение точности по длине заготавливаемых прутков. Согласно техническим требованиям, размеры арматурных изделий, например, для плит, панелей, настилов могут колебаться в пределах от +5 до —10 мм. Длина прутков арматурных

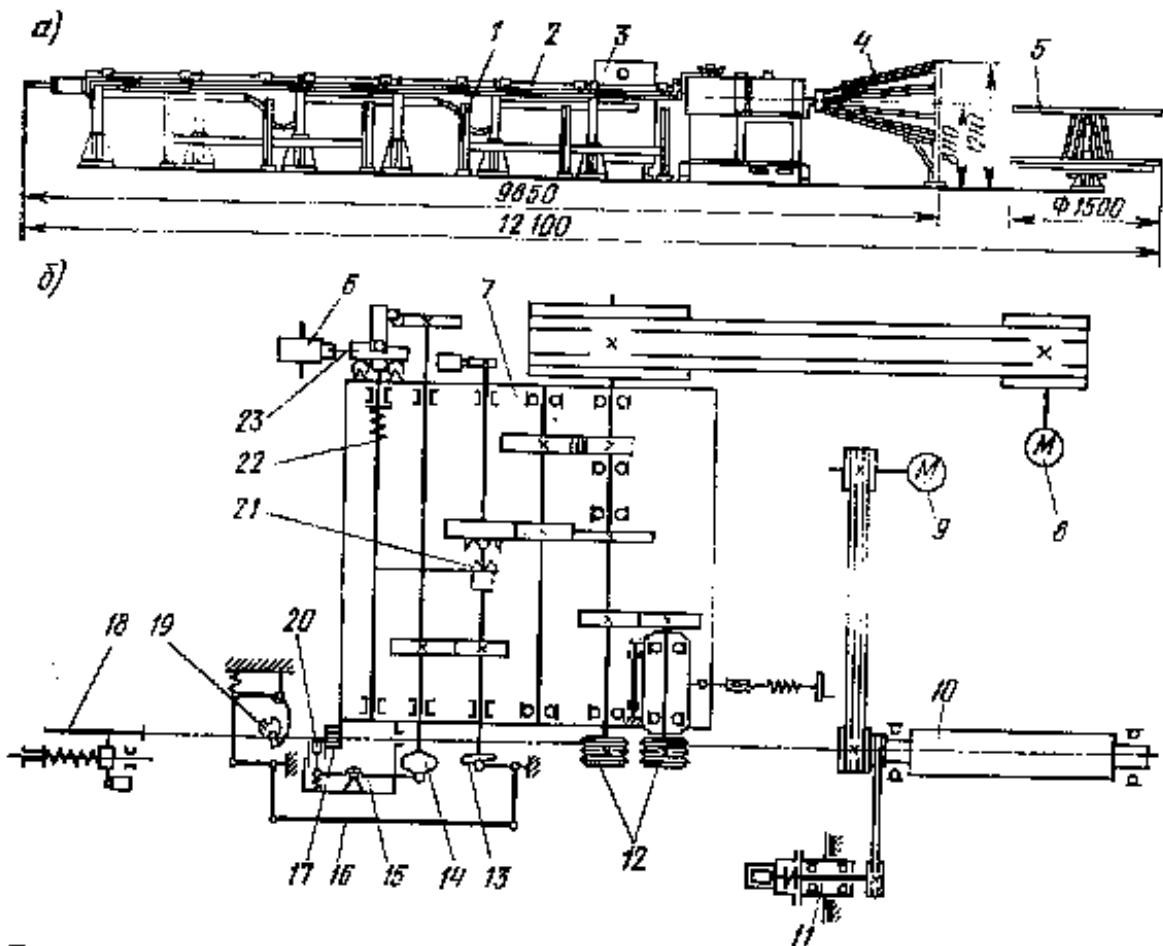


Рис. 12.4. Общий вид (а) и кинематическая схема (б) правильно-отрезанного станка СМЖ-357

изделий колеблется от $+2(3)$ до $-3(5)$ мм. Допускается отклонение от прямолинейности прутка 1...4 мм на длине 6 м.

Широкое распространение получил правильно-отрезной станок СМЖ-357 (рис. 12,4а).

Станок комплектуется размоточным устройством (бухтодержателем) 5, рассчитанным на установку мотков арматурной стали диаметром до 1500 мм, и электрошкафом 3. Приемно-подающее устройство 2 и лоток 1 могут собираться из секций длиной 2 м. С размоточного устройства арматурная сталь подается в станок через ограждение 4 для обеспечения безопасности работы. Привод станка (рис. 12.4,б) осуществляется от двух электродвигателей. Двухскоростной электродвигатель 8 через клиноременную передачу и редуктор 7 приводит во вращение тянущие ролики 12, кулачок 14, взаимодействующий с механизмом реза, и кулачок 13, воздействующий на рычажную систему 16 поворота вала с рейкой приемно-подающего устройства 19.

При нажатии концом арматурного стержня, подаваемого роликами 12 на шомпол 18, срабатывает конечный выключатель

отмеривающего механизма, подающий сигнал на включение электромагнитом 6 механизма реза. За время срабатывания механизма реза шомпол доходит до жесткого упора отмеривающего механизма и останавливается вместе с арматурой.

Электромагнит 6 механизма реза выдергивает клин 23 тяги 22, которая, перемещаясь вместе с полумуфтой 21, включает ножевые валы. Полный цикл обрезки происходит за половину оборота ножевых валов, после чего они останавливаются в исходном положении механизмом фиксации. В момент реза кулачок 14, поворачиваясь, нажимает на рычаг 15 с ножом 20, который перерезает арматурный прут, проходящий через втулочный неподвижный нож 17. Кулачок 13 через рычажную систему 14 с некоторым запаздыванием поворачивает вал приемно-выдающего устройства. При этом его рейка сдвигается, открывая канал приемно-выдающего устройства 19, и отрезанный прут падает. В момент фиксации ножевых валов механизмы открывания канала приемно-выдающего устройства и шомпол возвращаются в исходное положение под действием пружин.

Двухскоростной электродвигатель 9 через клиноременную передачу вращает правильный барабан 10, соединенный второй клиноременной передачей с механизмом, имеющим реле торможения 11, противотоком, обеспечивающим быструю остановку барабана при отключении электродвигателя 9 с пульта управления. Каждый подающий ролик выполнен с двумя канавками для арматуры различных диаметров. По мере изнашивания роликов канавки растачивают для подачи арматурных стержней большего диаметра. Верхний ролик поджимается к нижнему пружиной, чем регулируется усилие зажатия арматуры. В направляющей приемно-сбрасывающего устройства выполнены две канавки различной ширины для приема арматурной проволоки диаметром 4 ... 6 мм и выше. Перестройка направляющей на требуемый канал осуществляется поворотом ее на 180° и фиксацией стопорными винтами. При настройке механизма реза меняют неподвижный втулочный нож: для проволоки диаметром 4...6 мм используется нож с внутренним отверстием 8 мм, а для проволоки диаметром более 6 мм—нож с отверстием 11,5 мм. Зазор между ножами должен быть в пределах 0,05... 0,15 мм для арматурной проволоки диаметром до 6 мм и 0,1... 0,3 мм—для проволоки диаметром более 6 мм.

Правильный барабан (рис. 12.5) станка СМЖ.-357 представляет собой полый вал, вращающийся в подшипниках от клиноременной передачи. На концах барабана по оси установлены регулируемые фильеры, изготавливаемые из износостойкой стали или сплава. Стаканы с фильерами при настройке барабана смещаются в радиальном направлении с помощью рычагов, валиков и регулировочного винта. Величина смещения фильер зависит от диаметра и марки арматурной стали. Так, для гладкой арматур-

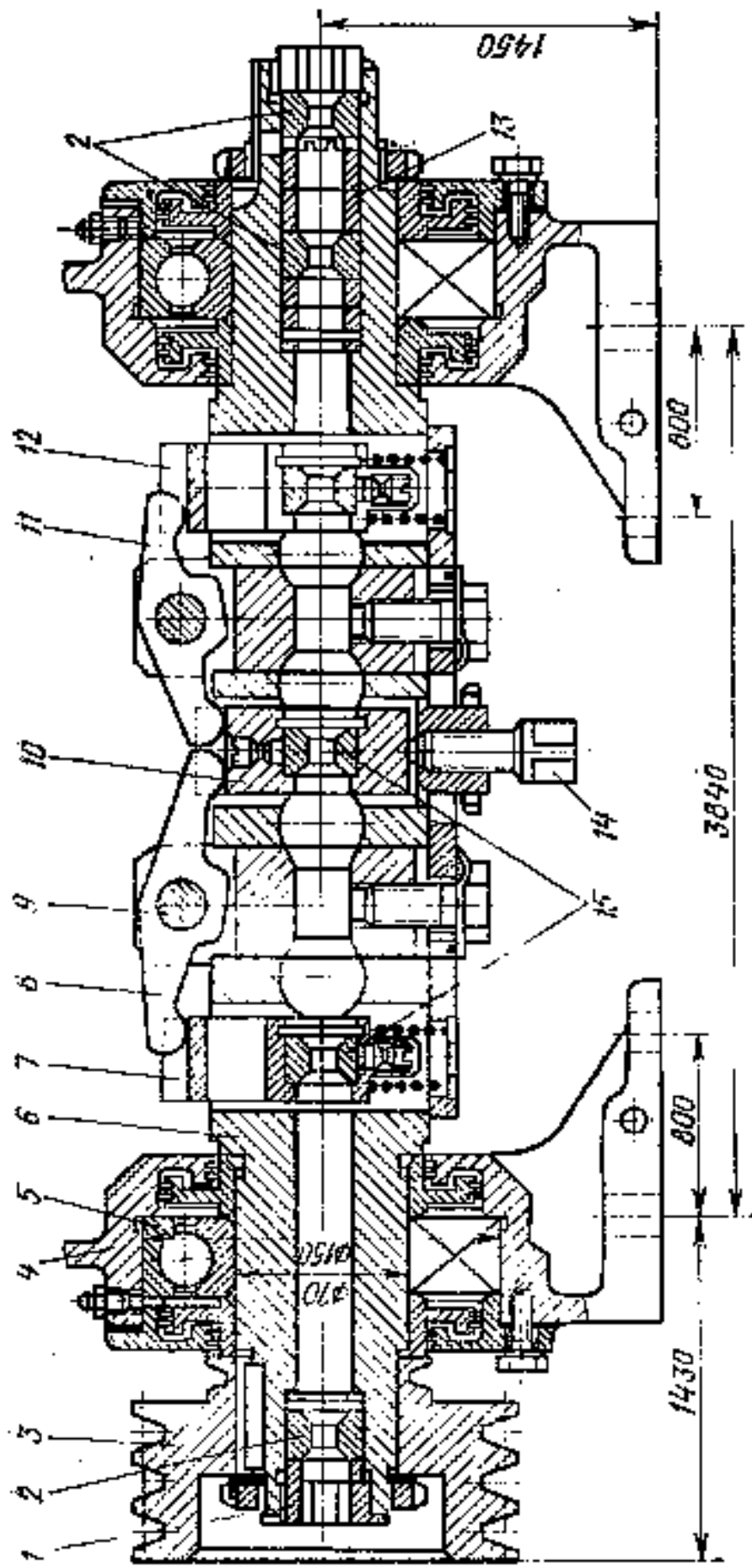


Рис. 12.5. Правильный барабан станка СМЖ-357:

1 — гайка; 2, 15 — неподвижные и регулируемые фильеры; 3 — шквал; 4 — корпус подшипника; 5 — подшипник; 6 — подшипник; 6 — подшипник; 7, 10, 12 — стаканы для регулируемого фильера; 8, 11 — рычаги; 9 — шпилька; 13 — втулка; 14 — винт

ной проволоки диаметром 4 мм прогиб составляет 12 мм, а для гладкой арматурной стали диаметром 6 ... 7 мм и стали периодического профиля— прогиб 9 мм.

Станки И-6118, СМЖ-357 и И-6022А составляют группу машин, обеспечивающих заготовку арматурных прутков всех необходимых диаметров и длин. Станок И-6022А отличается повышенной жесткостью. Он снабжен толкающими и тянущими роликами, расположенными соответственно перед правильным барабаном и после него. Верхние ролики поджимают через пружины поворотными рычагами с эксцентриками. На станке И-6118 можно производить заготовку коротких прутков длиной 100 мм и более. Однако в этом случае снижается ресурс работы электромагнита и конечного выключателя реза. Станок СМЖ-588 изготавливается в двух исполнениях—для заготовки арматурных стержней диаметром 4...8 и 6... 12 мм.

Кроме перечисленных серийно выпускаемых станков применяют также специальные станки (например, СМЖ-192), изготавливаемые небольшими партиями для заготовки коротких арматурных прутков,

Станки с подачей арматуры до упора и резанием гильотинными ножами получили наибольшее распространение, так как обеспечивают изготовление прутков с заданной точностью. Точность прутка по длине обеспечивается благодаря тому, что арматура подается в закрытом канале приемного устройства и резание происходит в тот момент, когда конец прутка, пройдя конечный выключатель, упирается в жесткий упор. Недостатком данной схемы является некоторое повреждение поверхности арматуры кулачками вращающегося барабана во время ее останова, а также снижение производительности из-за периодического прекращения подачи на время резания.

Станки с непрерывной подачей арматуры и резанием летучими ножами позволяют получать наибольшую производительность в результате повышенной скорости подачи арматуры и отсутствия ее останова для резания. Однако их конструкция является довольно сложной. Поэтому такие станки целесообразно применять при централизованном производстве больших объемов арматуры.

Станки с циклической подачей арматуры без упора и резанием гильотинными ножами (станки с кривошипно-шатунным или пневматическим механизмами подачи) используются для заготовки коротких арматурных прутков. Они не имеют конечного выключателя и электромагнита в механизме реза. Недостатком этих станков является их сравнительно небольшая производительность.

Теоретическая (конструктивная) производительность (т/ч) правильно-отрезных станков

$$\dot{I} = 3.6qv_i k_e$$

где q —масса 1 м длины арматуры заданного (расчетного) диаметра, кг; $v_{\text{п}}$ — скорость подачи, м/с; $k_{\text{к}}$ —коэффициент, учитывающий конструктивные особенности станка; $k_{\text{к}}=n_{\text{р}}(n_{\text{р}}+n_{\text{рез}})$; $n_{\text{рез}}$ —частота вращения подающих роликов за время остановки арматуры при резании, с^{-1} ; $n_{\text{рез}}=n_{\text{р}}t_{\text{рез}}$; $t_{\text{рез}}$ —время остановки арматуры при резании, с. Для станков с резанием арматуры без остановки или со снижением скорости подачи арматуры $n_{\text{рез}}=0$ и $k_{\text{к}}=1$.

Техническая производительность станков (т/ч) определяется с учетом затрат времени на установку мотка на размоточное устройство, на заправку конца арматуры в правильный барабан и механизм подачи и на наладку механизмов в зависимости от диаметра и длины заготавливаемых прутков по формуле

$$\Pi_{\text{т}}=3,6m_{\text{м}}/t_{\text{м}}$$

где $m_{\text{м}}$ —масса мотка, кг; $t_{\text{м}}$ —время переработки одного мотка арматуры расчетного диаметра, с.

$$t_{\text{м}}=t_{\text{п}}+t_{\text{у}}+t_{\text{д}}+t_{\text{л}}k_{\text{н}}+t_0,$$

где $t_{\text{п}}$ —время подачи арматуры, $t_i = m_i / (v_i g k_e)$, с; $t_{\text{у}}$, $t_{\text{д}}$, $t_{\text{л}}$ —время соответственно на установку нового мотка, наладку станка по диаметру арматуры и по длине отрезаемых прутков, с; $t_{\text{у}}=90 \dots 360$, $t_{\text{д}}=120 \dots 240$; $t_{\text{л}}=60 \dots 120$; t_0 —время на установку подачи арматуры в процессе переработки одного мотка арматуры на прутки длиной $l_{\text{ном}}$, с; $k_{\text{н}}$ — число наладок станка в течение 1 ч по длине заготавливаемых прутков.

Эксплуатационная часовая производительность (т/ч) станков определяется с учетом внутрисменных организационных перерывов—остановок для замены кулачков барабана, изменения режимов работы, технического осмотра, устранения неисправностей, чистки и смазки механизмов, для уборки и др.:

$$\Pi_{\text{ч}}=k_3\Pi_{\text{т}},$$

где k_3 —коэффициент, учитывающий потери времени на внутрисменные организационные перерывы, $k_3=0,7 \dots 0,9$.

Эксплуатационная годовая производительность (т/год) станков рассчитывается исходя из годового фонда времени $t_{\text{г}}$ и коэффициента использования оборудования по времени $K_{\text{в}}$ в течение года по формуле

$$\Pi_{\text{г}}=t_{\text{г}}K_{\text{в}}\Pi_{\text{ч}}$$

Более полное использование рабочего времени достигается при большей массе мотков арматуры, уменьшении времени переналадок станка и времени его простоев из-за поломок. Для уменьшения времени переналадок станка при большой номенклатуре заготавливаемых прутков целесообразно обслуживать одним рабочим несколько станков, каждый из которых налажен на определенный вид арматуры.

заданного годового объема Π_3 арматуры

$$z_{ст} = \Pi_3 / (\Pi_r K_{п}),$$

где $K_{п}$ — понижающий коэффициент, учитывающий потери времени по непредвиденным обстоятельствам, $K_{п} = 0,85 \dots 0,95$.

По данным исследований А. С. Квартенко, основные параметры станков имеют следующие значения. Диаметр подающих роликов $D_{под} = (10 \dots 15) d_{max}$, где d_{max} — наибольший диаметр арматурной стали. Число пар подающих роликов зависит от необходимого усилия подачи, при котором во избежание повреждения поверхности арматуры контактные напряжения между роликами и арматурой не должны превышать $(2 \dots 3) \sigma_t$. Обычно в станках для переработки арматуры диаметром 8... 10 мм принимают одну или две пары подающих роликов ($z_{пр} = 1 \dots 2$). При переработке арматуры диаметром 11... 16 мм — две пары ($z_{пр} = 2$), с расположением одной пары перед правильным барабаном, а другой — после него. При применении более одной пары подающих роликов затруднена синхронная подача арматуры из-за неравномерного изнашивания роликов и возможного поворота прутка вокруг своей оси (особенно при правке стали периодического профиля). Диаметр роликов D_p правильного барабана $D_p = (7 \dots 8,5) d_{max}$. Шаг роликов $t_p = (1,1 \dots 1,2) D_p = (8 \dots 10) d_{max}$. Наименьший диаметр арматурной стали $d_{min} = (0,35 \dots 0,4) d_{max}$. Число роликов в каждой плоскости правки равно 5 или 7. Два ряда роликов располагаются взаимно перпендикулярно, что позволяет править проволоку в двух плоскостях.

Наибольшее применение на практике получили барабанные правильные механизмы. Они позволяют получать прутки с местным прогибом 0,5...2 мм. В качестве нажимных деталей в них чаще применяют кольцевые кулачки (фильеры), положение которых относительно оси барабана фиксируется винтами. Правильные барабаны с роликами более сложны в изготовлении, создают значительный шум при работе, поэтому имеют ограниченное применение.

Число кулачков колеблется от 3 до 10 и чаще составляет 5. Больше число кулачков целесообразно для правки арматуры малого диаметра с высоким пределом текучести стали и при скорости подачи более 100 м/мин. Меньшее число кулачков сокращает размеры барабана, улучшает условия его балансировки и уменьшает мощность привода.

Шаг кулачков t_k принимают в зависимости от максимального диаметра арматуры d_{max} т.е. $t_k = (9 \dots 10) d_{max}$. Минимальный диаметр арматуры $d_{min} = (0,35 \dots 0,4) d_{max}$.

$$v_{i\dot{a}} = \pi D_{i\dot{a}} n_{\delta} k_{\dot{n}\dot{e}},$$

где D_{nod} —диаметр подающих роликов, м; n_p —частота вращения подающих роликов, c^{-1} ; k_{ck} —коэффициент проскальзывания арматуры относительно роликов; $k_{ck}=0,95 \dots 0,98$. Усилие подачи арматуры (Н)

$$P_{под} = P_p + P_c,$$

где P_p —усилие, затрачиваемое на преодоление сопротивления размотыванию арматуры из мотка, Н; P_c —усилие, затрачиваемое на преодоление сопротивления протягиванию арматуры через кулачки барабана, Н.

$$P_p = P_{и} + P_c + P_{тр} + P_{торм}$$

где $P_{и}$ —усилие, необходимое для изгиба арматуры; P_c —усилие, затрачиваемое на преодоление сопротивления от сжатия сматываемого витка арматуры в мотке; $P_{тр}$ —усилие, затрачиваемое на преодоление сопротивления от трения в опорах размоточного устройства; $P_{торм}$ —усилие, создаваемое тормозом размоточного устройства.

$$D_{\sigma} = 3,4 \cdot 10^9 W \sigma_{\dot{a}} / D_{\dot{a}},$$

где W —статический момент сечения арматурной проволоки, $м^3$; $\sigma_{в}$ —временное сопротивление арматурной стали, МПа; $D_{м}$ —внутренний диаметр мотка, м.

$$D_{\dot{n}} = 2G_{\dot{m}} \mu k_{\dot{m}},$$

где $G_{м}$ —сила тяжести мотка, Н; μ —коэффициент трения между витками арматурной проволоки, $\mu=0,2 \dots 0,3$; $k_{м}$ —коэффициент, учитывающий силу тяжести мотка, приходящуюся на сматываемый виток арматуры, $k_{м}=0,5$.

Усилие $P_{тр}$ в силу малой величины часто в расчетах не учитывают. Усилие $P_{торм}$ создаваемое тормозом, должно предотвращать самопроизвольное сматывание арматуры с мотка при изменении частоты вращения размоточного устройства вследствие перехода сматываемого витка с большего диаметра на меньший. Это усилие должно быть равно динамическому усилию при разгоне размоточного устройства за время, равное приблизительно 1 с.

Усилие (Н), затрачиваемое на преодоление сопротивления: протягиванию арматуры через кулачки барабана (рис. 12.6),

$$P_{\dot{a}} = P_p + \mu \sum_{i=1}^m P_i \cos \beta_i$$

где μ —коэффициент трения между арматурой и кулачком; $\mu=0,3$; m — количество нажимных кулачков; i —номер кулачка; P_i — усилие, с которым i -й кулачок преодолевает сопротивление арматуры изгибу; β_i — угол наклона i -й кривой контакта арматуры на кулачках.

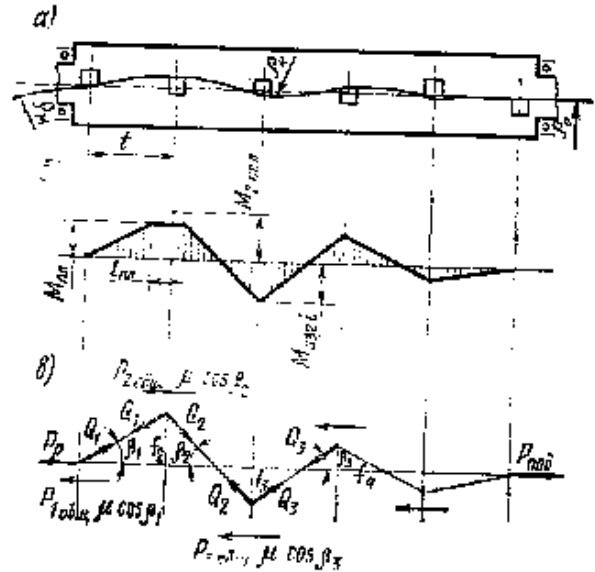
Усилие (Н) на кулачках определяют, исходя из условий, что изгибающий момент $M_{изг}$ (Н-м), действующий в данном сечении, равен сумме моментов всех сил относительно этого сечения по формуле

$$P_i = M_{изг} i / t_k,$$

где t_k — шаг между кулачками, м.

Рис. 12.6

a — изгиб проволоки в правильном барабане; *б* — эпюра изгибающих моментов; *в* — схема действующих сил и прогибов проволоки; $M_{пл}$ — момент, учитывающий пластическую деформацию; $i_{пл}$ — зона пластической деформации проволоки на кулачке



Условный изгибающий момент на втором нажимном кулачке, где арматуре сообщается наибольший прогиб, рассчитывается по формуле

$$M_{изг(i+1)} = M_{2усл} = 0,01 \sigma_T W t_k / (t_k - 2000 v_{под} / 3n_б),$$

где W —момент сопротивления сечения арматурной проволоки, $мм^3$; d —диаметр проволоки, $мм$; $\sigma_{под}$ —скорость подачи арматуры, $м/мин$; $n_б$ —частота вращения барабана, $мин^{-1}$.

Оптимальная частота вращения барабана ($мин^{-1}$) зависит от скорости подачи арматурной проволоки и определяется как

$$n_б = \frac{v_{под} t_k \sigma_0}{9Ad} 10^3$$

где $\sigma_{под}$ —скорость подачи, $м/мин$; t_k —шаг кулачков, $мм$; σ_m —предел текучести стали, $МПа$; E —модуль упругости (жесткости) стали, $МПа$; d —диаметр проволоки, $мм$.

$$M_{изг\ i} = M_{2ycl} f_i / f_{2min},$$

где f_i —прогиб арматуры на i -м нажимном кулачке; f_{2min} —наименьший прогиб арматуры максимального диаметра на втором нажимном кулачке.

Принято считать, что прогибы арматуры на первом и последнем нажимных элементах равны нулю, так как они расположены по оси арматуры без смещения в радиальном направлении. Прогибы арматуры на остальных нажимных элементах различны. Например, при использовании правильного барабана с пятью нажимными элементами и шаге t_k между ними, равном 120 мм, оптимальный прогиб арматуры диаметром 12 мм на втором нажимном элементе будет около 1,4 мм, на третьем—0,9 мм, на четвертом—0,5 мм.

Кривую контакта арматуры с кулачками можно рассматривать как винтовую линию для случая, когда распределение пластических деформаций по длине стержня принимают минимально возможным при f_{2min} и равным t_k для угла наклона β_i контактной кривой i -го нажимного элемента к оси барабана (см. рис. 12.6).

Тогда

$$tg\ \beta_1 = \pi(2f_i + d)n_a / v_{i\hat{a}},$$

где f_i , d —соответственно прогиб и диаметр арматурной проволоки; n_o —частота вращения барабана, c^{-1} ; $v_{под}$ —скорость подачи=0,75 ... 0,85.

Углы наклона прогнутой арматуры на отдельных участках

$$tg\ \beta_i = (f_i + f_{i+1})t_{\hat{e}}$$

Из условия равновесия сил на нажимных элементах натяжение арматуры (H) на различных участках барабана

$$Q_i = (P_p + P_1 + \dots + P_{\hat{a}(i-1)} + P_{\hat{a}i}) / \cos\ \beta_i$$

Общее усилие на нажимных элементах правильного барабана

$$P_{\hat{a}i} = P_i + Q_{i-1} \sin\ \beta_{i-1} + Q_i \sin\ \beta_i$$

Определив $P_{общ}$ и углы β находят общее усилие подачи $P_{под}$ (H) арматуры через правильный барабан. Мощность привода подачи арматуры (кВт)

$$N_{i\hat{a}} = P_{i\hat{a}} v_{i\hat{a}} / (1000\eta),$$

где $v_{под}$ —скорость подачи, м/с; η —общий КПД привода, $\eta=0,75 \dots 0,85$.

Мощность привода вращения барабана (кВт)

$$N_{\hat{a}} = \dot{I}_{\hat{n}} 2\pi n_{\hat{a}} / (1000\eta),$$

где M_c — момент силы (крутящий момент) на валу правильного барабана; n_6 — частота вращения барабана, s^{-1} ; η — КПД привода барабана, $\eta = 0,75 \dots 0,85$.

Крутящий момент (Н-м)

$$M_c = \mu \sum_{i=1}^m P_{i \dot{a} i} f_i \sin \beta_i + \frac{\mu d}{2} \sum_{i=1}^m P_{i \dot{a} i} \sin \beta_i$$

где η — приведенный коэффициент трения, зависящий от формы контактной поверхности нажимных элементов. Для кольцевых фильер

$$\mu = \mu_1 / \sqrt{1 + \mu_1^2} \approx 0,288,$$

где μ — коэффициент трения арматуры по стали, $\mu_1 \approx 0,3$.

Наибольшее усилие (Н) резания арматуры

$$D_{\partial \max} = k \sigma_a S,$$

где k — коэффициент, учитывающий изменение усилия резания от предела прочности стальной арматуры, $k = 0,7 \dots 0,8$; σ_a — временное сопротивление стали, Па; S — площадь поперечного сечения арматуры, m^2 .

Мощность привода резательного механизма (кВт)

$$N_{\partial \dot{a} \zeta} = P_{p \max} v_{\partial \dot{a} \zeta} / (1000 \eta),$$

где $v_{\text{рез}}$ — скорость резания, м/с; η — КПД привода, $\eta = 0,75 \dots 0,85$.

В том случае, когда все механизмы станка приводятся от одного электродвигателя, мощность определяют с учетом момента инерции вращающихся масс всех механизмов станка. В этом случае

$$N_{\text{рез}} = (0,35 \dots 0,4)(N_6 + N_{\text{под}}).$$

При индивидуальном приводе механизма реза кинетическую энергию вращающихся масс необходимо учитывать, если быстро-вращающиеся части привода (электродвигатель, шкив и т. д.) вращаются постоянно, а ножи включаются муфтой только в момент резания арматуры.

12.4. СТАНКИ ДЛЯ РЕЗКИ АРМАТУРЫ

Станки для резки стержневой арматуры различаются между собой режущими органами, которые характеризуются длиной ножей и траекторией их движения. Стационарные станки изготавливаются с качающимися длинными (аллигаторными) или с более короткими ножами, или с ножами возвратно-поступательного действия, что позволяет одновременно резать заданное число арматурных прутков.

переносные и ручные механизированные ножницы.

Подвижный нож как стационарных, так и ручных ножниц может перемещаться пневматическим, гидравлическим, электромеханическим или комбинированным приводом. Привод ножниц в зависимости от его исполнения может обеспечивать как одиночные резы арматуры с остановкой подвижного ножа после каждого цикла реза и пуска вновь по команде оператора, так и непрерыв-

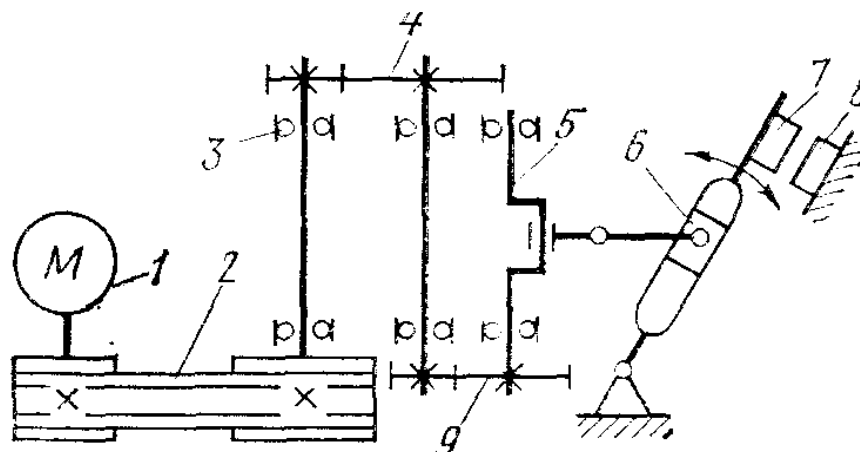


Рис. 12.7. Кинематическая схема станка СМЖ.-172А: 1 — электродвигатель; 2 — клиноременная передача; 3 — подшипниковые опоры; 4, 9—зубчатые передачи; 5—эксцентриковый вал; 6—кулиса; 7, 8 — подвижный и неподвижный ножи

ные движения подвижного ножа после подачи команды. Отдельные модели ножниц имеют комбинированный привод. В зависимости от назначения, диаметра и твердости арматурной стали и качества реза предъявляются соответствующие требования к станкам и их режущим элементам (ножам).

Для резки стержневой арматурной стали применяются преимущественно станки СМЖ-172Б(А), СМЖ-322А, СМЖ-133А и СМЖ-175А.

Станок СМЖ-172Б состоит из станины сваркой конструкции, кулисного механизма и привода. Неподвижный нож закреплен на станине. С противоположной подвижному ножу стороны на станине закреплен регулируемый упор для арматуры. Он состоит из двух рифленых планок, одна из которых неподвижно закреплена на станине, а вторая с прорезью и болтом может переставляться относительно первой. Станок приводится от асинхронного электродвигателя через клиноременную передачу, маховик, открытые зубчатые передачи и кулису с подвижным ножом. Работает станок только в непрерывно повторяющемся режиме. Качательные перемещения кулисы относительно оси совершаются вращающимся эксцентриковым валом и передаются через сухарь с плоскими опорными поверхностями. Ножи станка по мере их износа можно поворачивать, поочередно используя четыре рабочие кромки.

На рис. 12.7 показана кинематическая схема станка СМЖ-172А (Б).

Станок СМЖ-322А (рис. 12.8) по эксплуатационным данным наиболее эффективен. Он состоит из привода 1, корпуса 2, кулисного механизма 6 и механизма управления 7. Станина 2 выполнена из двух половин, соединенных между собой болтами. На ста-

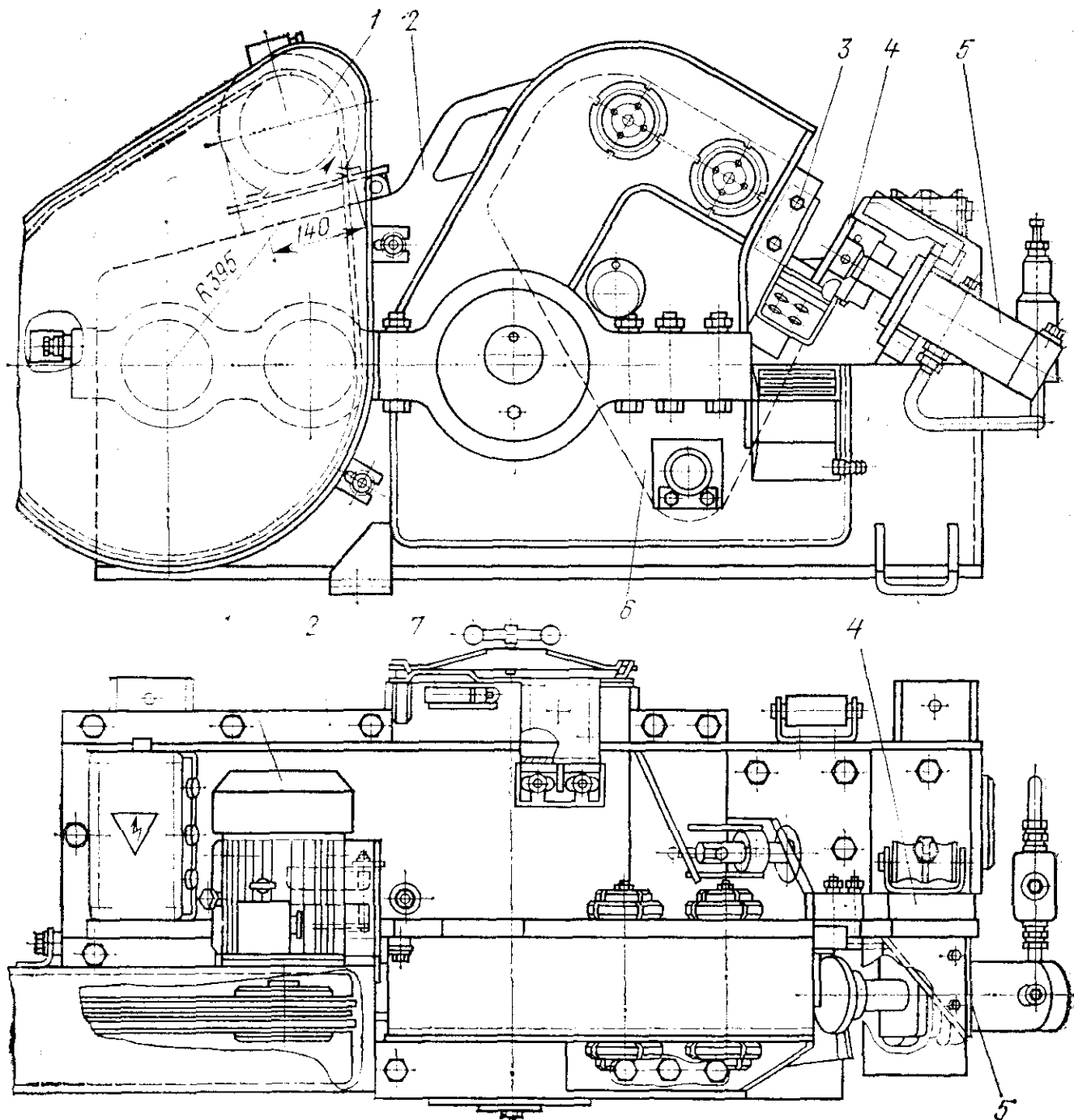
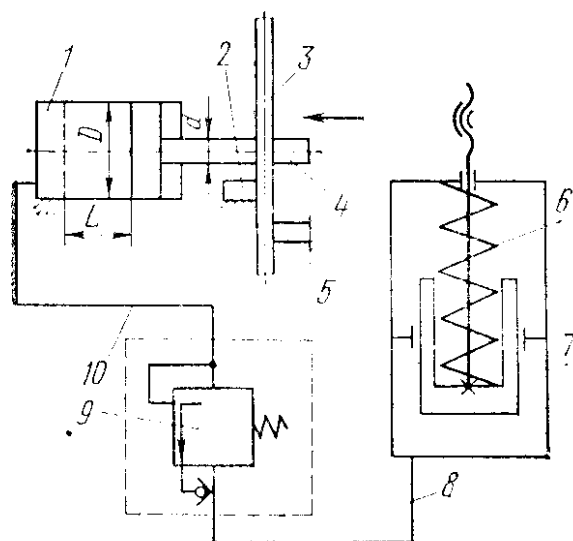


Рис. 12.8. Станок СМЖ-322А для резки арматурной стали

нине закреплен неподвижный нож 4 и механизм противодействия 5. Подвижный нож 3, закрепленный на кулисе 6, приводится в движение электродвигателем 1 через клиноременную передачу (ведомый шкив которой служит одновременно маховиком), зубчатые передачи, работающие в масляной ванне, и эксцентриковый вал с кулисой 6. Электродвигатель 1 установлен на плите, шарнирно закрепленной на корпусе с помощью винта для ее поворота при натяжении ремней. Все валы редуктора установлены на подшипниках качения. Кулиса состоит из собственно кулисы, шатуна, вкладышей и совершает качательные движения относительно пальца, закрепленного в нижней части станины, за счет вращения

эксцентрикового вала редуктора. Станок снабжен муфтой с поворотной шпонкой, благодаря чему он может работать в режиме непрерывных и одиночных резов (с остановкой после каждого реза). При необходимости получения реза повышенного качества на станке устанавливают ножи с полукруглой режущей кромкой. Для получения ровного реза (без отгиба конца, заусенцев и перпендикулярного его оси) предусмотрено второе исполнение станка с установкой механизма противодействия (рис. 12.9). Механизм



противодействия снабжен упором, закрепленным на штоке вспомогательного гидроцилиндра 1 и расположенным напротив подвижного 4 и неподвижного упора 5 рядом с неподвижным ножом 2. Задняя полость гидроцилиндра соединена трубопроводом 10 через напорный гидроклапан 9 с обратным клапаном ВГ66-14 и трубопроводом 8 с пружинным гидроаккумулятором 7. Пруток 3 разрезается с преодолением подпора, значение которого опытным путем устанавливают регулированием

гидроклапана. Поршень гидроцилиндра перемещается под давлением масла, выжимаемого из гидроаккумулятора пружиной 6, а подвижный нож—приводом станка.

Станок СМЖ-133А имеет гидравлический привод. Он удобен и надежен в эксплуатации в технологических линиях по мерному раскрою стержневой арматуры и безотходной сварке. На нем возможна резка квадратной и полосовой стали соответствующей характеристики и площади поперечного сечения. Гидросистема станка СМЖ-133А (рис. 12.10) включает в себя гидрораспределитель Р203, предохранительный клапан МКП-12-02, пластинчатый фильтр, гидроклапан давления 154-23 и манометр. Станок может работать в режиме одиночных и непрерывных резов. Для перевода станка с одного режима работы на другой служит переключатель, расположенный на панели управления рядом с кнопкой включения двигателя.

Станок СМЖ-175А состоит из рамы, рабочего цилиндра, гидропривода, механизма управления станком, кожуха для гидроаппаратуры, гидрозащитных кожухов и электрооборудования. Сварная рама, на которой установлены все узлы станка, крепится к фундаменту болтами. Рабочий цилиндр установлен в вертикальном положении. В верхней части корпуса закреплен неподвижный нож, держатель которого может посредством нажимной втулки перемещаться при переналадке в вертикальном направлении,

обеспечивая возможность резки прутков (14...80 мм).

Механизированные ручные ножницы СМЖ-214А предназначены для резки арматурной стали и вырезки различных отверстий в арматурных сетках и каркасах. Ножницы состоят из режущей головки (собственно ножниц) и насосной станции, соединенных между собой рукавом высокого давления. Режущая головка представляет собой силовой гидроцилиндр, в котором расположен поршень, выполненный заодно со штоком. Подвижный нож закреплен на штоке, а неподвижный — на держателе, прикрепленном к передней части цилиндра с помощью гайки.

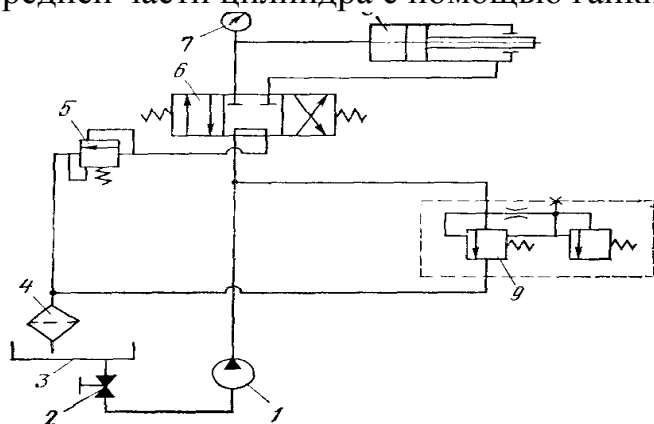


Рис. 12.10. Гидросхема станка СМЖ-133А:

1 — гидронасос; 2 — муфтовый кран; 3 — гидробак; 4 — фильтр; 5 — клапан давления; 6 — гидрораспределитель; 7 — манометр; 8 — гидроцилиндр; 9 — предохранительный гидроклапан

При необходимости разрезать арматуру в виде пакетов с близко расположенными друг к другу проволоками или кавать металлический диск, вращающийся с большой частотой. В случае высокой окружной скорости диска режущая кромка при соприкосновении с арматурой мало нагревается, в то же время резко нагревается и расплавляется арматура в местах реза благодаря теплоте, образующейся при трении диска об арматуру.

Пила СМЖ-606 имеет режущий диск диаметром 650 мм, вращающийся с окружной скоростью 92,5 м/с. Он приводится во вращение от электродвигателя мощностью 6,3 кВт. Электродвигатель и диск, смонтированные на ползуне, перемещаются по раме пилы на 1000 мм с помощью пневмоцилиндра. Разрезаются два пакета проволок диаметром 3 мм из стали класса ВрП по 44 проволоки в каждом пакете. Для изменения плоскости реза проволок ползун с диском может перемещаться в перпендикулярном направлении на 100 мм с помощью второго пневмоцилиндра.

Пилу СМЖ-619 с режущим диском применяют для разрезания пакетов проволок между шпалами при распалубке после их формования и твердения. Режущая головка пилы закреплена на поворотном кронштейне и может перемещаться в той же плоскости: поперек шпал поступательно и в перпендикулярном направлении.

Для резки сортового и фасонного проката и листа применяются комбинированные ножницы СМЖ-229А, НБ-633, НР-5222, СМЖ-652 и др. **Комбинированные пресс-ножницы СМЖ-229А** используются в арматурных ремонтно-механических цехах заводов сборного железобетона. Механизм ножниц снабжен двумя парами ножей. |

Пресс-ножницы НР-5222 применяют для резки профильной стали, полосовой и листовой стали для закладных деталей, а также пробивки отверстий.

Отрезной комбинированный станок СМЖ-652 предназначен для резки сортового и фасонного проката и листа с временным сопротивлением до 500 МПа, а также для пробивки отверстий и треугольной высечки. Станок состоит из станины, ползунного и кулисного механизмов и привода. Ползун, расположенный между крышкой и основанием, совершает возвратно-поступательное движение. В нижней части ползуна имеется гнездо для крепления пуансонодержателей. На горизонтальной площадке основания закреплена плита с матрицей. К наружной стороне крышки ползуна прикреплен сбрасыватель, предназначенный для снятия обрабатываемого материала с пуансона. В средней части ползуна расположен держатель с верхним клиновым ножом. Нижние клиновые ножи неподвижны и закреплены в пазах выступающих опор крышки и станины. Ползун может совершать непрерывные и одиночные ходы. Кулиса, расположенная сбоку между крышкой и станиной, совершает качательное движение относительно неподвижно закрепленного пальца. К нижней части кулисы крепится нож для резки листового материала. Неподвижный нож закреплен на основании станины. В средней части кулисы выполнен паз, куда вставляется профильный нож. Второй неподвижный нож вставляется в паз, расположенный в крышке кулисы с ее внутренней стороны. Для изготовления из листового и полосового проката штампованных закладных деталей, получивших в последние годы большое распространение, применяют механические и гидравлические прессы усилием до 6,3 МН.

При расчете станков определяются скорость рабочих органов, конструктивные параметры, действующие нагрузки в элементах станка, мощность привода, производительность и другие параметры.

Теоретическая (расчетная) производительность (т/ч) станков определяется из условий непрерывной их работы в течение 1 ч при заготовке арматуры определенного диаметра и длины:

$$P=3,6m_a/t_{ц}$$

где m_a — масса отрезаемой арматуры, кг; $t_{ц}$ — продолжительность цикла резки, с.

Технологическая и эксплуатационная производительность станков рассчитывается соответственно с учетом времени наладки станка на резание арматуры различного диаметра и длины, а также внутрисменных и организационных перерывов.

Продолжительность цикла резания арматуры (с)

$$t_{\text{ц}} = 1/(n_{\text{б}}k),$$

где $n_{\text{б}}$ —частота вращения рабочего вала станка, с^{-1} ; k —коэффициент использования числа ходов кулисы $k=n_{\text{р}}/n_{\text{ном}}$, где $n_{\text{р}}$ —фактическая частота резов арматуры; $n_{\text{ном}}$ —номинальная частота ходов подвижного ножа; $k=0,15 \dots 0,30$.

При непрерывных ходах ножа коэффициент k зависит от скорости подачи очередного прутка на резание, а при одиночных ходах ножа—от частоты включения в работу ножа муфтой. Ход ножа (м) при резании круглой стали

$$L=(0,63 \dots 0,66)d,$$

где d —диаметр разрезаемой арматуры, м.

Усилие резания арматуры (Н). действующее на неподвижный и подвижный параллельные ножи

$$P_p = S\sigma'_a k_t,$$

где S —суммарная площадь поперечного сечения разрезаемой арматуры, м^2 ; σ'_a —временное сопротивление стали срезу, Па, $\sigma'_a=0,58\sigma_a$; σ_a —временное сопротивление стали, Па; k_t —коэффициент, учитывающий притупление ножей, $k_t=1, 2, \dots 1,25$.

В случае, когда подвижный нож не параллелен неподвижному ножу, усилие резания

$$P_p = 1.75hd2\sigma'_a / \text{tga},$$

где h —коэффициент глубины проникновения ножа в арматурный пруток, м; $h = (0,09 \dots 0,38) d$; d —диаметр арматурной проволоки, м; σ'_a —временное сопротивление стали срезу, Па; a —угол наклона подвижного ножа, град; $a=10 \dots 15^\circ$.

При непосредственном воздействии рабочего органа привода на подвижный нож, например гидроцилиндра у станков СМЖ-133А и СМЖ-175А, усилие (Н), действующее на нож, создается самим гидроцилиндром:

$$P_{\text{н}}=P_{\text{р}}K_3=pS_{\text{п}}K_3,$$

где p —давление масла в гидроцилиндре, Па; $S_{\text{п}}$ —площадь поршня гидроцилиндра, м^2 ; K_3 —коэффициент запаса, $K_3=1,1 \dots 1,15$.

Скорость перемещения подвижного ножа и его частоту ходов принимают в зависимости от условий эксплуатации, а также исходя из конструктивных и технологических требований. При механическом приводе (например, станок СМЖ-171Б) при расчетах учитывают момент инерции маховика.

По усилию и скорости резания рассчитываются мощность электродвигателя и кинематика привода станка.

При расчете пил с дисками трения можно воспользоваться рекомендациями Н. И. Горбатова.

Диаметр диска $D_d = 8d + 0,3$ м, где d —диаметр арматурной стали, м.

Толщина диска $t_d = D_d / 200$ м.

Окружная скорость (м/с) диска

$$v_a = 50D_a + 60 \langle v_{a\max} \sqrt{v_a' / 0.655} = 110 \dots 120;$$

где $v_{a\max}$ —максимальная допустимая скорость диска, м/с; σ_a' —временное сопротивление материала диска на разрыв, Па.

Мощность электродвигателя (кВт)

$$N_a = (k_i v_{i\dot{a}} b_i l_x \cos a \cdot 10^9 + 0.465 \cdot 10^{-3} D_a v_a^2) / \eta.$$

где k_M —коэффициент, характеризующий материал арматурной проволоки, для стали $k_M = 0.02$; $v_{i\dot{a}}$ —скорость подачи диска, м/с; b_p —ширина прореза, м; $b_p = t_d + 0.002D_d$; l_x —хорда дуги контакта диска с разрезаемым материалом, м; a —угол соприкосновения диска с разрезаемым материалом, град; D_d —диаметр диска, м; v_a —действительная окружная скорость диска, м/с, η —КПД привода пилы, $\eta = 0,7 \dots 0.8$.

Скорость подачи принимают равной $0,01 \dots 0,08$ м/с. Чем больше окружная скорость диска, тем выше принимается скорость подачи.

12.5. СТАНКИ-АВТОМАТЫ ДЛЯ ГИБКИ СТЕРЖНЕВОЙ АРМАТУРЫ

На заводах железобетонных изделий конструкции для гибки стержневой арматуры обычно применяют стационарные гибочные машины (станки). Машины выполняют как универсальными

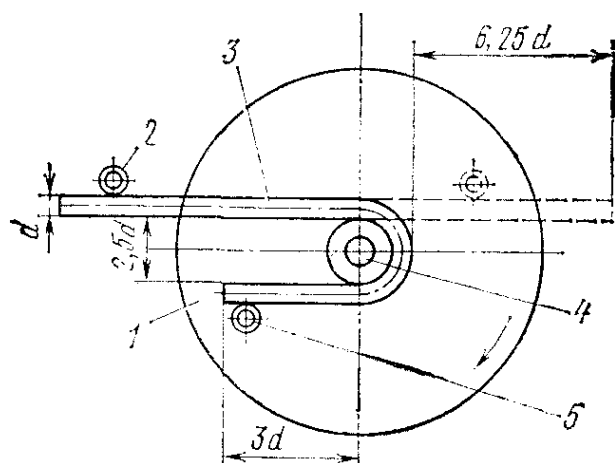


Рис.12.11.Схема гнутья арматурного прутка:

1— рабочий поворотный диск; 2 — упорный палец с роликом; 3 — арматурный стержень; 4 — центральный палец с роликом; 5 — гибочный палец с роликом

Для гибки на различные углы арматурных прутков разного диапазона, так и специализированными—для производства однотипных арматурных изделий.

Универсальные станки производят гибку арматурных стержней гибочным пальцем, расположенным на поворотном диске, во-круг центрального пальца (рис.12.11). При этом стержень концом, не подлежащим гибке, опирается на палец, закрепленный на станине станка. Станки изготовляются с подачей арматуры

как в виде мерных прутков, так и с мотка. В последнем случае они имеют отрезное устройство.

Специализированные станки имеют один или несколько рабочих органов, изгибающих арматуру в одной или в двух плоскостях. В качестве рабочих органов используют перемещающиеся возвратно-поступательно пуансоны, поворотные рычаги, барабаны, а также поворотные диски с гибочными роликами.

Автоматизация станков различная и базируется как на механической взаимосвязи отдельных механизмов, так и на приме

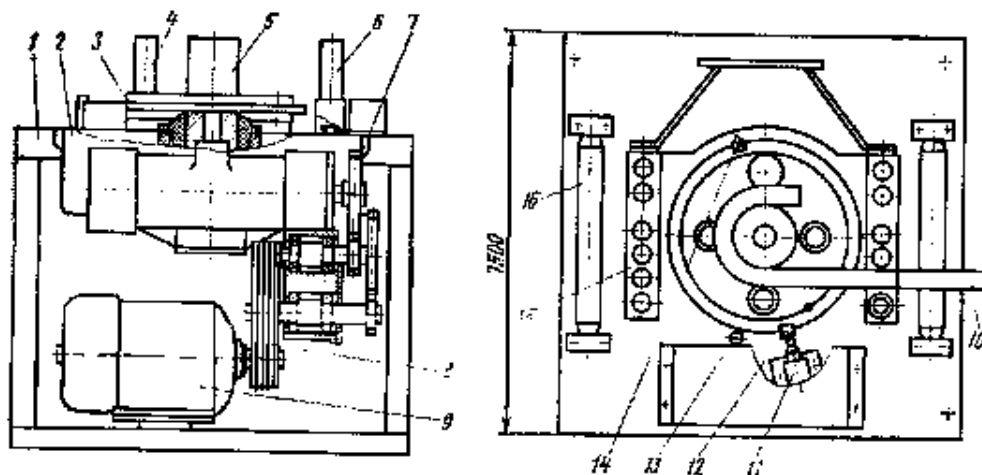


Рис. 12.12. Станок СМЖ-173А для гибки арматурных прутков:

1—рама; 2—редуктор; 3 — поворотный диск; 4 ... 6 — гибочный, центральный и опорный пальцы; 7—зубчатая передача; 8—клиноременная передача; 9—электродвигатель; 10—изгибаемый арматурный пруток; 11, 13 — конечные выключатели; 12, 14 — кулачки; 15 брусок; 16 — ролик

электроники. При гибке арматурных прутков (см. ниже рис. 12.13) необходимо соблюдать допустимые минимальный диаметр и максимальный угол их гибки, зависящие от диаметра и материала прутков.

Для холодной гибки арматурных прутков применяются универсальные станки СМЖ-173А" (С-14СБ, СТА-46) и СМЖ-179А (СГА-90).

Станок СМЖ-173А (рис. 12.12) состоит из рамы, редуктора, плиты, гибочного устройства, электрооборудования и механизма управления. На верхней части рамы установлены плита с редуктором и механизм для гибки прутков, а на нижней части—каретка с электродвигателем. Плита служит крышкой редуктора и рабочим столом станка. К плите приварены бруски с отверстиями под упорные штыри и установлены ролики для опирания арматурных прутков. Механизм для гибки прутков состоит из гибочного диска с пальцем, центрального пальца с роликом и упорного пальца с роликом. На гибочном диске имеются отверстия с втулками для установки гибочного пальца, а также отверстия для кулачков останова и реверса, воздействующие на соответствующие конечные выключатели.

лачков останова и реверса, воздействующие на соответствующие конечные выключатели. Привод гибочного диска осуществляется от двигателя через клиноременную передачу, две открытые зубчатые передачи и червячный редуктор (рис. 12.13). Частоту вращения гибочного диска можно изменить перестановкой шестерен.

Станок СМЖ-179А имеет двухскоростной электродвигатель для изменения частоты вращения гибочного диска, редуктор, коническую зубчатую передачу, клиноременную передачу и тормоз (рис.

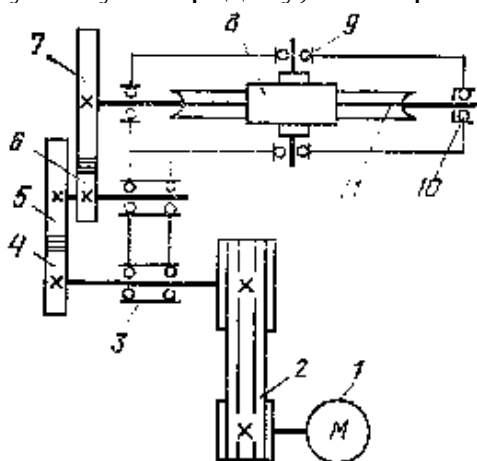


Рис. 12.13. Кинематическая схема

станка СМЖ-173А: 1 — электродвигатель; 2 — клиноременная передача; 3, 9, 10 — подшипниковые опоры; 4...7 — зубчатые колеса; 8 — чер-

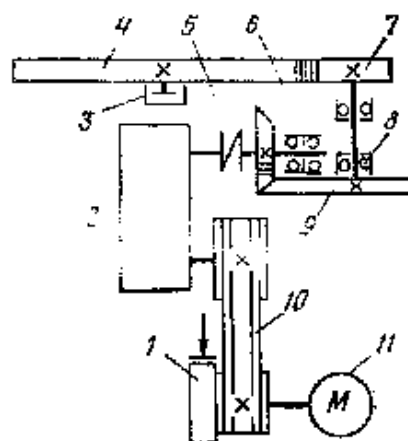


Рис. 12.14. Кинематическая схема станка СМЖ-179А:

1 — тормоз; 2 — редуктор; 3, 6, 8 — подшипниковые опоры; 4, 7 — зубчатое колесо и шестерня; 5 — муфта; 9 — коническая передача; 10 — клиноременная передача; 11 — электродвигатель

12.14). Необходимый угол изгиба прутка устанавливается путем настройки реле времени. Настройка станка на требуемый угол изгиба стержня производится вращением ручек, устанавливающих стрелки на соответствующих делениях двух шкал и соответственно передвигающих по винтовым валикам кулачки, воздействующие на конечные выключатели.

В арматурных цехах заводов железобетонных изделий применяют специальные станки-автоматы для гибки стержневой арматуры. В автоматизированном станке СМЖ-212А арматурная сталь диаметром до 12 мм подается с мотка, а диаметром до 18 мм— в виде мерных прутков.

Имеются станки для гибки строповочных петель треугольной конструкции в одной плоскости вокруг оправки с помощью механизмов с пневмоцилиндрами.

Для гибки П-образных монтажных петель применяется станок с электромеханическим приводом. Он имеет два диска, закрепленных на горизонтально расположенном валу. В дисках имеются

Пазы, в которые закладываются прямые прутки так, что их концы

выступают за внешние торцы дисков. При вращении дисков концы прутков загибаются неподвижными роликами, закрепленными на станине с внешних сторон дисков.

При расчете станков определяются скорости перемещения рабочих органов, конструктивные параметры, нагрузки в элементах станка, мощность привода, производительность и другие параметры. Частоту вращения гибочного диска обычно принимают равной $0,2 \dots 0,35 \text{ с}^{-1}$.

Момент сопротивления гибке ($H\text{-}M$) зависит от диаметра изгибаемого прутка, класса стали, диаметра неподвижного центрального пальца, трения поворотного гибочного пальца о пруток, его кривизны и других факторов и рассчитывается по формуле

$$M = \sigma_a W k [k_1 + k_2 d / (r + d)],$$

где σ_a —временное сопротивление стали, Па; W —статический момент сечения прутка, м^3 ; k — коэффициент, учитывающий кривизну прутка, трение пальца о пруток, начальное повышение момента при пластической деформации стали, $k=1,15 \dots 1,25$; k_1 - учитывающий форму поперечного сечения прутка, $k_1 = 7$ (при изгибе круглого прутка); k_2 —коэффициент, учитывающий класс арматурной стали, $k_2=0,7$ (сталь класса А-III), $k_2=0,6$ (сталь класса А-I); d —диаметр прутка, м; r —радиус гибки, м; $r = (3 \dots 6)d$.

Мощность привода гибочного станка (кВт)

$$N = M \omega / (1000 \eta),$$

где ω —угловая скорость гибочного диска, с^{-1} ; η —КПД привода, $\eta=0,75 \dots 0,85$.

Время гибки прутка (с)

$$t_{\bar{a}} = a / (360 \bar{n}_{\bar{a}})$$

где a —угол изгиба прутка, град; $\bar{n}_{\bar{a}}$ —частота вращения гибочного диска, с^{-1}

Техническая производительность станка (т/ч)

$$P_{=3,6} m_{\text{п}} / t_{\text{ц}}$$

где $m_{\text{п}}$ — масса прутка, кг; $t_{\text{ц}}$ —продолжительность цикла изгиба прутка, с; $t_{\text{ц}} = t_y + t_2 + t_c$ (t_y — время подачи и установки прутка на станок; t_2 — время гибки; t_c — время съема прутка со станка); (t_y зависит от массы и длины прутков и технической характеристики станка).

Наибольшее распространение получили универсальные гибочные станки с электромеханическим приводом и гибочным диском. К их преимуществу относятся большая, чем у станков с гидроприводом, производительность и простота в обслуживании. Станки

с гидроприводом отличаются меньшей металлоемкостью и их используют для получения больших усилий гибки. Станки-автоматы с программным управлением быстро переналаживаются на изготовление различных плоских арматурных конструкций, что способствует повышению их производительности и уменьшению затрат труда. Ввиду относительной дороговизны станки-автоматы целесообразно использовать при больших объемах производства арматурных изделий.

12.6. СТАНКИ ДЛЯ ГИБКИ АРМАТУРНЫХ СЕТОК

Станки для гибки арматурных сеток обычно устанавливают на специальных постах, к которым подаются сетки для гнутья. Применяются также и специальные гибочные машины, монтируемые в технологической линии по сварке сеток и производящие их гибку после выхода из сварочной машины. Станки подразделяются на специализированные, предназначенные для однотипной гибки, и на универсальные, которые можно использовать для гибки сеток на различные углы. Рабочие органы станков приводятся в действие от пневмо- и гидропривода и от электромеханического привода.

По виду рабочих органов гибочные машины можно разделить на несколько типов (рис. 12.15): с прижимной подвижной балкой и закрепленной на ней поворотной гибочной балкой (рис. 12.15,а);

с прижимной неподвижной балкой и поворотной гибочной балкой, закрепленной на станине (рис. 12.15,б); машины с прижимной и двумя гибочными поворотными балками (рис. 12.15,в); с кулачками для последовательной гибки стержней (рис. 12.15,г); с мат-

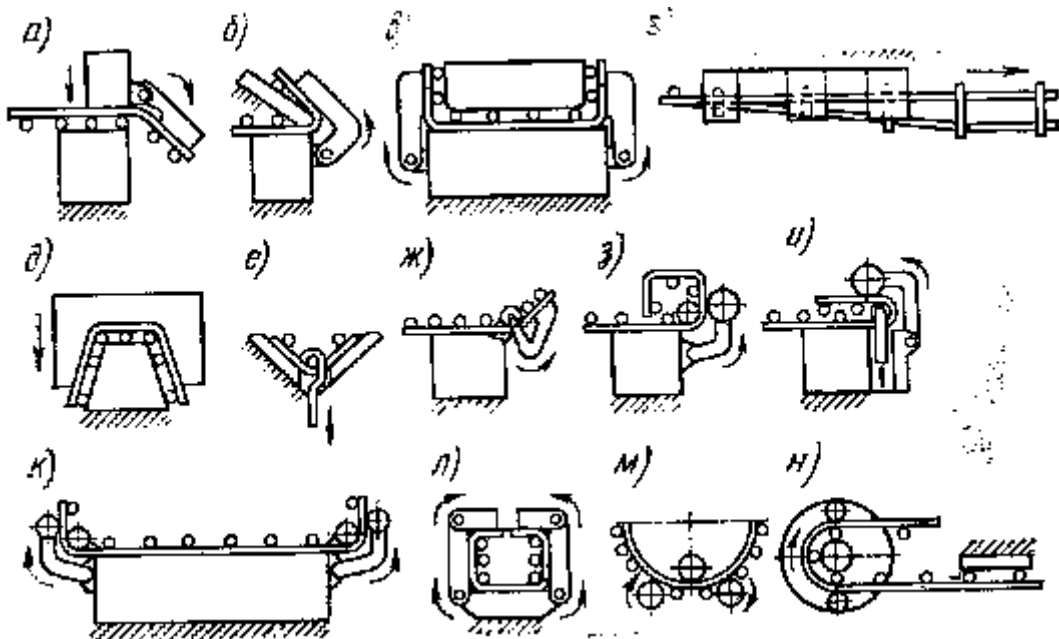


Рис. 12.15. Основные типы машин для гибки арматурных сеток

рицей и подвижным штампом (рис. 12.15,с)); с матрицей и тянущими кулачками (рис. 12.15,е); с неподвижными крюками-роликами и с гибочной балкой, ось поворота которой совмещена с осью роликов (рис. 12.15,ж); с неподвижными крюками-роликами и гибочной балкой со смещенной осью (рис. 12.15,з); с прижимными крюками-роликами и поворотной гибочной балкой (рис. 12.15,и); с несколькими рядами крюков-роликов и гибочными поворотными балками (рис. 12.15,к); со столом, шаблоном и двойными поворотными гибочными балками (рис. 12.15,л); с гибочными валками (рис. 12.15н); с вращающимся диском (рис. 12.15,м).

Машины, показанные на рис. 12.15,а, применяют в основном для гибки сеток под углом до 90° . По этой схеме изготовлена машина СМ-516. Гибочную машину, выполненную по схеме рис. 12.15,а, можно применять в составе специализированной автоматизированной линии со сваркой плоской сетки на многоточечной сварочной машине, отрезкой выходящего полотна сетки на требуемую длину и последующим изгибом боковых продольных сторон отрезанной сетки. Машины, показанные на рис. 12.15Д е, рационально использовать при массовом изготовлении однотипных узких, так и широких выполнено большинство зарубежных универсально-гибочных машин. Машины, приведенные на рис. 12.15,с, позволяют изгибать сетки с двух сторон и могут быть использованы для получения сеток с зигзагообразным профилем. Точность гибки сетки повышается за счет применения подвижных крюков (рис. 12.15,и). По такой схеме выполнены машины 7251А и СМЖ-353. Для гибки сеток в криволинейные каркасы используются машины, в которых сетка изгибается между двумя приводными валками (рис. 12.15,л). По такой схеме изготовлен станок СМЖ-34.

При длине изгибаемой стороны сетки до 3 м используют головную секцию станка СМЖ-353 (рис. 12.16), до 6 м—головную; 1 одну дополнительную и до 9 м—головную и две дополнительные секции. Длина каждой секции до 3 м. Головная секция по развенцю с дополнительной снабжена пультом управления, механизмом установки угла гибки и пусковой аппаратурой, а в остальном их конструкции идентичны. Каждая секция состоит из рамы со столом, гибкой балки, механизма прижима сетки, пневмоцилиндров, пневматического и электрического оборудования и упоров.

Для изготовления гнутых каркасов панелей внутренних стен применяют автоматизированную линию 7913. В состав линии входят серийно изготавливаемые бухтодержатель СМЖ-323А для продольной арматуры, правильное устройство СМЖ-324А, шеститочечная сварочная машина МТМК, 3х100—4, а также ножницы 7913/2 для поперечной резки сеток и штамповочное устройство 7913 1 для гибки каркасов.

Работа линии может осуществляться в ручном и автоматическом режимах. Линия характеризуется следующими показателями: производительность—720 м/ч; длина изготавливаемых каркасов—6,0 м; усилие гибки—13400 Н; габаритные размеры—17,8X3,85><2,04; масса—7400 кг. Линия 7913 позволяет достигать большой производительности при изготовлении однотипных каркасов вследствие автоматизации производственного процесса.

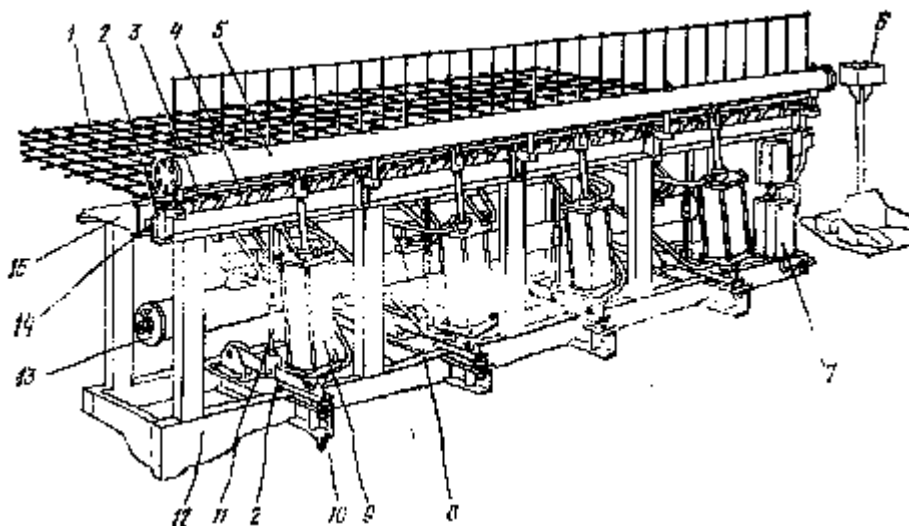


Рис. 12.16. Станок СМЖ-353 для гибки сеток (головная секция):

1 — сетка; 2 — рычаги; 3 — крюк; 4 — гибочные втулки; 5 — гибочная балка; 6 — пультуправления; 7 — электрическое оборудование; 8 — пневмораспределители; 9 — пневмоцилинд-ры; 10 — упоры; 11 — тяги; 12 — рама; 13 — ресивер; 14 — траверса; 15 — стол

При расчете станков для гибки сеток определяют конструктивные параметры, действующие силы моменты, мощность, производительность и другие параметры.

Момент сил сопротивления гибке (Н-м)

$$M = k(M_1 + M_2)z + M_3,$$

где u — коэффициент, учитывающий кривизну прутка и начальное повышение момента при пластической деформации стали, $k=1,2$;

M_1 — момент от изгибающего усилия, проходящегося на один пруток сетки;

M_2 — момент от силы трения между изгибающим элементом и прутком; z — число изгибаемых прутков сетки; M_3 — момент от силы тяжести балки, поворачиваемой с ее одновременным подъемом.

Момент от изгибающего усилия (Н-м)

$$M_1 = \sigma_a W [k_1 + k_2 d / (r + d)],$$

где σ — временное сопротивление стали, Па; W — статический момент сечения прутка, м³; k_1 — коэффициент, учитывающий форму поперечного сечения прутка, $k_1 = 1,7$ (при изгибе круглого прутка); k_2 — коэффициент, учитывающий класс арматурной ста-

ли, $k_2=0,7$ (сталь класса А-III), $k_2=0,6$ (сталь класса А-1); d —диаметр прутка, м; r —радиус гибки, м, $r = (3 \dots 6) d$.

Сила (Н) сопротивления (рис. 12.17), действующая на гибочную балку,

$$P_r = M_1 / l,$$

где l —плечо воздействия гибочной балки на прутки, м

Момент (Н-м) от силы трения

$$M_2 = P_a \mu (D / 2 + d),$$

где μ —коэффициент трения, ($\mu=0,1 \dots 0,2$); D —диаметр прижимного ролика, м.

Суммарное усилие (Н), действующее на штоки пневмо- или гидроцилиндров,

$$P_{ш} = M / l_1$$

где l_1 — расстояние от оси штока до оси подвески балкона

Сила (Н), действующая на один пневмо- или гидроцилиндр,

$$P_1 = P_{ш} / z_1,$$

где z_1 —число пневмо- или гидроцилиндров.

Момент (Н-м) от силы тяжести балки

$$M_3 = k_3 G_a l_2,$$

где k_3 — коэффициент, учитывающий дополнительное сопротивление от перекосов конструкций, $k_3=1,3$; G_a —сила тяжести балки, Н; l_2 —расстояние от центра тяжести балки до осп ее подвески, м.

При определении M , P_r и $P_{ш}$ следует рассмотреть несколько положений гибки прутков под различные углы.

Усилие (Н) прижатия сетки к столу

$$P_n = q L_c Z_c,$$

где q —необходимая и достаточная величина погонной нагрузки для прижатия арматуры, $q=0,1-10^6$ Н/м; L_c —длина стержней под прижимной траверсой; Z_c — количество стержней, находящихся под прижимной траверсой, шт.

Параметры пневмо- или гидроцилиндров определяются по общепринятым формулам исходя из действующего усилия и принятого материала для их изготовления. При расчете теоретической и технической производительности машин необлодко учитывать фактическое уменьшение скорости перемещения из-за потерь давления в пнезмосистеме и инерции гибочной балки, время укладки сетки на машину и ее съема,

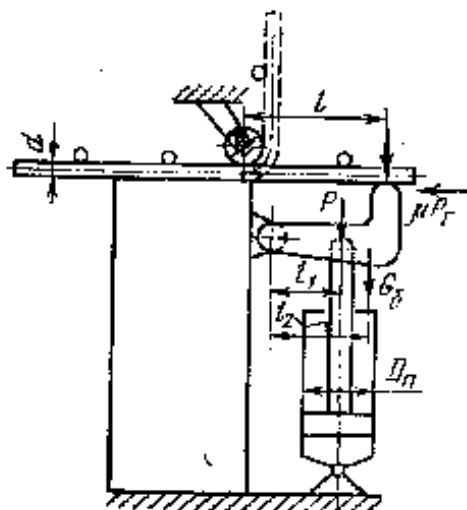


Рис.12.17 Расчетная схема гибки сетки

13.1. КЛАССИФИКАЦИЯ МАШИН

При изготовлении арматурных изделий и закладных деталей в заводских условиях применяют различные виды сварки. При производстве сеток, плоских и объемных каркасов с расположением пересекающихся стержней с углом между их осями от 30 до 90° осуществляют контактную точечную сварку, используя специализированное или общего назначения оборудование. Соединение отдельных арматурных стержней между собой производят стыковой контактной сваркой. При изготовлении нестандартных изделий или при невозможности использовать машины стыковые соединения арматуры выполняют и ручной дуговой сваркой с круглыми накладками или внахлестку.

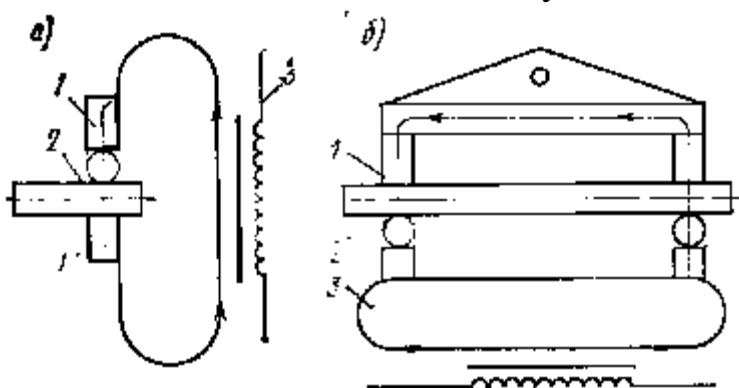


Рис. 13.1. Схема подвода сварочного тока к свариваемым арматурным стержням:

а - двусторонний подвод; б—односторонний подвод; 1—электроды; 2—свариваемые арматурные стержни; 3—сварочные трансформаторы — двусторонний

Подвод тока к свариваемым стержням в машинах может быть двусторонним, когда ток подводится к каждому из двух пересекающихся стержней, и односторонним, когда ток подводится с одной стороны к двум одинаково направленным стержням и проходит по пересечениям стержней и перемычке (рис. 13.1).

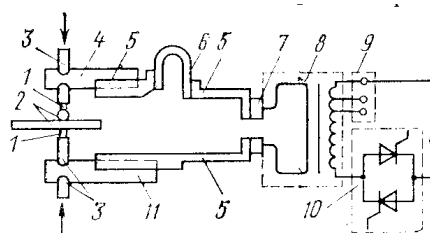
Сварочные машины бывают одно- и многоточечными (многоэлектродными). Одноточечные машины имеют одну пару электродов, с помощью которых одновременно сваривается только одно пересечение стержней, многоточечные—несколько пар электродов, с помощью которых можно сваривать одновременно несколько пе-

ресечений арматурных стержней. В сварочных машинах используются электромеханические, гидравлические, пневматические и пневмогидравлические приводы.

13.2. ОДНОТОЧЕЧНЫЕ СВАРОЧНЫЕ МАШИНЫ

Сварочная контактная односточечная машина (рис. 13.2) включает в себя контактор 10, переключатель ступеней 9, аппаратуру управления, сварочный трансформатор 8, выводные колодки 7 которого соединены с токопроводами 5, имеющими в верхней части гибкую шину 6, верхнюю 4 и нижнюю 11 консоли, электрододержатели 3 с электродами, между которыми зажимаются свариваемые арматурные стержни 2. Вторичный контур, включающий все токопроводящие детали после первичных витков трансформатора, своими размерами и сечением определяет общее сопротивление. При увеличении которого для получения номинального

сварочного тока требуется повышать напряжение вторичной обмотки трансформатора, а вместе с тем и электрическую мощность машины. Сварочный трансформатор служит для преобразования электрической энергии, подводимой к машине от сети, в энергию, необходимую для сварки, — уменьшения напряжения и повышения силы тока.



На заводах сборного железобетона используются односточечные сварочные

машины нескольких типов МТ-1207, МТ-1210, МТ-1217, МТ-1607, МТ-1610, МТ-1613, МТ-1617, МТ-2507, МТ-2510, МТ-2517, МТ-4001, МТ-4017, МТП-150/1200, МТП-200/1200, МТ-2002 и др.

Рис. 13.2. Схема сварочной контактной односточечной машины

Односточечная сварочная машина МТ-1222 состоит из корпуса, электрододержателей с электродами, верхнего и нижнего токопроводов, сварочного трансформатора, переключателя ступеней и тиристорного контрлата, регулятора цикла сварки, автоматического выключателя, привода давления, пневмораспределителя, крана управления и переносной педальной кнопки. В пневмосистеме машины имеются влагоотделитель, маслораспылитель и пневмоклапан давления. Опускание верхнего электрода и сжатие пересечений свариваемых арматурных стержней осуществляется с помощью привода давления, состоящего из закрепленной на корпусе направляющей пневмоцилиндра с крышкой, поршнями со штоком, уплотнительными кольцами и регулировочной гайкой.

13.3. МНОГОТОЧЕЧНЫЕ СВАРОЧНЫЕ МАШИНЫ

Для контактной точечной сварки плоских сеток и каркасов используют специализированные многоточечные сварочные машины:

**АТМС-14Х75-7-1 (7-2), МТМС-10Х35, МТМ-32, МТМ-09, МТМ-33
МТМК-3ХЮО, МТМ-35.**

Многоточечная сварочная машина АТМС-14Х75-7-2 (рис. 13.3) предназначена для сварки арматурных сеток шириной до 3800 мм с максимальным диаметром продольных гладких арматурных прутков до 12 мм и поперечных—до 10 мм. Машина состоит из станины 7, каретки 10 для перемещения свариваемой сетки, двух цилиндров 2 и 8 для перемещения каретки и штоков 3 с основной и вспомогательной гайкой 4 и 5 для регулирования хода каретки 10, двух пневмоцилиндров 7 для перемещения 36 верхних электро-

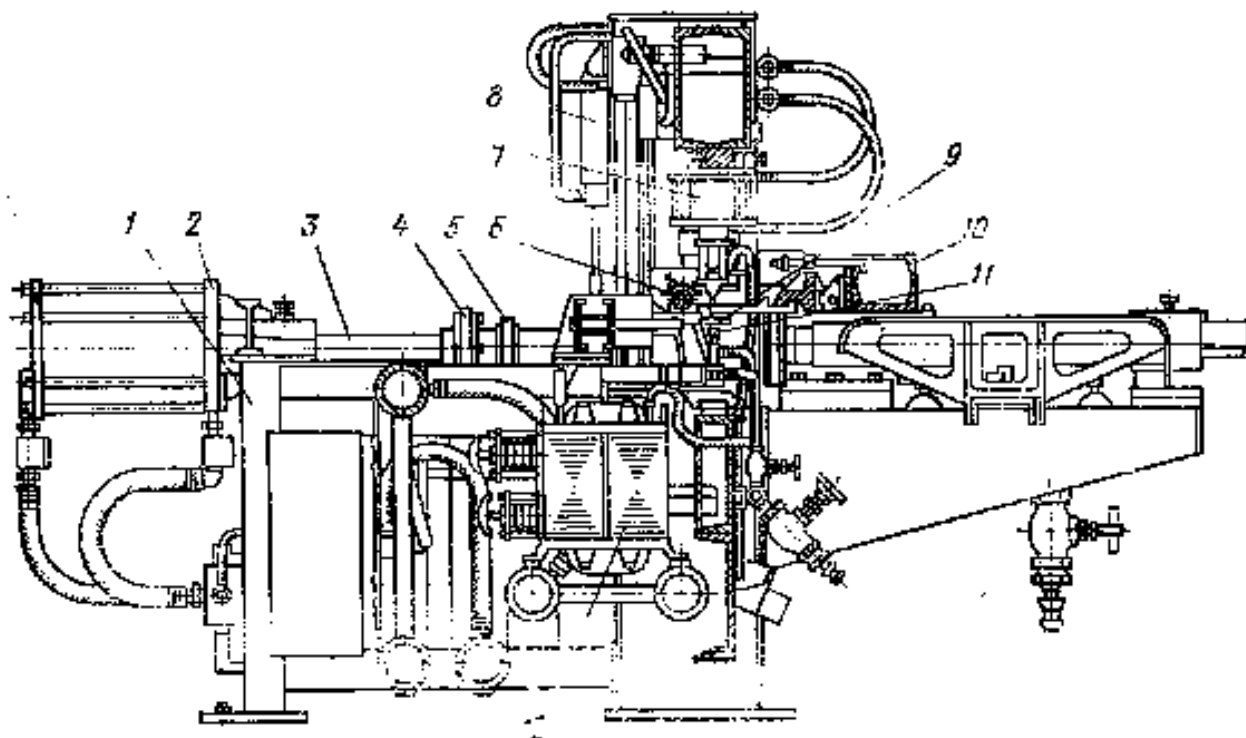


Рис. 13.3. Многоточечная сварочная машина АТМС-14Х75-7-2

дов 9 (по два электрода на одном коромысле, закрепленном на штоке пневмоцилиндра), приемного устройства 6 с фильерами для поперечных арматурных прутков, 18 сварочных трансформаторов 12, механизма подачи поперечной арматуры, верхних 9 и нижних 11 электродов, пневмосистемы, электрооборудования и системы охлаждения. На такой машине можно изготовлять арматурные сетки с двумя различными шагами между поперечными стержнями в пределах одной свариваемой сетки; она имеет автоматический механизм для подачи поперечных прутков из бокового бункера. С помощью машины АТМС-14Х75-7-1 можно сваривать сетки только с одинаковыми шагами между поперечными стержнями в пределах одной свариваемой сетки.

Многоточечная машина МТМ-88 предназначена для контактной сварки арматурных сеток шириной до 3800 мм с максимальным диаметром гладких стержней диаметром до 12 мм и поперечных—до 10 мм, а также стержней периодического профиля соответственно до 10 и 8 мм. Отличительной особенностью машины является перемещение основных рабочих органов от единого электромеханического привода.

Многоточечная машина МТМС-10Х35 предназначена для сварки сеток шириной до 2000 мм с продольными арматурными стержнями диаметром до 8 мм и поперечными до 6 мм. Машина имеет пневматический привод. По конструкции она идентична АТМС-14Х75-7-1.

Многоточечная машина МТМК-3Х100 предназначена для сварки сеток шириной до 775 мм с максимальным диаметром продольных стержней до 25 мм и поперечных до 14 мм. Машина имеет пневматические приводы рабочих органов.

П.-1. СТЫКОСВАРОЧНЫЕ МАШИНЫ

На заводах железобетонных изделий применяют стыкосварочные машины МС-1202, МС-1602, МС-2008, К-724 и др. Машины для контактной стыковой сварки по типу привода бывают с ручным, электромеханическим и гидравлическим приводами. В машинах с гидравлическим приводом все рабочие процессы, включая и подогрев, выполняются автоматически.

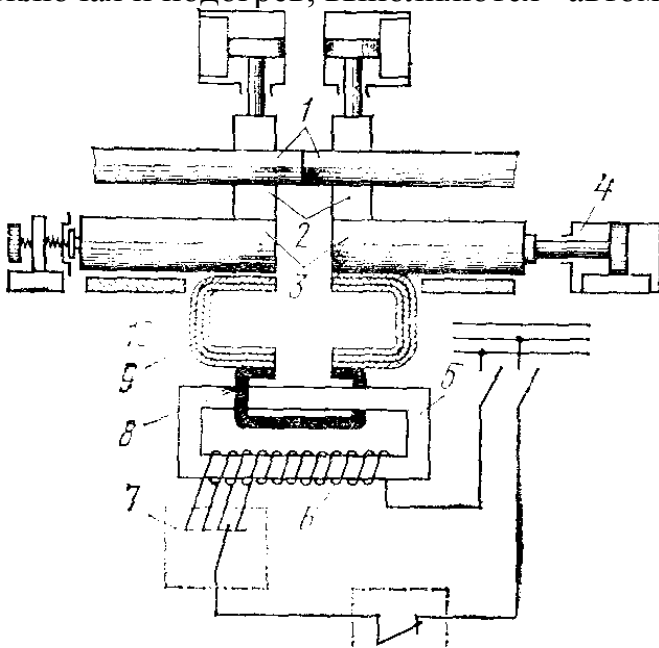


Рис. 13.4. Схема стыкосварочной машины

При контактно-стыковой сварке концы свариваемых стержней 1 (рис. 13.4) закрепляют в контактных зажимах 2, установленных наплитах 3, к которым подводится ток. Плиты изолированы от станины 10. Одна из плит смонтирована неподвижно, другая укреплена на подвижной каретке и с помощью гидрочилндра 4 может передвигаться в горизонтальном направлении. Витки первичной обмотки 6 трансформатора 5 присоединены к устройству 7, позволяющему включать необходимое количество витков для обеспечения требуемой величины тока. Витки вторичной обмотки 8 трансформатора шинами 9 присоединены к токопроводящим шинам.

13.5. ПОДВЕСНЫЕ СВАРОЧНЫЕ МАШИНЫ

Среди основных типов подвесных сварочных машин на заводах сборного железобетона применяются машины МТПП-75, МТПГ-75, МТП-806, МТП-807, МТПГ-150—2, МГП-1203, К-243В и др. Машины имеют сварочные клещи, соединенные токоведущими кабелями с отдельным трансформатором. В отдельных случаях сварочный трансформатор помещается и в корпусе клещей. Тогда к клещам не подводятся тяжелые кабели и они подвешиваются, что позволяет легко управлять ими. К этому типу клещей относятся клещи К-243В.

Подвесная машина МТП-806 (рис. 13.5) применяется для сварки арматурных каркасов. Она состоит из основного блока, токоведущих кабелей 2 и сварочных клещей /. В нижней части трансфор-

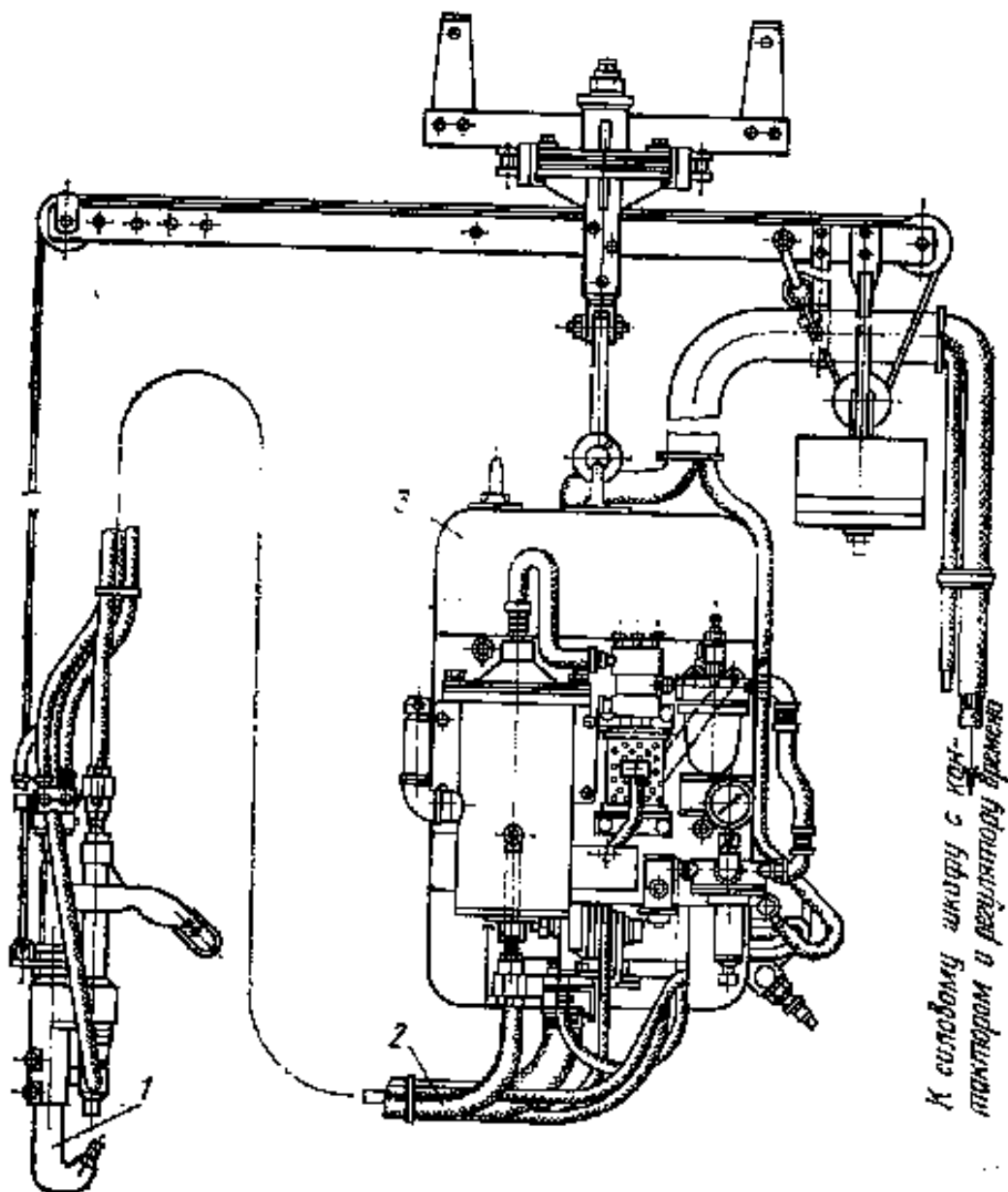


Рис. 13.5. Подвесная сварочная машина МТП-806

матора 3 расположены выходы вторичных витков, к которым прикреплены токоведущие кабели 2, а в верхней — шпильки первичной обмотки, к которым подсоединены провода от переключателей ступеней.

Сварочные клещи КТП-8-2 (рис. 13.6) с осевым ходом электродов работают от сжатого воздуха и состоят из корпуса 1 с закрепленным на нем электрододержателем 2 с неподвижным электродом 3, пневмоцилиндром 6 с электрододержателем 5 и подвижным электродом 4, переставных рукояток 8 и кнопки управления 7.

На машине МТП-806 кроме сварочных клещей КТП-8-2 могут устанавливаться клещи К.ТП-8-1 с радиальным ходом электродов, электрододержатели которых поворачиваются вокруг оси. Подвесная сварочная машина МТП-807 отличается от машины МТП-806 тем, что ее клещи имеют гидравлический привод.

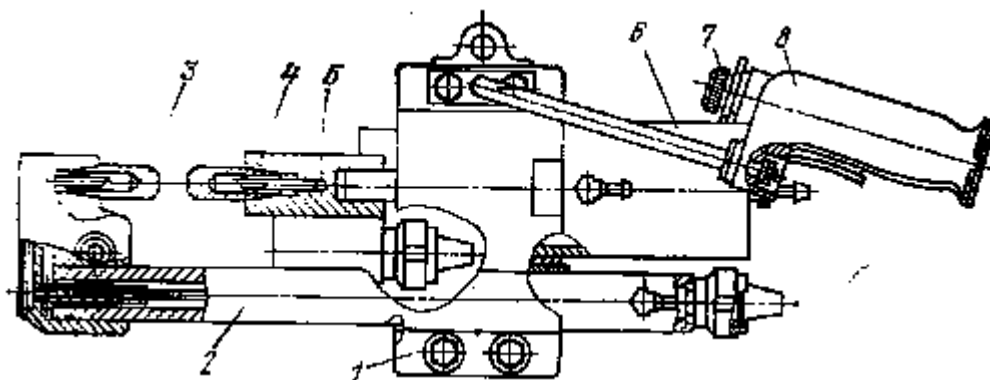


Рис. 13.6. Сварочные клещи КТП-8-2

При разработке сварочных машин рассчитывают их основные параметры, определяющие режимы контактной сварки (силу сварочного тока, напряжение, время сварки, усилие сжатия стержней электродами, конструктивные параметры механизмов, мощность сварочных трансформаторов и приводов, производительность и другие параметры). Сила сварочного тока определяется мощностью сварочного трансформатора и включением определенной ступени его регулирования. Требуемая для сварки сила тока зависит от класса арматурной стали, диаметров и соотношения свариваемых стержней ($I = 2 \dots 3$ кА).

Усилие сжатия электродов (Н)

$$P_s = pS,$$

где p —удельное давление сжатия (Па), $p = 20 \dots 100$; S —площадь сечения свариваемых стержней, m^2 .

Производительность сварочной машины определяют при ее разработке на основе циклограмм работы при изготовлении сеток (каркасов) различного типоразмера. При этом исходят из времени подачи стержней и шагового перемещения сетки.

14.1. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ЛИНИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АРМАТУРНЫХ СЕТОК

Для изготовления арматурных сеток многоточечные сварочные машины komponуют в автоматизированные линии с машинами, выполняющими другие операции при изготовлении сеток, что позволяет увеличить производительность оборудования и улучшить условия труда. Разработаны следующие типы линий: 7934/1, 7934/2, 7850, 7728А/3, 7728/4, 7780/1, 7780/2 и др.

Автоматизированная линия 7934/1 (рис. 14.1) предназначена для изготовления арматурных сеток шириной до 3800 мм с продольной арматурой диаметром до 6 мм и поперечной диаметром до 10 мм. В состав автоматизированной линии входят 12 трехместных бухтодержателей СМЖ-58А или СМЖ-495А для мотков продольной арматуры, консольный кран СМЖ-6А (или кран другого типа), правильное устройство СМЖ-288-2Б, многоэлектродная сварочная машина АТМС-14 X 75-7-2, ножницы СМЖ-60А для поперечного резания сеток и рычажный пакетировщик СМЖ-61В.

Для возможности стыковки концов израсходованной продольной арматуры с концами арматуры с новых мотков в некоторых случаях линию укомплектовывают машиной для стыковой сварки МС-502 и электроточилом 7247с⁷ с наждачным кругом для зачистки грата, образующегося при стыковой сварке работает линия 7934/1 следующим образом. Мотки проволоки устанавливаются на бухтодержателе 2 с помощью консольного крана 1. Концы проволок свариваются с помощью машин 3 и зачищаются электроточилом 4. Затем с мотков их заправляют через ролики правильного устройства 5 в направляющие трубки к электродам сварочной машины, где они свариваются с поперечным прутом. После этого включается сварочная машина 8 и работа линии происходит в автоматическом режиме. Крючки каретки захватывают поперечный пруток сетки и продвигают ее на шаг, вытягивая проволоки с бухтодержателей. Проходя через правильные устройства, проволоки правятся. После продвижения свариваемой сетки на очередной шаг механизмом сварочной машины подается очередной поперечный пруток, который приваривается к продольным проволокам. Свариваемая сетка выходит из элек-

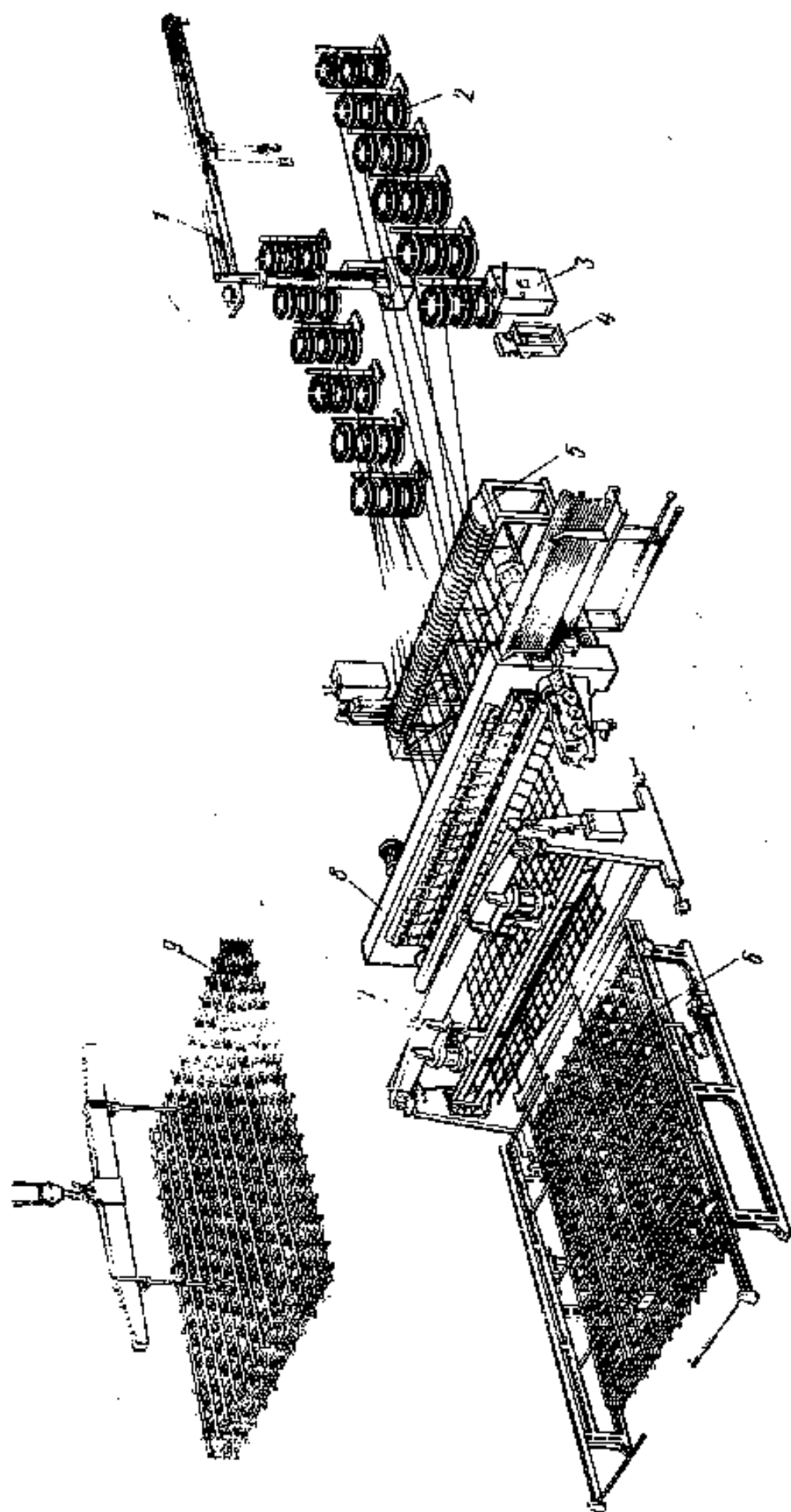


Рис. 14.1. Автоматизированная линия 7934/1 для изготовления сеток шириной до 3800 мм

тросварочной машины, проходя через ножницы 7 и опираясь на направляющие пакетировщика 6. Дойдя до конечного выключателя пакетировщика, установленного в соответствии с требуемой длиной сетки, последняя упирается в его флажок, который воздействует на конечный выключатель, давая команду на срабатывание пневмосистемы пакетировщика. Направляющие пакетировщика 6 раздвигаются пневмоцилиндрами, и сетка падает вниз, образуя транспортный пакет 9. В это время происходит сварка следующей сетки.

Автоматизированная линия 7934/2 (рис. 14.2) предназначена для изготовления арматурных сеток шириной до 3800 мм с продольной арматурой диаметром до 12 мм и поперечной диаметром до 10 мм. Как поперечная, так и продольная арматура применяется в виде мерных прутков. В состав линии входят столы 3, с которых продольные прутки подаются вручную в начале сварки каждой сетки к электродам сварочной машины 2. Сваренная сетка принимается на пакетировщик 1 марки СМЖ-61В.

Пакетировщик СМЖ-61В (рис. 14.3) имеет две боковины, на каждой из которых с помощью рычагов 5 закреплены направляющие 4, по которым скользит сетка. На каждой боковине установлен пневмоцилиндр 3, который поворотом рычагов 5 в горизонтальной плоскости раздвигает направляющие 4 на расстояние, превышающее ширину сетки. Сетка падает вниз, образуя транспортный пакет. На пакетировщике установлено реле времени, с помощью которого переключаются пневмораспределители для возврата направляющих в рабочее положение и для получения паузы при их раскрытом положении. Оба вида линий целесообразно использовать в арматурных цехах заведет железобетонных изделий и домостроительных комбинатов небольшой мощности.

Для крупных специализированных арматурных заводов разработаны линии 7880/1 и 7880/2, в которых использована сварочная машина МТМ-88.

Автоматизированная линия 7880/1 предназначена для изготовления арматурных сеток шириной до 3800 мм с продольной арматурой диаметром до 6 мм и поперечной диаметром до 10 мм. В состав линии входят 12 двухъярусных бухтодержателей СМЖ-495А для продольной арматуры, размоточное устройство СМЖ-496 для подачи поперечной арматуры, правильное устройство СМЖ-288-2Б, сварочная машина МТМ-88, ножницы СМЖ-497 для продольного резания сеток, ножницы СМЖ-499 для поперечного резания сеток, до.сылатель сеток СМЖ-498 и пакетировщик СМЖ-500.

Автоматизированная линия 7880/2 предназначена для изготовления арматурных сеток шириной до 3800 мм с продольной арматурой диаметром до 12 мм и поперечной диаметром до 10 мм. В состав линии входят устройство СМЖ-501 для подачи продольной арматуры в виде мерных прутков, размоточное устройство

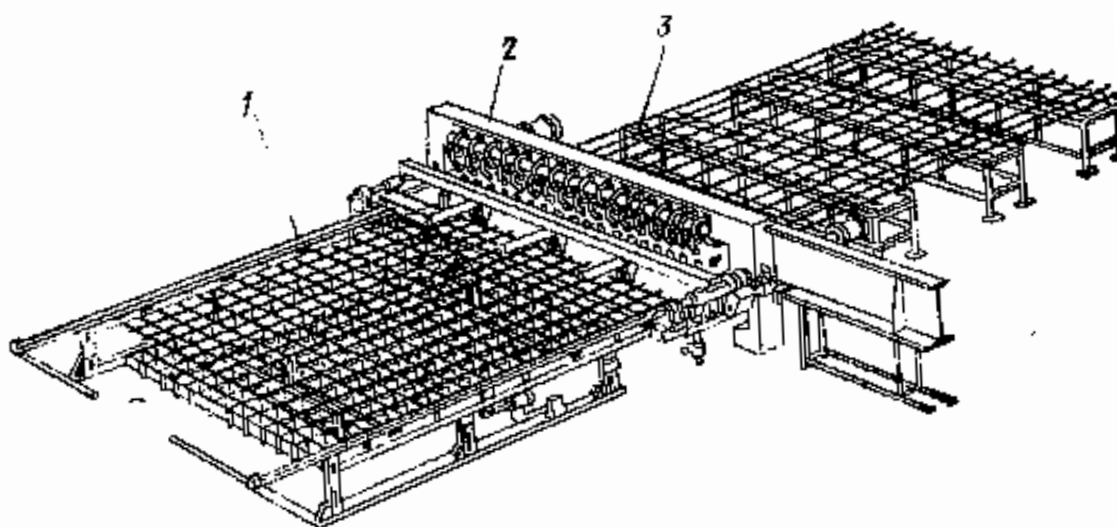


Рис. 14.2. Автоматизированная линия 7934/2 для изготовления сеток

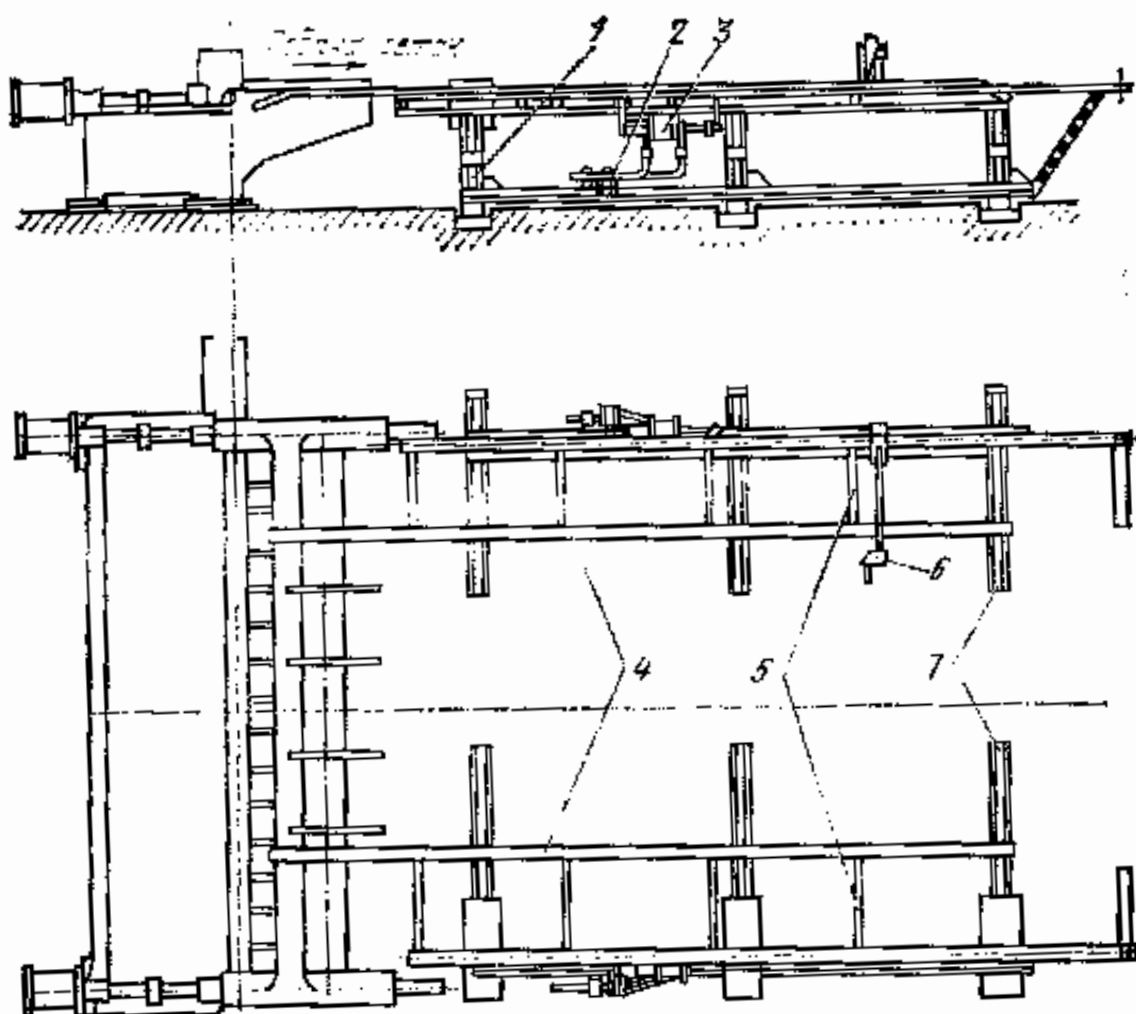


Рис. 14.3. Пакетировщик СМЖ-61В:

1 — стойка; 2 — пневмоаппаратура; 3 — пневмоцилиндры; 4 — направляющие; 5 — рычаги;
6 — конечный выключатель; 7 — поперечные рамки

СМЖ-496 для подачи поперечной арматуры, сварочная машина М.ТМ-88, досылатель сеток СМЖ-498 и пакетировщик СМЖ-500.

Автоматизированную линию 7728А/3 применяют для изготовления арматурных сеток шириной до 775 мм с подаваемой с мотков продольной арматурой диаметром до 6 мм и поперечными стержнями диаметром до 12 мм. Линия 7728А/3 (рис. 14.4) включает в себя бухтодержатель СМЖ-323А, правильное устройство СМЖ-324А, электросварочную машину МТМК-3Х 100-4, ножницы СМЖ-325А для поперечной резки сеток, пакетировщик сеток СМЖ-326А и тележку-контейнер СМЖ-327А и может комплектоваться машиной для стыковой сварки арматуры и электроточилом для зачистки грата после стыковки арматуры.

Линия 7728А/3 работает следующим образом. С шестиместного бухтодержателя 1 продольные проволоки подаются через правильное устройство 2 в электросварочную машину 3. Продольная арматура подается шагами с помощью каретки сварочной машины, свариваемая сетка проходит на пакетировщик 5 через ножницы 4, автоматически обрезается ими и сбрасывается пакетировщиком на платформу тележки-контейнера б, образуя транспортный пакет арматурных сеток,

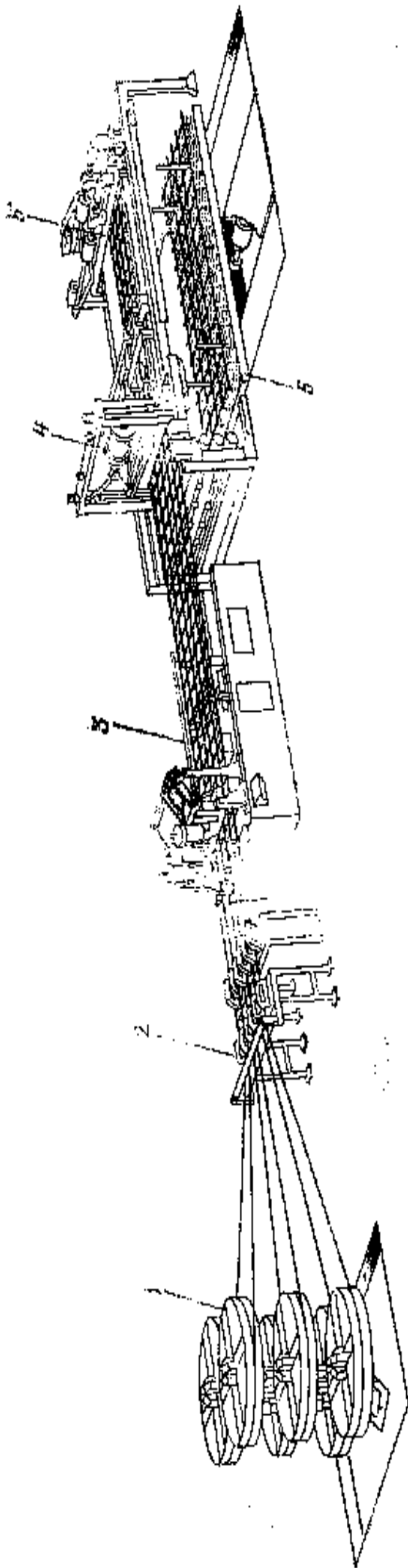


Рис. 14.4. Автоматизированная линия 7728А/3 для изготовления сеток

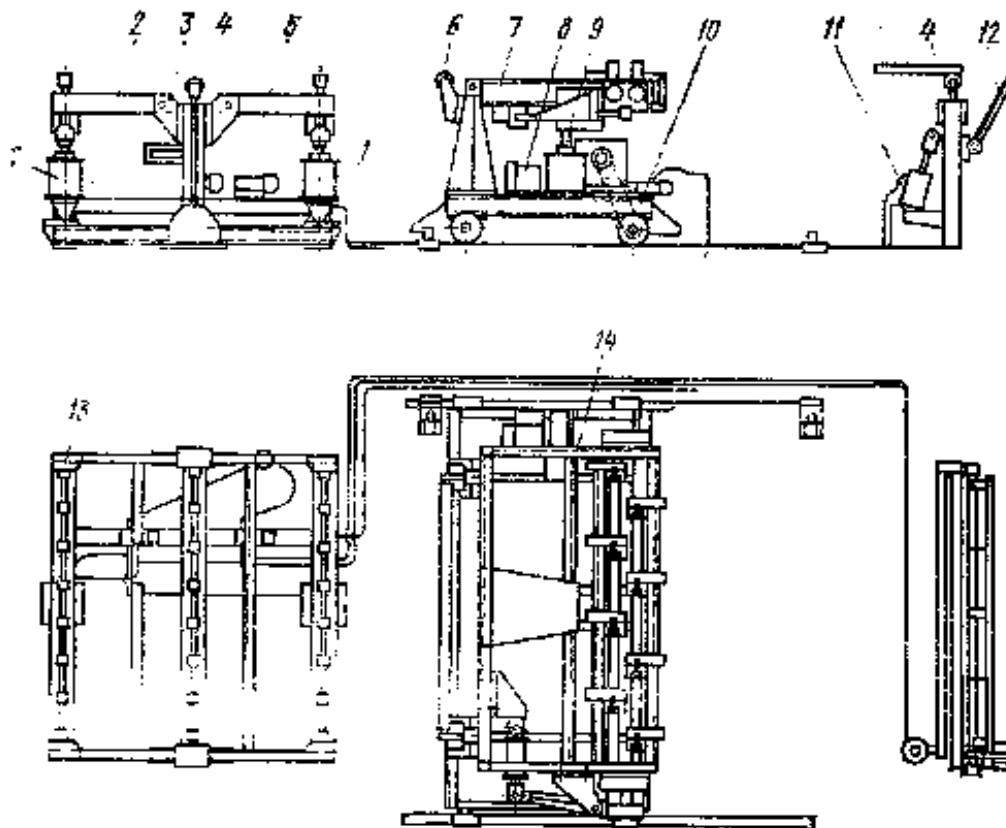


Рис. 14.5. Механизм подачи стержней СМЖ-488:

1 — пневмоцилиндры привода поворотных рамок механизма корректировки шага; 2 — поворотная рамка; 3 — конечный выключатель; 4 — направляющие ролики для стержней; 5 — пневмораспределитель; 6 — опорный ролик; 7 — поворотная рама механизма зажима стержней; 8 — привод передвижения подающей тележки; 9 — пневмоцилиндр поворота рамы; 10 — подающая тележка; 11 — пневмоцилиндр механизма выравнивания; 12 — выравнивающая рамка; 13 — разравнивающие вилки; 14 — тяга

Автоматизированная линия 7728А/4 применяется для изготовления арматурных сеток шириной до 775 мм из продольной проволоки диаметром до 25 мм и поперечной диаметром до 12 мм. Как продольная, так и поперечная проволоки подаются в линии в виде предварительно выправленных и нарезанных на заданную длину стержней. Линия 7728А/4 включает в себя столы для раскладки на них продольных стержней, электросварочную машину МТМК-3Х 100-4, механизм досылки сеток СМЖ-328А, пакетировщик сеток СМЖ-326А и тележку-контейнер СМЖ-327А. Эта линия отличается от линии 7728А/3 подачей продольной арматуры не с мотков, а в виде мерных стержней.

Автоматизированная линия 7850 предназначена для изготовления арматурных сеток шириной до 1450 мм с продольными стержнями диаметром до 40 мм и поперечными диаметром до 14 мм. Линия комплектуется различной длины с модулем 3 м в зависимости от габаритных размеров входящего оборудования. В состав линии входят два стеллажа СМЖ-491, два механизма

СМЖ-485 выдачи прутков из пучка, приемно-выдающий лоток СМЖ-487, портал-раскладчик СМЖ-486, механизм СМЖ-488 подачи прутков, роликовый конвейер СМЖ-489, пакетировщик СМЖ-490 и многоэлектродная сварочная машина МТМ-35.

Механизм подачи мерных стержней СМЖ-488 (рис. 14.5) состоит из четырех отдельных устройств: корректировки шага, выравнивания торцов стержней, подающей тележки и направляющего устройства.

Работа линии может производиться как в полуавтоматическом, так и в ручном режимах, т. е. при последовательном включении кнопок каждого механизма. Ручной режим используют при наладке оборудования, а также при изготовлении небольшого количества сеток или при плохом качестве арматурных стержней, когда возможны сбои в работе отдельных машин и механизмов.

14.2. УСТАНОВКИ И МАШИНЫ ДЛЯ СБОРКИ АРМАТУРНЫХ КАРКАСОВ

Объемные арматурные каркасы плоскостных железобетонных изделий получают сваркой плоских сеток или отдельных арматурных стержней с расположенными перпендикулярно им узкими сетками. При изготовлении длинных объемных арматурных каркасов с небольшими размерами поперечного сечения используют линейные установки. Они включают в себя монорельс с подвешенной к нему сварочной машиной, которая может перемещаться в продольном направлении. Рядом с монорельсом по всей его длине располагается поворотный или неповоротный кондуктор. Длинномерные каркасы изготовляют и методом гибки плоской сетки с замыканием концов поперечных стержней отгибом, сваркой или вязкой. Арматурные каркасы колонн выполняют на индивидуальных установках различной конструкции—вертикальных, горизонтальных и поворотных.

Вертикальная двусторонняя установка СМЖ-286А (рис. 14.6) имеет две вертикально расположенные сварные рамы 7, на каждой из которых находятся направляющие для размещения подвижной площадки 8 с устанавливаемым на ней кондуктором для сборки каркасов. Подъем и опускание площадки, перекачиваемой в направляющих на колесах, осуществляется электромеханическим приводом 9 с подъемной втулочно-роликовой цепью и двумя противовесами, подвешенными на стальных канатах. Цепь перемещается звездочкой, закрепленной на выходном валу редуктора, а входной вал вращается электродвигателем через упругую муфту. На одной полумуфте имеется шкив, на котором установлен электромагнитный тормоз. Напротив каждой подвижной площадки на колоннах смонтирован монорельс 4, на котором с помощью кареток установлены две подвесные сварочные маши-

ны МТП-806 со сварочными клещами 1. Клещи подвешены на поворотной консоли, имеющей на концах блоки, через которые проходит канат 6. На одном конце каната подвешены клещи, а на другом—контргруз. Подвесные сварочные машины 2 перемещаются вдоль монорельсов с приводом 3, включающим в себя электродвигатель, соединенный упругой муфтой с червячным редуктором. на выходном валу которого закреплен барабан с канавками „для намотки стального каната 5. Один конец каната закреплен с одной стороны каретки сварочной машины, а другой проходит через огнбной блок и закреплен с другой стороны машины. От

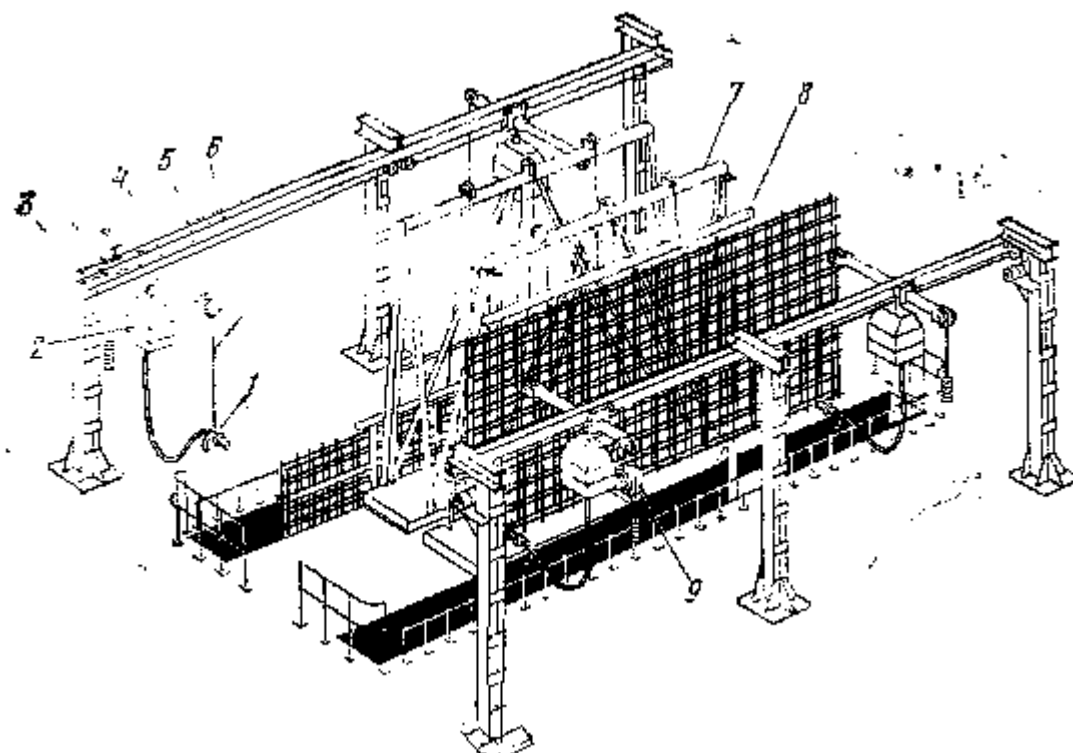


Рис. 14.6. Вертикальная установка СМЖ-286А для сборки и сварки арматурных каркасов

таких приводов каждая подвесная сварочная машина может перемещаться по монорельсам от середины до края кондуктора и обратно. Вытяжка каната устраняется с помощью винтовых стяжек

Вертикальная односторонняя установка СМЖ-56Б унифицирована с установкой СМЖ-286А.

Горизонтальная установка СМЖ-54Б предназначена для изготовления каркасов сравнительно небольших размеров.

При изготовлении арматурных каркасов ненапряженных железобетонных труб широко применяют способ, состоящий в продольной подаче расположенных по окружности продольных

стержней с одновременным их вращением, навивкой на стержни по спирали поперечной арматуры, сматываемой с мотков и ее сваркой в точках пересечения с продольными стержнями.

Установка СМЖ-117А предназначена для изготовления арматурных каркасов безнапорных железобетонных труб длиной 5 м с раструбом конической формы и диаметром 400...1500 мм. На ней используют продольную арматуру в виде мерных прутков, а поперечную—в виде проволоки, сматываемой с мотков. Установка (рис. 14.7) включает в себя приводную планшайбу 4, тележку 8 с конической оправкой, привод тележки 9, синхронизатор планшайбы, сварочный агрегат 13, бухтодержатели 14 для поперечной арматуры и электрооборудование. Планшайба выполнена в виде диска, установленного на роликовые опоры и соединен-

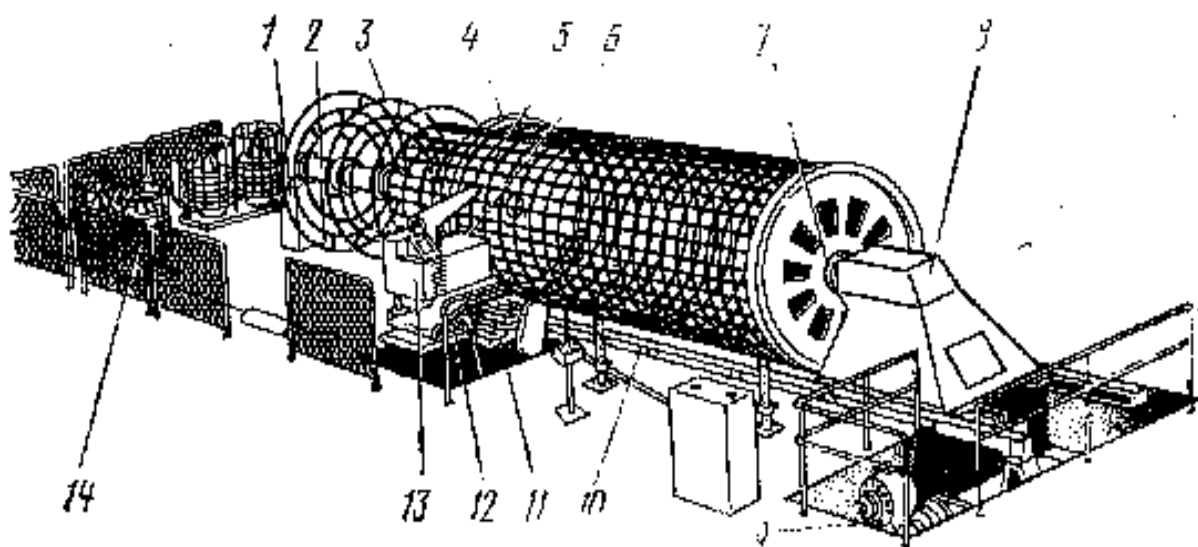


Рис. 14.7. Установка СМЖ-117А для изготовления арматурных каркасов железобетонных труб

ного с валом 2, задний конец которого опирается на подшипник стойки 1. Приход планшайбы осуществляется от четырехскоростного электродвигателя через промежуточные передачи и зубчатый венец. На приводной планшайбе закреплена сменная цилиндрическая оправка 5, имеющая направляющие для ориентации продольных арматурных стержней, которые поддерживаются также распределительными кольцами 3, установленными на валу планшайбы. Тележка перемещается на катках в продольных направляющих 10 установки. На шпинделе 7 установлены сменные тянущие конические оправки с быстродействующими шариковыми зажимами для закрепления концов продольных стержней каркаса. Для предотвращения скручивания свариваемого каркаса вращение с приводной планшайбы передается на конусную оправку с помощью синхронизирующего вала. Привод тележки осуществляется от электродвигателя постоянного тока и асинхронно-

то электродвигателя для ускоренного возврата тележки в исходное положение. Сварочный агрегат 13 состоит из трансформатора, сварочной головки 6, суппорта 11 продольной подачи головки, поворотной платформы 12, суппорта поперечной подачи с приводом и механизма поворота. Сварочная головка имеет два точечных электрода сопровождения, закрепленных на концах штоков плунжерных цилиндров. Механизм приема каркасов представляет собой две стойки с поворотными рычагами, несущими приемные штанги. Бухтодержатель для поперечной арматуры имеет вертикальную ось, на которую надевается съемная вертушка, и тормозное устройство.

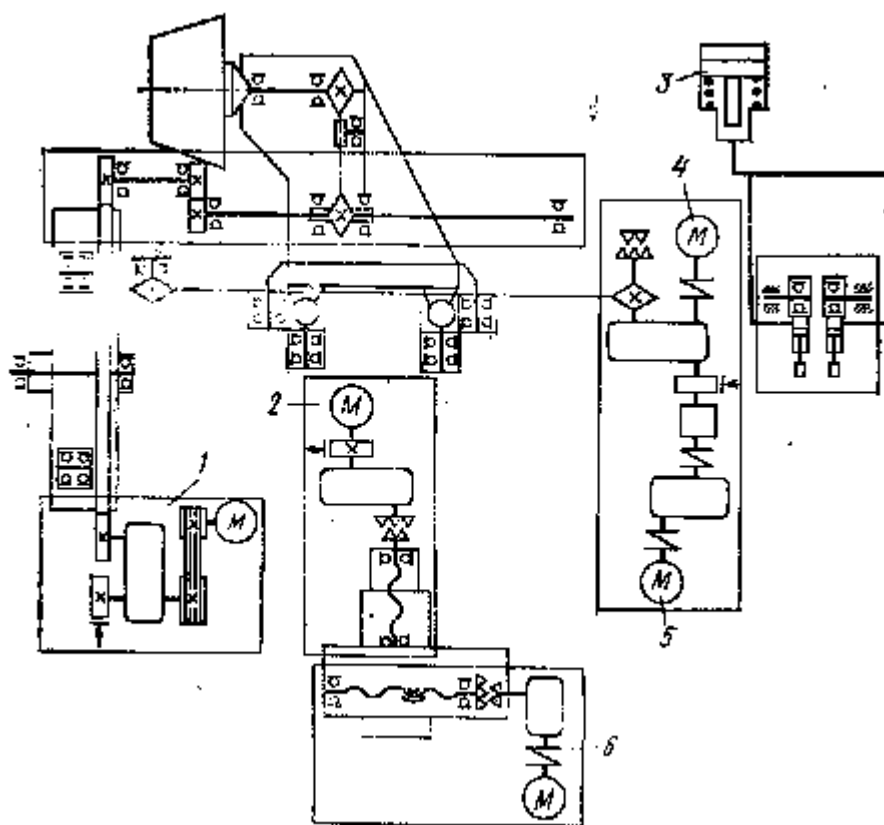


Рис. 14.8. Кинематическая схема установки СМЖ-117А:

1—привод вращения планшайбы; 2—привод поперечной подачи сварочного агрегата; 3—гидропневматический привод сварочных электродов; 4 — привод холостого хода тележки; 5 — привод рабочего хода тележки; 6 — привод продольной подачи сварочного агрегата

На рис. 14.8 показана кинематическая схема установки СМЖ-117А.

В отечественной используют также установки для сварки арматурных каркасов труб или свай, в которых сварка арматуры осуществляется роликовыми электродами.

Установка СМЖ-420 (рис. 14.9) для сварки арматурных каркасов железобетонных труб диаметром 1400, 1600, 2000 и 2400 мм,

длиной до 5 м работает с подачей продольной арматуры диаметром 6 мм и поперечной арматуры диаметром 8...10 мм с мотков. Число продольных стержней в каркасе может быть 12 или 24. Установка состоит из бухтодержателей 1 для продольной арматуры, механизма ее подачи 3, сварочного агрегата 4, механизма навивки поперечной арматуры 5, приемных направляющих 6 и электрооборудования 9. Сварочный агрегат представляет собой неподвижный портал, на котором по окружности расположены, 24 сварочные головки, перемещающиеся одновременно в радиальных направляющих с помощью винтов с гайками. Работа установки автоматизирована и состоит в подаче продольной арматуры, навивке на нее поперечной проволоки и их сварке в местах пересечения. Выходящий из сварочного агрегата каркас скользит по приемным направляющим. После получения необходимой длины каркаса его продольные стержни разрезаются.

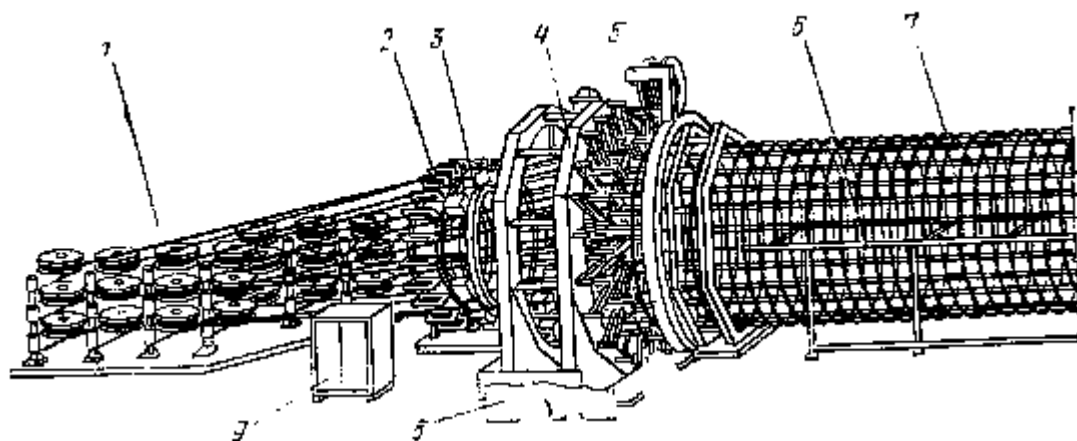


Рис. 14.9. Установка СМ.Ж--;20 для сварки и сборки арматурных каркасов железобетонных труб:

1—бухтодержатель; 2—механизм правки; 3—механизм подачи; 4—сварочным агрегат; 5 — механизм навивки поперечной арматуры; 6 — приемное устройство; 7 — каркас; 8 —ограждение; 9 — электрошкаф (пульт управления)

При производстве каркасов применяют станки СМЖ-88, СМЖ-361, СМЖ-313, 2836/105А и др. Станок СМЖ-313 предназначен для изготовления спиральных ненапряженных каркасов для напорных труб диаметром 500...1600 мм. Навивка каркаса производится путем спиральной (винтовой) укладки и закатки арматуры язычками разделительных полос, уложенных на направляющих ротора вдоль его оси и симметрично расположенных по окружности. Станок СМЖ-313 состоит из станины, каретки, передней и задней бабок, механизма подачи каретки, бухтодержателя, ротора и электрооборудования.

Станок СМЖ-361 предназначен для изготовления спиральных каркасов для напорных труб диаметром 1400 и 1600 мм. Конст-

рукция и принцип действия станка СМЖ-361 аналогичны станку СМЖ-313.

Станок 2836/105А предназначен для навивки арматуры на металлические цилиндры при производстве напорных труб. Станок состоит из передней и задней бабок, привода, откидного настила, каретки, подъемного стола, механизма подачи и бухтодержателя с катушкой.

При определении технической и эксплуатационной производительности установок и станков учитывают время, затрачиваемое на заправку и закрепление продольных прутков, установку поперечной проволоки под электроды, отвод суппорта, стягивание каркаса с приводной планшайбы, съем каркаса с установки и его транспортирование, установку нового мотка проволоки, транспортирование продольных прутков и т. д.

Автоматизация работы установок значительно повышает производительность при одновременном увеличении их стоимости. На практике наибольшее распространение получили полуавтоматические установки и станки для изготовления арматурных каркасов.

14.3. СТАНКИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАКЛАДНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Закладные детали, как правило, производятся на специализированных участках или в отдельном цехе с применением специального оборудования. Для заготовки стержневой арматуры используют правильно-отрезные станки, станки для гибки стержней. Листовой прокат разрезается на гильотинных ножницах, прессах или комбинированных ножницах.

Для изготовления закладных деталей, на пластинах которых имеются выпуклые точечные участки, получаемые штамповкой на прессах применяют контактную рельефную сварку, которую производят на одноточечных сварочных машинах общего назначения с приспособлениями для зажима деталей.

Для изготовления штампованных закладных деталей из стальной полосы шириной 25... 75 мм используют прессы с усилием 1000 кН. Для получения требуемой конфигурации деталей используют специальные штампы. Для защиты закладных деталей от коррозии применяют металлическое покрытие, наносимое путем гальванизации, а также электростатическое напыление специальных составов (например, эпоксидных). Толщина защитной пленки составляет 0,1 ...0,3 мм.

При унификации и стандартизации закладных деталей перспективным является применение роботов-манипуляторов и полной автоматизации процесса изготовления закладных деталей.

Оборудование для заготовки и натяжения арматуры предварительно напряженных железобетонных изделий

15.1. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЗАГОТОВКИ НАПРЯГАЕМОЙ АРМАТУРЫ

Напряжение арматуры заключается в ее предварительном растяжении, не превышающем предела текучести, и передаче возникающего в ней напряжения на бетон изделия, в котором создается внутреннее напряженное состояние (сжатие) до приложения эксплуатационных растягивающих нагрузок.

Предварительно напряженные железобетонные изделия и конструкции изготавливают с натяжением арматуры на затвердевший бетон или на упоры и последующей передачей усилий натяжения на изделие после его твердения. Натяжение арматуры на затвердевший бетон производят при изготовлении железобетонных конструкций большой длины (ферм, пролетных балок мостов, конструкций, собираемых из отдельных элементов, и т. п.). Наибольшее распространение получило изготовление железобетонных изделий с натяжением арматуры на упоры. Оно осуществляется при изготовлении изделий в перемещаемых формах при поточно-агрегатной или конвейерной технологии или в стационарных формах на стендах с упорами закрепленными на фундаменте.

При передаче усилия натяжения кг; бетон применяют высокопрочную проволоку в виде пучков и арматурные канаты (пряди). При передаче усилия натяжения на упоры используют стержневую арматуру, высокопрочную проволоку в виде пакетов или отдельных нитей и арматурные канаты. Проволоку и арматурные канаты применяют также при натяжении на бетон или упоры способом непрерывной намотки. Арматурные работы включают в себя технологические операции по заготовке напрягаемой арматуры и вспомогательных элементов, их соединению, укладке и натяжению.

Заготовка стержневой напрягаемой арматуры заключается в отрезке стержней заданной длины и образования на их концах временных концевых анкеров или установке инвентарных зажимов. Временные концевые анкера и инвентарные зажимы служат для закрепления напрягаемой арматуры на упоры форм, поддонов и стендов. Для закрепления стержневой напрягаемой арматуры применяют следующие типы временных концевых анкеров: стальные спрессованные в холодном состоянии шайбы (рис. 15.1,а); высаженные в горячем состоянии головки (рис. 15.1,б); приваренные коротыши (рис. 15.1,е); инвентарные зажи-

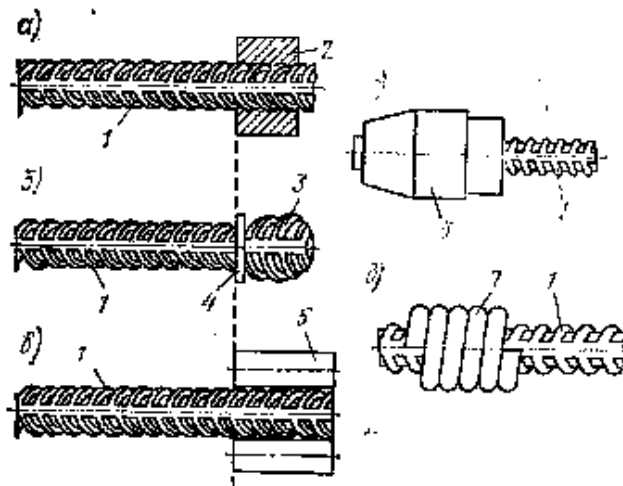


Рис. 15.1. Временные концевые анкеры:

1 — стержень; 2 — шайба; 3 — головка; 4 — опорная шайба; 5-коротыши; 6 -корпус; 7 — спираль

мы (рис. 15.1.г) спиральные анкеры (рис. 15.1,д) и др. Временные концевые анкеры в виде спрессованных шайб и спиралей изготавливают на механических и пневматических прессах. Шайбы для временных концевых анкеров штампуют из листовой или полосовой стали или изготавливают из круглого или шестигранного проката.

Высадку головок в горячем состоянии на установке СМЖ-32 рекомендуется производить одновременно на обоих концах стержня или поочередно на каждом конце на машине СМЖ-128Б и на стыкосварочной машине МС-1602 с соблюдением соответствующих режимов нагрева и высадки.

Установка СМЖ-32 состоит из приемного и подающего конвейеров, гидравлического станка для резки арматуры, машины для контактной стыковой сварки и высадки головок, механизма подачи и электрооборудования. Установка имеет следующие по-

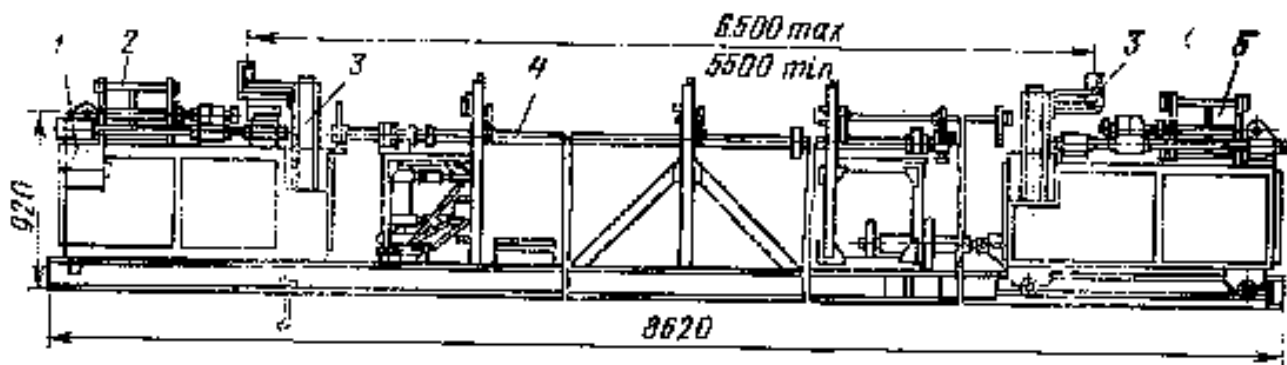


Рис. 15.2. Установка СМЖ-128Б для высадки анкерных головок на концах стержневой арматуры: 1—пульт управления; 2, 5—неподвижное и подвижное высадочно-зажимные устройства; 3 — склизы; 4 — загрузочное устройство

казатели: производительность—3 ... 6 плетей в час; длина плетей—18 530 ... 23 740, 30400 мм; установленная мощность трансформатора—100 кВ·А и электродвигателей—16,1 кВт; скорость движения плети—0,208 м/с; расход охлаждающей воды—0,300 м³/ч; расход воздуха—36 м³/ч; габаритные размеры—45321Х2420Х1400 мм; масса—3246 кг.

Машина СМЖ-128Б (рис. 15.2) предназначена для высадки анкеров на обоих концах арматурного стержня. Машина состоит из рамы, неподвижного и подвижного высадочно-зажимных уст-

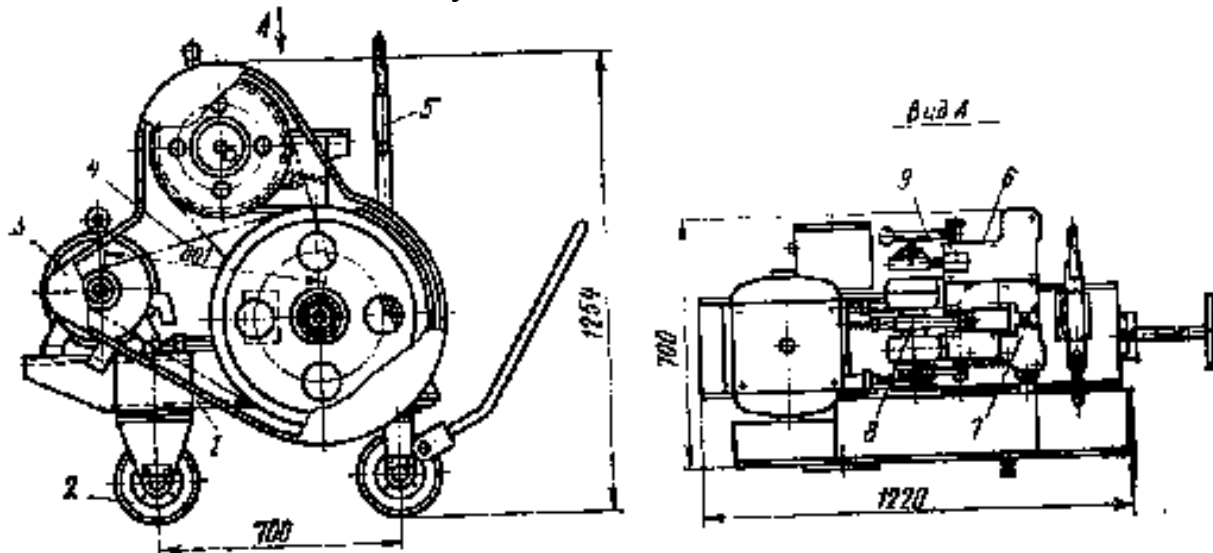


Рис. 15.3. Станок СМЖ-155 для высадки головок на высокопрочной проволоке в холодном состоянии:

1—рама; 2 -- колесо; 3 — электродвигатель; 4 — передача; 5 — подставка; 6 — пуансон; 7—плашк.-; 8 — крившипно-шутунный механизм; 9—механизм зажима

ройств, механизма передвижения, загрузочного устройства и электрооборудования. Высадочно-зажимное устройство представляет собой сварную конструкцию с пневмоцилиндром высадки, неподвижной и подвижной траверсами, перемещающимися по направляющим штангам.

Опрессовка анкерных шайб на концах напрягаемых арматурных стержней периодического профиля может также производиться на машине МО-5. Машина характеризуется следующими показателями: сила обжатия—до 2000 кН; диаметр стержня—10...22 мм и муфты (шайбы) 32... 45 мм; давление воздуха—0,6 МПа; продолжительность обжатия — 5 ... 8 с; производительность—до 300 обжатий в час; габаритные размеры—1670ХХ560ХП70 мм; масса—990 кг.

Высадку головок на высокопрочной проволоке в холодном состоянии можно производить на станке СМЖ-155 (рис. 15.3).

Установка СМЖ-213А предназначена для заготовки мерных отрезков напрягаемой прядевой и проволочной арматуры. Она включает в себя бухтодержатель, блок подачи и резания, переднюю, заднюю и среднюю секции, конечный выключатель и шкаф

с электроаппаратурой. Механизм подачи имеет сменные ролики, установленные на двух валах, которые поворачиваются эксцентриками и поджимаются пружинами, и ролики на двух ведущих валах, приводимых электродвигателем через клиноременную передачу. Механизм реза проволоки и прядей представляет собой неподвижную разрезную втулку-нож и поворотный от пневмоцилиндра эксцентрично расположенный стакан с подвижной втулкой-ножом. Проволочные пряди диаметром 12 и 15 мм разрезаются механизмом, состоящим из установленной на поворотном кронштейне дисковой пилы и тисков для зажима. Поворот пилы; и перемещение губок тисков осуществляется пневмоцилиндрами. Производительность установки зависит от типа и длины заготавливаемой арматуры. С увеличением длины арматуры производительность уменьшается. **Автомат СМЖ-484** предназначен для мерной резки стержневой арматуры, высадки анкеров на концах стержней, электронагрева и укладки нагретых стержней в упоры поддона при использовании электротермического способа натяжения арматуры.

15.2. МАШИНЫ И УСТАНОВКИ ДЛЯ НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРЫ

Натяжение арматуры на затвердевший бетон осуществляется механическим или электротермическим способом, а на упоры — механическим, электротермическим и электро термомеханическим способами.

Механический способ натяжения заключается в растяжении арматуры до предела текучести материала под действием прикладываемого усилия. Осуществляют его гидравлическими и механическими домкратами, грузовыми устройствами, лебедками с динамометрами, а также непрерывной навивкой с требуемым усилием.

Электротермический способ осуществляется удлинением арматуры, нагреваемой при пропускании через нее электрического тока. Электротермомеханический способ представляет собой совокупность механического и электротермического способов.

Усилие натяжения арматуры принимают с учетом потерь от усадки и ползучести бетона, релаксации стали, податливости анкеров, перепада температур и других факторов, уменьшающих усилие натяжения. Как правило, для проволок и канатов (прядей) предельное напряжение натяжения арматуры принимают в размере 0,65 от временного сопротивления $\sigma_{тв}$ стали, а для стержневой 0,8 ... 0,9 от предела текучести $\sigma_{тт}$ стали.

Механическое натяжение на упоры рекомендуется выполнять в два этапа: 1) до усилия 45 ... 50% от проектного значения с последующей проверкой правильности расположения арматуры и установкой закладных деталей, 2) натяжение до усилия на 10% больше проектного, выдержка в течение 3...5 мин и последующее снижение усилия до проектного значения. Усилие натяжения оп-

ределяют по показаниям манометра и контролируют по удлинению арматуры. При эксплуатации гидродомкраты подвергают тарировке, при которой определяется фактическое усилие натяжения арматуры в зависимости от показаний манометра.

Машина СМЖ-525 предназначена для механического упрочнения стержневой арматуры вытяжкой. Внутри силовой рамы машины осуществляется вытяжка стержней с помощью гидродомкратов. Силовая рама собирается из отдельных секций в зависимости от исполнения. Всего имеется семь исполнений для стержней длиной 6000 ... 24 000 мм.

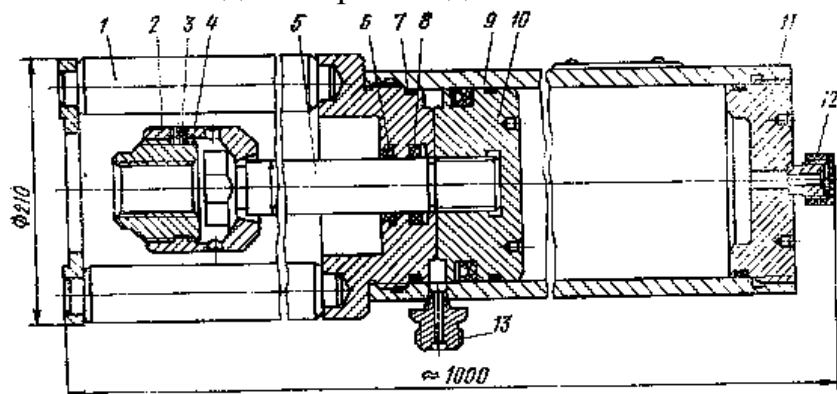


Рис. 15.4. Гидродомкрат СМЖ-82 для натяжения стержневой арматуры: гайка;

1 — шток; 6 — грязесъем — крышка; 12 — штуцер/ — упор; 2 — специальная гайка; 7 — кольцо, 5 — ^

Гидравлический домкрат **СМЖ-82** предназначен для натяжения стержневой арматуры. Домкрат (рис. 15.4) состоит из цилиндра, поршня с уплотнениями, закрепленного на штоке, захвата со сменными гайками и упора. Цилиндр закрыт с одной стороны крышкой, имеющей штуцер гидровозврата, с другой — упором. Скорость натяжения (перемещения штока) равна 0,0166 м/с. Гидродомкрат работает от насосной станции СМЖ-88.

Гидравлический домкрат СМЖ-81 (рис. 15.5) предназначен для натяжения пучковой арматуры. Он состоит из оголовка, цилиндра, штока с поршнем и манжетой, поршня и штока запрессовки пробки со штырем и обоймы с клиньями. Оголовок, являющийся опорной частью гидродомкрата, предназначен для создания направления натягивания проволок. Гидродомкрат подвешивается тросом к стреле насосной станции и соединяется с ней рукавами высокого давления. Гидродомкрат работает от насосной станции **СМЖ-83А**.

256

Гидравлический домкрат СМЖ-84А предназначен для натяжения стержневой арматуры. Он представляет собой насосную станцию, соединенную гибкими шлангами с гидроцилиндром. Насосная станция состоит из насоса, двигателя, маслобака, золотника разгрузочно-предохранительного клапана, манометра, двух

реле'давления и трубопроводов. Все узлы станции и гидроаппаратура установлены на раме сварной конструкции. Питание электроприемников производится от сети переменного тока на-

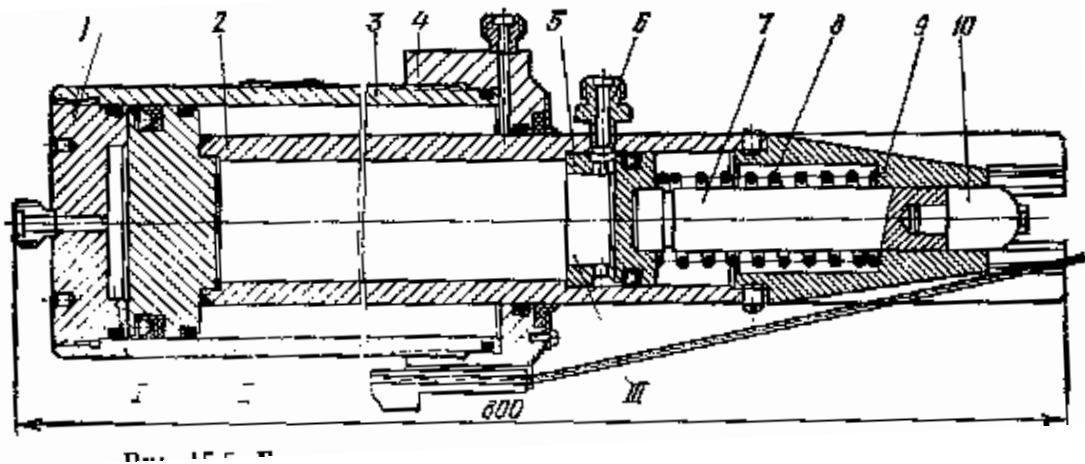


Рис. 15.5. Гидродомкрат СМЖ-81 для натяжения пучков арматуры:

1, II, III—полости; 1—заглушка; 2, 7 — шток с поршнем; 3—цилиндр; 4—обойма; 5-втулка; 6—штуцер; 8—пружина; 9 — оголовок; 10—штырь

пряжением 380 В. Гидроцилиндр представляет собой трубу с двумя ввернутыми крышками. Внутри цилиндра перемещается поршень со штоком.

Тяговое усилие гидродомкрата (кН)

$$P_{\delta} = k_3 k_1 \sigma_{\delta} z_c S / \eta,$$

где k_3 —коэффициент запаса, учитывающий потери при натяжении арматуры, $k_3=1,1$; k_1 —коэффициент, учитывающий величину предельного напряжения арматуры при натяжении, $k_1=0,60 \dots 0,70$; σ_{δ} —временное сопротивление стали, МПа; z_c —число одновременно натягиваемых стержней, шт.; S —площадь сечения одного стержня, m^2 ; η —КПД гидродомкрата, $\eta=0,94 \dots 0,96$.

При наличии противодействия в нерабочей полости цилиндра необходимо учитывать его величину при расчете тягового усилия гидродомкрата.

Ход поршня гидродомкрата (м)

$$L_i = \sigma_p L / E + l,$$

где σ_{δ} —расчетное (контролируемое) напряжение арматуры, МПа, $\sigma_{\delta}=(0,6 \dots 0,7) \sigma_{\delta}$; L —длина арматуры на участке натяжения, м; E —модуль упругости стали, МПа; $E = 176 \cdot 10^3 \dots 206 \cdot 10^3$ МПа;

l —длина свободного хода поршня, зависящая от провисания арматуры, м, $l=(0,006 \dots 0,01) L$.

Геометрические размеры гидродомкрата определяют по величине тягового усилия и выбранного давления масла в гидросистеме с учетом его конструкции. Техническую и эксплуатационную производительность гидродомкрата определяют, исходя из затрат времени на захват натяжным устройством анкера арматуры, освобождение анкера, перемещение натяжного устройства и т. п.

Установка СМЖ-129Б предназначена для удлинения арматуры электронагревом. Она состоит из рамы, подвижного и неподвижного контактов и электрооборудования и характеризуется следующими показателями: диаметр стержней—10...25 мм, длина стержней—3000 ... 5000 мм; число одновременно нагреваемых стержней—2; установленная мощность трансформатора—40 кВ-А; усилие прижима—4900 Н; усилие подтяжки стержней—2000 Н; температура нагрева—350...450°C; скорость нагрева в 1 мин—100 °С, масса—820 кг.

Предварительное напряжение σ_0 при электротермическом способе натяжения должно соответствовать заданному удлинению арматуры Δl_0 :

$$\Delta l_0 = [(k\sigma_0 + \Delta\sigma) / E] t_{\sigma},$$

где k — коэффициент, учитывающий упругопластические свойства стали, $k=1,0 \dots 1,15$; σ_0 —предел текучести стали, МПа; $\Delta\sigma$ —предельное отклонение напряжения σ_0 от заданного, МПа, $\Delta\sigma = \pm (45 \dots 100)$; E —модуль упругости стали, МПа; t_{σ} —расстояние между наружными гранями упоров на форме, поддоне или стенде.

15.3. МАШИНЫ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОЙ НАВИВКИ (НАМОТКИ) АРМАТУРЫ

Арматурно-навивочные (намоточные) машины навивают с напряжением проволочную или прядевую арматуру вокруг специальных штырей или упорной формы или на внешнюю поверхность железобетонных изделий. Напряжение арматуры создается ее механическим натяжением или комбинацией этого натяжения с предварительным электронагревом.

Машина СМЖ-360 (рис. 15.6) предназначена для навивки напряженных арматурных прядей диаметром 6 мм на специальный сердечник 3,1X3,1X2,37 м при изготовлении предварительно напряженных объемных элементов сборного элеватора. Она состоит из механизма навивки с приводом, механизма натяжения и подачи, ловителя связок, бухтодержателей и электрооборудования.

Механизм навивки представляет собой сварную круглую раму с поворотной платформой и роликовым кругом. Привод поворотной

платформы смонтирован на отдельной раме и состоит из двигателя, индукционной муфты скольжения, редукторов и колодочного тормоза. Выходной вертикальный вал конического редуктора соединен с входным валом механизма навивки посредством цепной муфты.

Натяжение проволоки создается за счет массы клетки. Величина натяжения регулируется количеством съемных грузов, а подача проволоки — конечными выключателями. Подвижная каретка состоит из двух щек, на которых закреплены четыре пары направ-

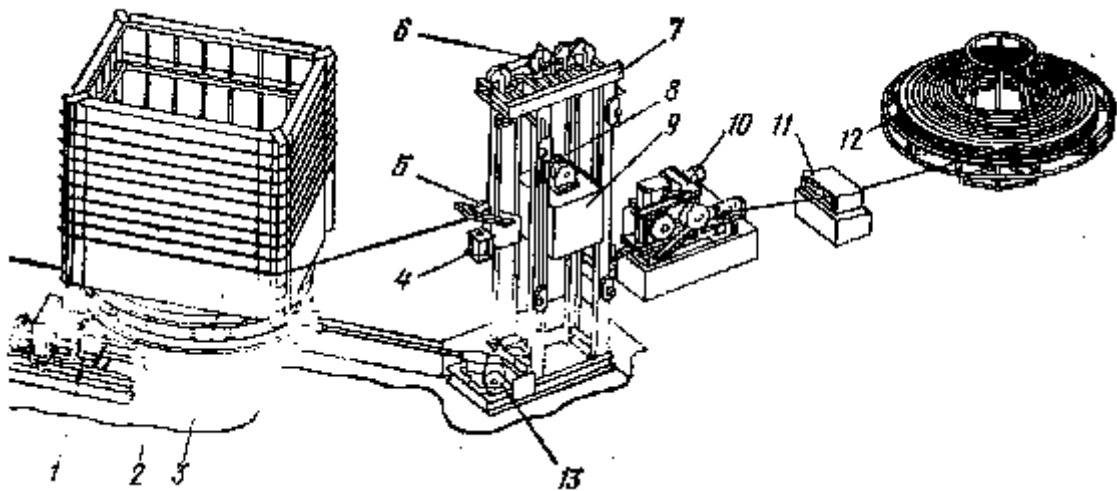


Рис. 15.6. Арматурно-навивочная машина СМЖ-360:

1—привод механизма навивки; 2—поворотная платформа; 3—элеватор; 4 пневмоцилиндр; 5—отклоняющий ролик пантографа; 6—блоки; 7—клеть; 8—направляющие; 9—груз; 10—механизм подачи; 11—ловитель связок; 12—бухтодержатель; 13—конический редуктор

ляющих роликов. Передвижение каретки осуществляется ходовым винтом, получающим вращение от механизма намотки. Ход каретки ограничивается двумя конечными выключателями. Намотка нескольких витков проволоки в пучке происходит при неподвижном пантографе. Привод пантографа состоит из конического редуктора с двумя входными валами, один из которых служит для передачи вращения от механизма навивки, другой—от двигателя для возврата каретки в исходное положение. На направляющей балке установлены два конечных выключателя, ограничивающих ход подвижной каретки. Арматура навивается на сердечник, установленный на поворотную платформу и удерживающийся на ней, под действием силы тяжести. По окончании намотки поворотная платформа автоматически останавливается. В машине СМЖ-360 применен комбинированный способ натяжения арматуры: механическое натяжение от грузовой клетки и электротермическое от трансформатора. Переключение работы машины на комбинированный способ натяжения происходит поворотом рычажка на пульте управления. Максимальное усилие натяжения составляет 26 кН.

Машины 6281А и 6281 Б предназначены для непрерывной навивки с электромеханическим напряжением проволоки диаметром 4 и 5 мм или каната диаметром 6 мм на штыри поддонов форм при изготовлении железобетонных многопустотных панелей перекрытий шириной 4500 и 2500 мм.

Машина 6281 Б (рис. 15.7) включает в себя стационарную порталную раму, мост и каретку, перемещающуюся вдоль моста. На коробке расположена пиноль, которая имеет механизм установки

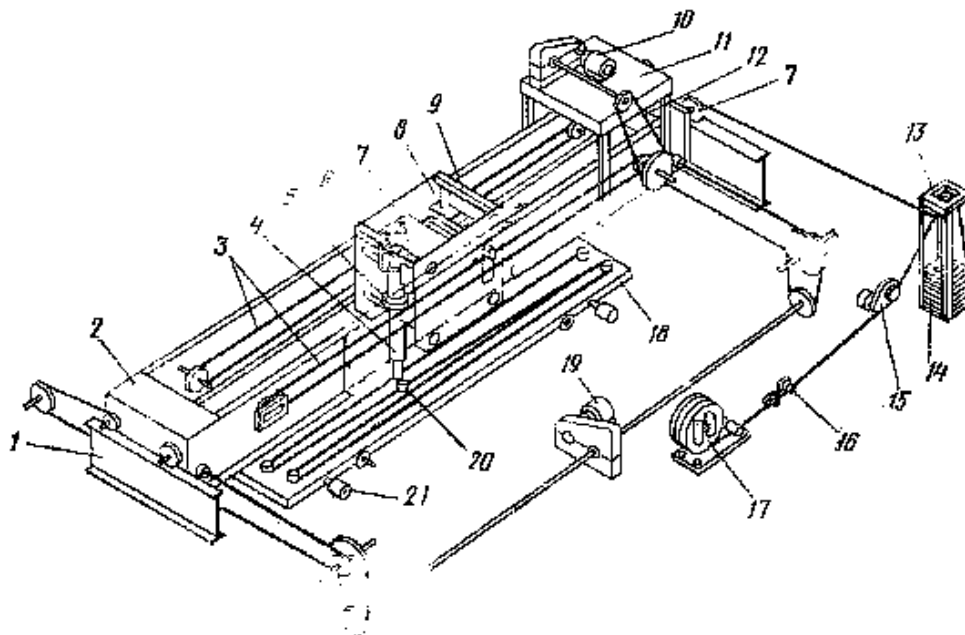


Рис. 15.7. Арматурно-намоточная машина '52;-; 5:

1 — порталная рама; 2 — мост; 3 — цепные передачи продольного перемещения каретки, 4 — пиноль; 5, 6 — механизмы поперечного и вертикального перемещения каретки; 7 — направляющие блоки для проволоки; 8—водило каретки с реверсивным механизмом; 9—каретка; 10—привод каретки; 11—рама привода; 12—цепные передачи привода; 13—механизм натяжения; 14 — груз; 19 — выдающий механизм; 16 — ловитель связок; 17 — катушка с тормозным устройством; 18 — поддон со штырями; 19—привод перемещения моста; 20 — поворотный ролик шпинделя пиноли; 21 — гидродомкрат фиксации поддона

высоты и перемещения вдоль каретки. Проволока, подлежащая навивке и напряжению, проходит с двух бухтодержателей через механизм подачи и механизм натяжения с грузом и системой подвижных и неподвижных блоков и далее через расположенные на мосту огибные блоки к пиноли, при движении которой проволока вытягивается из грузового механизма натяжения. На машине имеется механизм, удерживающий специальным носителем натянутую проволоку.

Машина с непрерывной навивкой проволоки на штыри может выполняться по схеме, в которой неподвижная порталная рама заменяется перемещающейся тележкой (машина ДН-7). Такие

машины можно применять при навивке арматуры для изделий большой длины, изготовляемых по стендовой технологии. При использовании способа непрерывной навивки арматуры необходимо следить за качеством навивки. При обрыве арматуры она сходит со штырей и не может быть повторно использована. Причиной обрыва может быть завышенное напряжение арматуры, динамические нагрузки от быстро движущихся механизмов, малые диаметры

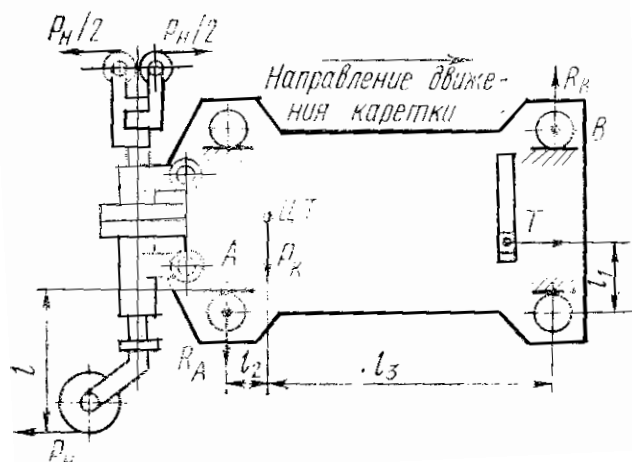


Рис- 15.8. Схема к расчету каретки арматурно-намоточной машины

штырей и т. п. Механизм передвижения моста должен преодолевать усилие натяжения проволоки и сопротивление от трения опорных колес.

ТЯГОВОЕ УСИЛИЕ для передвижения моста (Н)

$$P_M = P_H + F_M,$$

где P_H — усилие натяжения проволоки, Н; F_M — сопротивление перемещению моста, Н.

Тяговое усилие для передвижения каретки (Н)

$$P_K = P_H + F_K,$$

где F_K — сопротивление перемещению каретки, Н.

$$F_e = P_p (2\mu / D + td / D) \beta,$$

где P_p — суммарная сила прижатия опорных роликов к направляющим, Н, $P_p = P_a + P_b$ (рис. 15.8).

Силу P_p находят из уравнения моментов и сил относительно точки А.

При работе машины с непрерывной навивкой проволоки нельзя допуска. обрыва арматуры, так как при обрыве проволоки вся навитая на штыри арматура сходит с них и не может быть повторно использована.

Глава 16 Формы для изготовления железобетонных изделий

16.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И КОНСТРУКЦИЯ ФОРМ

В производстве сборного железобетона формы являются самым массовым и металлоемким видом технологического оборудования. От них в значительной степени зависят как технико-экономические показатели производства, так и качество железобетонных изделий.

Конструкция форм должна обеспечивать требуемые геометрию и размеры изделий, простоту, удобство сборки и разработки, чистки и смазки, плотность соединений отдельных сборочных единиц и отклонение размеров в пределах допускаемого, а также степень их соответствия технологии производства изделий. Как правило, допускаемые отклонения на размеры форм примерно вдвое меньше допускаемых отклонений на размеры соответствующих железобетонных изделий.

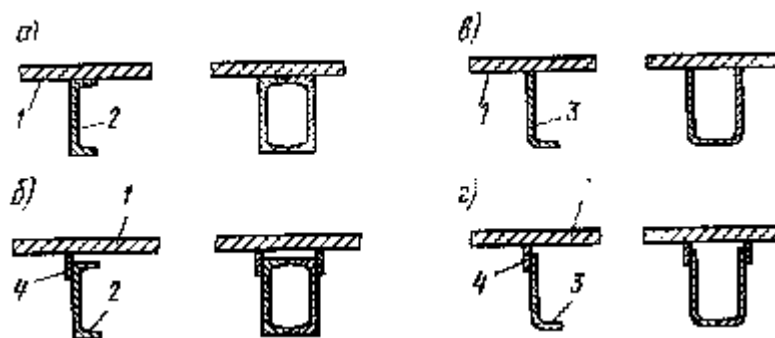


Рис. 16.1. Сечения поддона с балками разных типов:

а — балки из прокатных профилей; б — то же, крепление к обшивке поддона с помощью компенсаторов; в — балки из гнутых профилей; г — то же, крепление к обшивке поддона с помощью листовых компенсаторов; 1 — обшивка; 2 — швеллер; 3 — гнутый неравнополочный уголок; 4 — листовой компенсатор

Формы классифицируют по назначению, технологической схеме производства, основным показателям технологического оборудования, конструкции и материалу. Применяемые при изготовлении железобетонных изделий формы подразделяются на передвижные, переносные и стационарные; поддоны; формы с откидными или раздвижными бортами; неразъемные; индивидуальные и групповые; стальные, деревянно-металлические, пластмассовые (полимерные), железобетонные и комбинированные; силовые и несиловые; обычные и термоформы; без оснастки и со сменной оснасткой; с приводом оснастки и без привода.

Материал для форм выбирают на основании технико-экономических расчетов. Наибольшее применение получили металлические формы. Формы из неметаллических материалов (деревянные, стеклопластиковые и железобетонные) рекомендуются для производства мало- и среднесерийной продукции или единичного изготовления. Расчетная оборачиваемость неметаллических форм составляет: деревянных—15 ... 120 циклов; стеклопластиковых— 200 ... 400; железобетонных—300 циклов. Основными элементами форм являются: поддон, бортоваяоснастка, шарнирные или другие соединения для крепления бортов к поддону, замки для крепления бортов между собой, устрой-

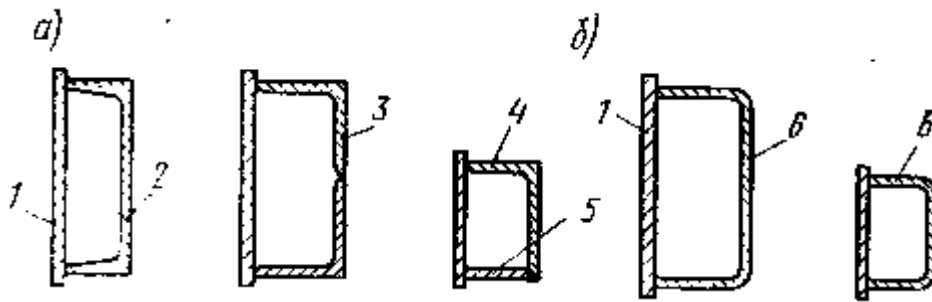
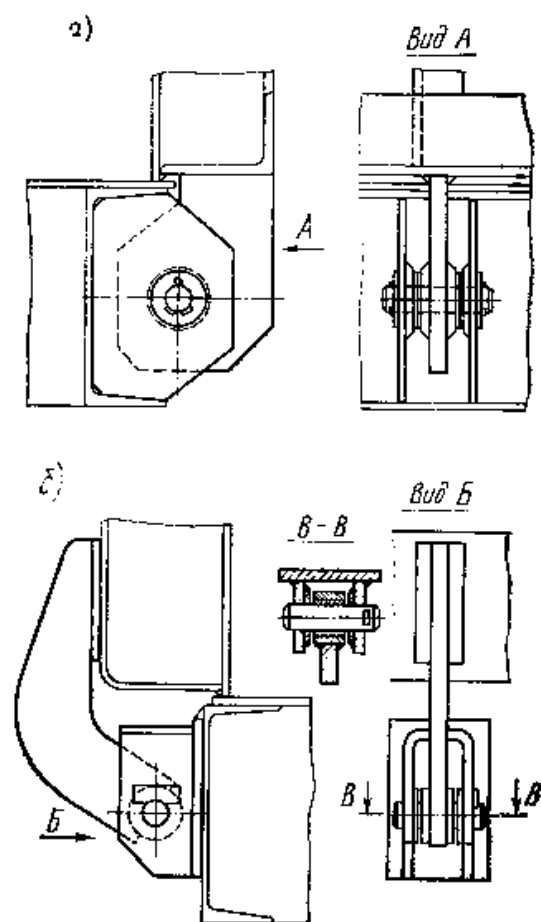


Рис. 16.2. Сечения бортов замкнутого профиля:

а — при использовании для замыкания прокатных профилей; б—то же, гнутых профилей; 1—лист; 2 — швеллер; 3—4—уголки; а—листовой компенсатор; б — гнутый швеллер

ства для монтажа, передвижения или для захвата формы грузоподъемными средствами.

По конструкции применяемые поддоны в основном одинаковые и отличаются лишь размерами применяемого профильного металла (рис. 16.1). В термоформах дополнительно приваривается сплошной лист снизу для образования паповой полости и монтируются устройства для равномерного распределения пара по всей поверхности и выпуска конденсата. Конструкция бортов форм весьма разнообразна. Борта сварены, как правило, из листового для фасонного проката и гнутых профилей. В настоящее время применяются борта закрытого коробчатого сечения (рис. 16.2). На всех формах применяют почти однотипные шарниры (рис. 16.3). Съемную бортовую оснастку крепят винтовыми устройствами с ручным пневматическим, гидравлическим и электромеханическим приводами. Для крепления бортов применяют клиновые, рычажные с пружинящей скобой, накидные с фиксирующим зубом и другие замковые устройства (рис. 16.4).



Поддон **СМЖ-3010Б** является основанием формы для изготовления плоских железобетонных изделий различной номенклатуры крупно панельного домостроения. Конфигурацию изделия получа-

ют путем монтажа на поддоне бортоснастки и проемообразователей. Поддон (рис. 16.5) представляет собой жесткую стальную раму, выполненную из профильного проката с рабочей поверхностью из стального листа. На раме установлены четыре колеса на полуосях, обеспечивающие возможность движения поддона по рельсовому пути вдоль конвейерной линии. Поддон характеризуется следующими показателями: длина настила—7260 мм; ширина—3160 мм; высота от головки рельса—330 мм; колея—

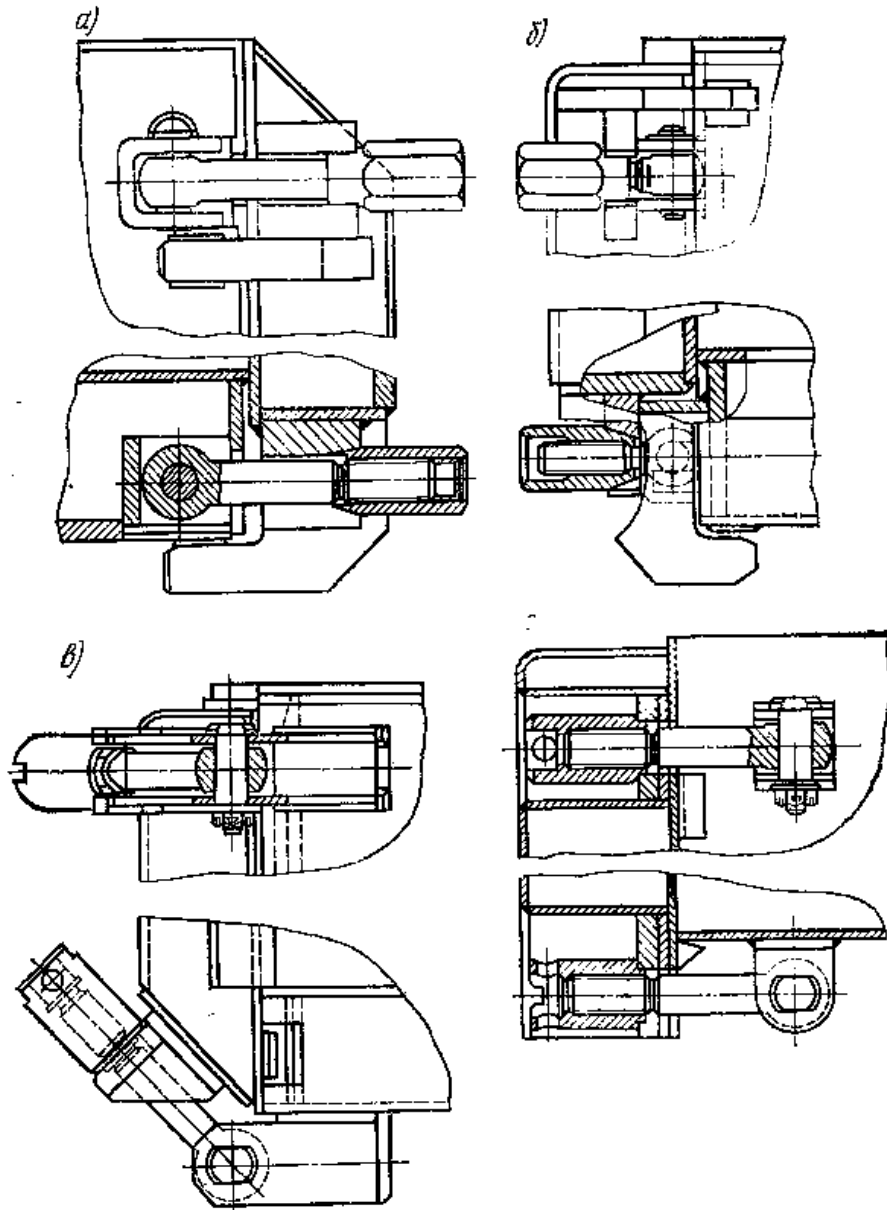


Рис. 16.4. Соединительные замки:

a—натяжной; *б, в, г.* — шарнирные — трубчатый, угловой и натяжной

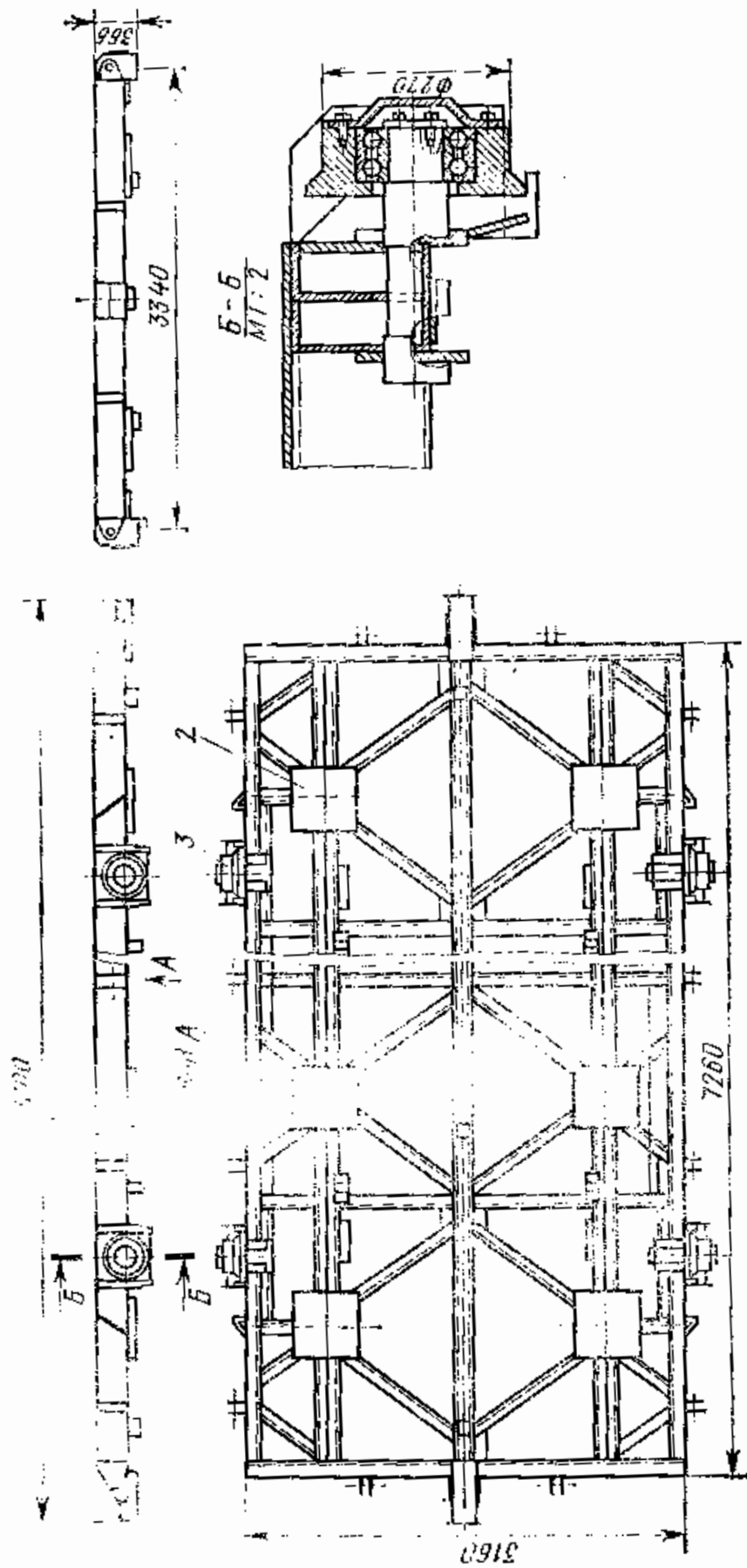


Рис. 16.5. Поддон СМЖ-3010Б для изготовления плоских железобетонных изделий:
 1 — рама; 2 — подмагнитная планка; 3 — колесо

3340 мм; масса—4720 ... 5130 кг. Поддон применяется на конвейерных линиях, оснащенных кантователем, устройством для открытия и закрытия бортов и виброплощадкой. Наличие на раме поддона различных присоединительных мест позволяет устанавливать ту бортоснастку, которая необходима для производства заданного изделия.

На рис. 16.6 показана передвижная форма для изготовления наружных стеновых панелей.

При изготовлении многопустотных панелей перекрытий размером до 1,5х6,28 м применяют поддон **СМЖ-548**. Поддон (рис. 16.7) состоит из рамы /, приваренных к раме упоров 3 и откидных упоров 5 для напрягаемой арматуры и фаскообразователей 4.

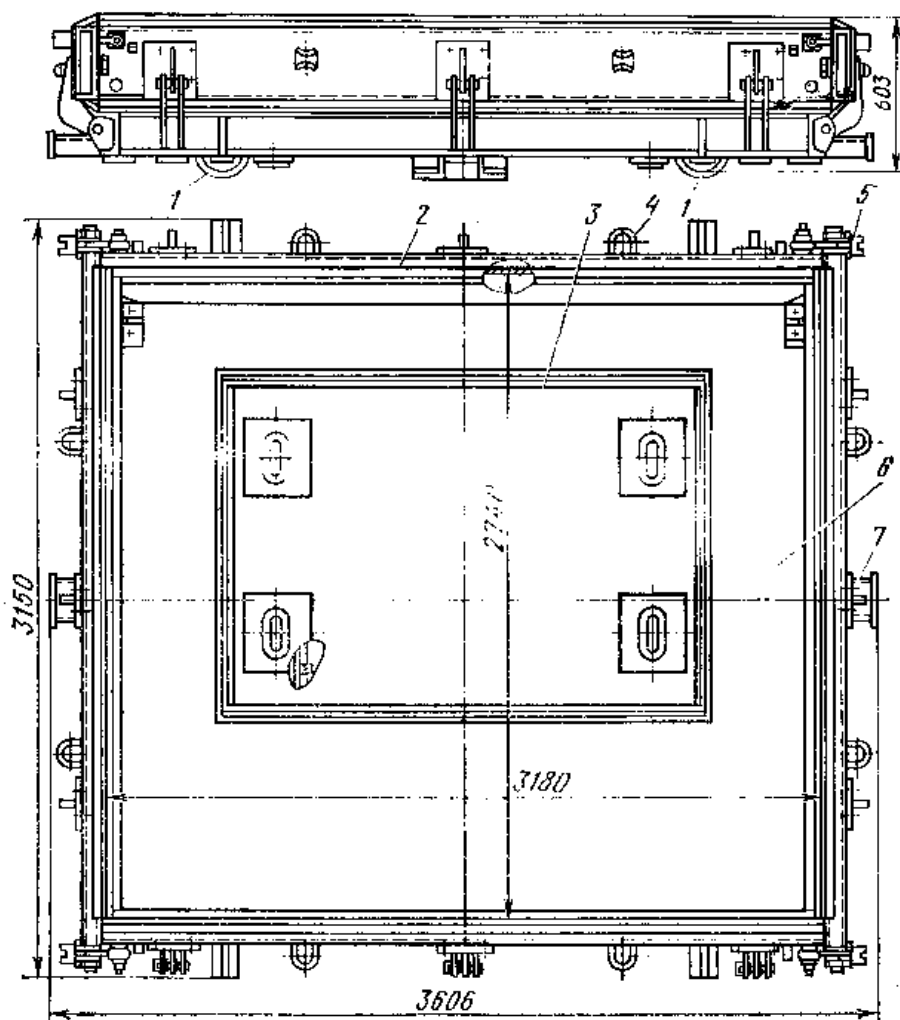


Рис. 16.6. Форма для изготовления наружных стеновых панелей:

/ — колесо; 2 — борт; 3 — вкладыш для образования оконного проема; 4 — монтажная петля; 5 — винтовой замок; 6 — поддон; 7 — упор для перемещения формы

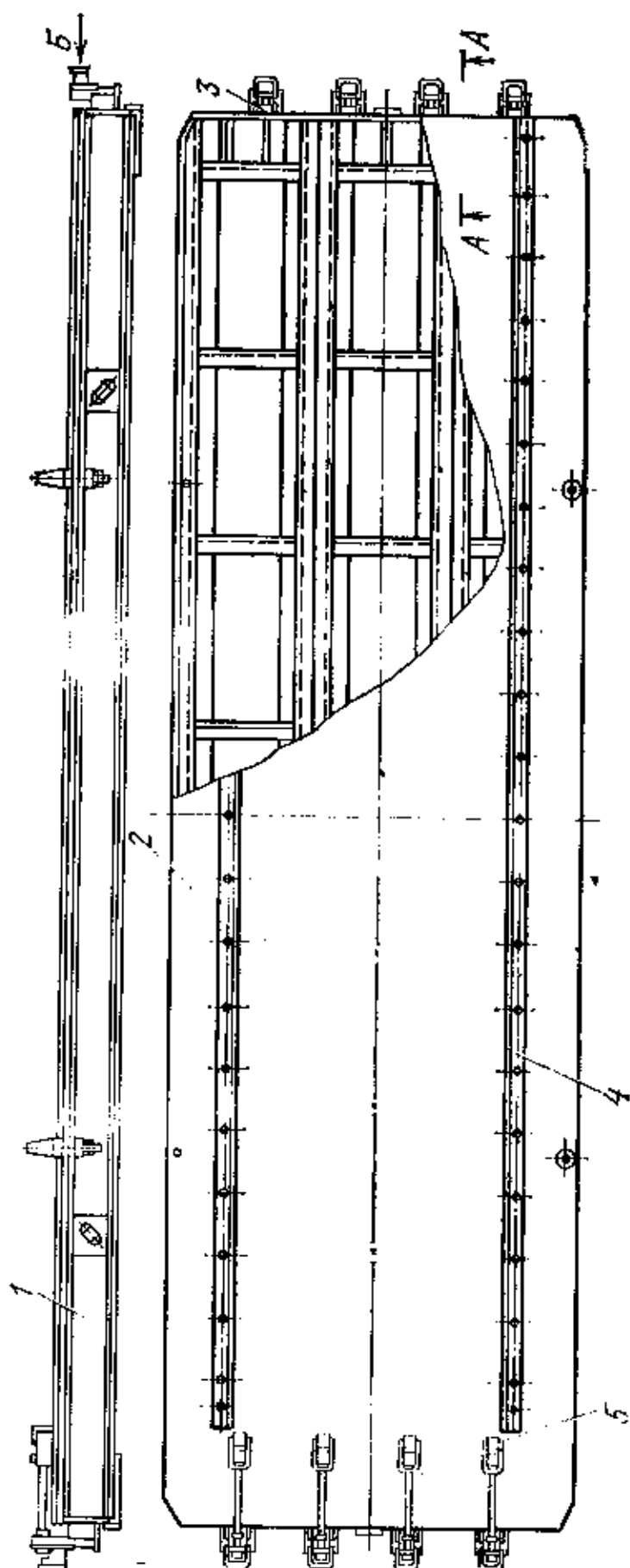


Рис. 16.7. Поддон СМЖ-548 для изготовления многопустотных панелей перекрытий

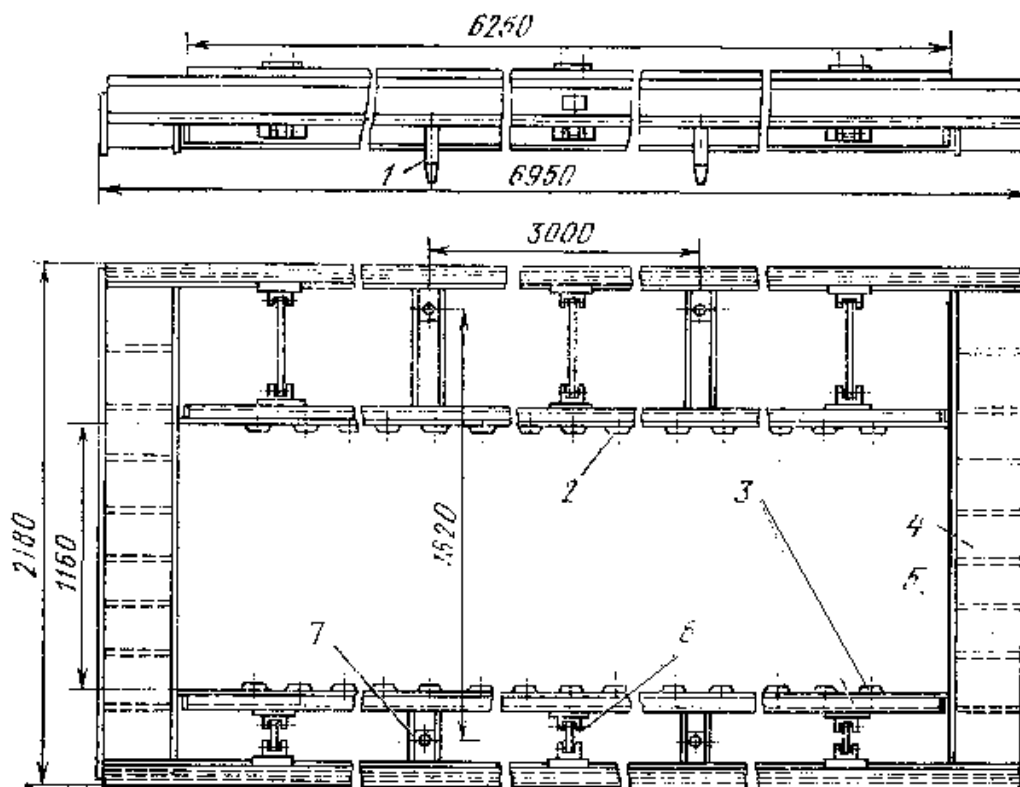


Рис. 16.8. Бортоснастка СМЖ-600/1Б для изготовления многпустотных панелей перекрытий:
 1—штырь; 2 — накладка для образования шпонок; 3—продольный борт; 4—рама, 5- торцовый лист; 6 — шарнир;
 7 — упор

Сварная из швеллеров рама с рабочей стороны закрыта сплошным листом 2. С нижней стороны рамы приварены магнитные плиты для установки и крепления на виброплощадке. По торцам поддона приварены упоры, в которые закладывается напрягаемая стержневая арматура. Упоры снабжены стальными накладками и ограждениями. Упоры с овальными отверстиями служат для установки и фиксации бортоснастки и поддона. Поддон имеет следующие показатели: длина изделия—5980 и 6280 мм; ширина—1190 и 1490 мм; высота—220 мм; усилие натяжения одного стержня арматуры— 116,7 кН; масса—3400 кг. Поддон совместно с бортоснасткой образует форму.

Бортоснастка СМЖ-600/1Б (рис 16.8) представляет собой раму, продольные балки которой сварены из гнутого профиля и связаны между собой торцовыми листами, имеющими круглые

№ 2 (в сборе)

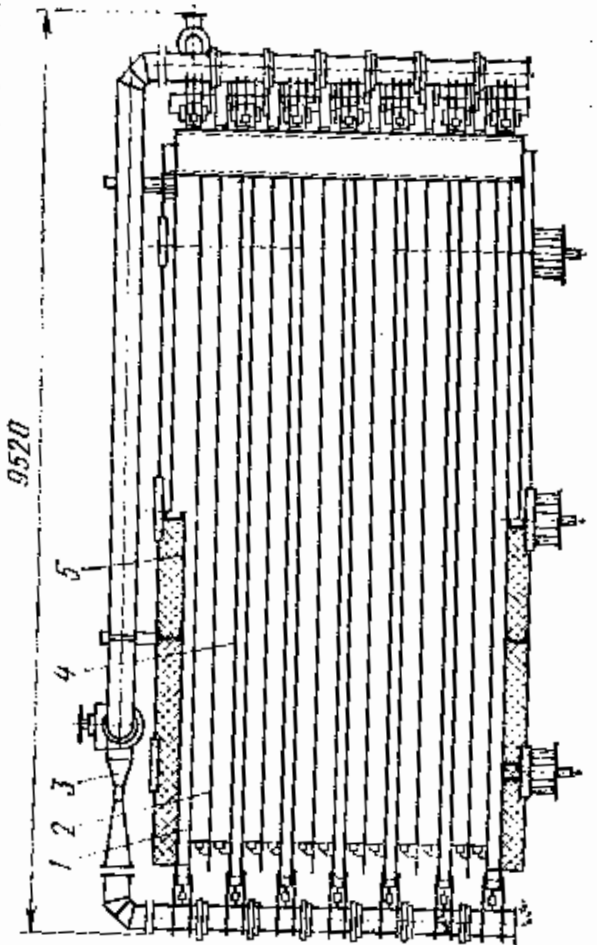
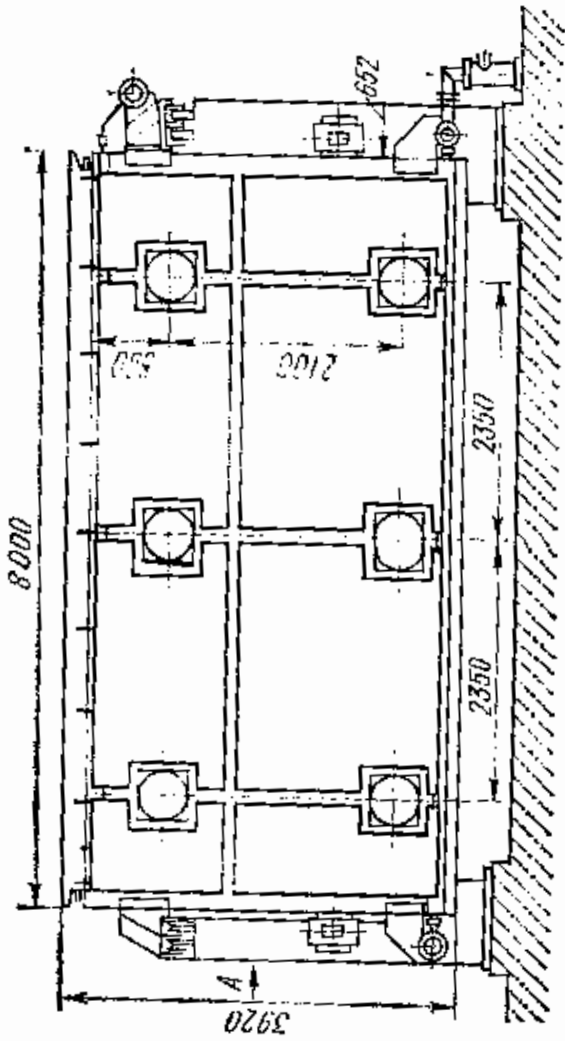
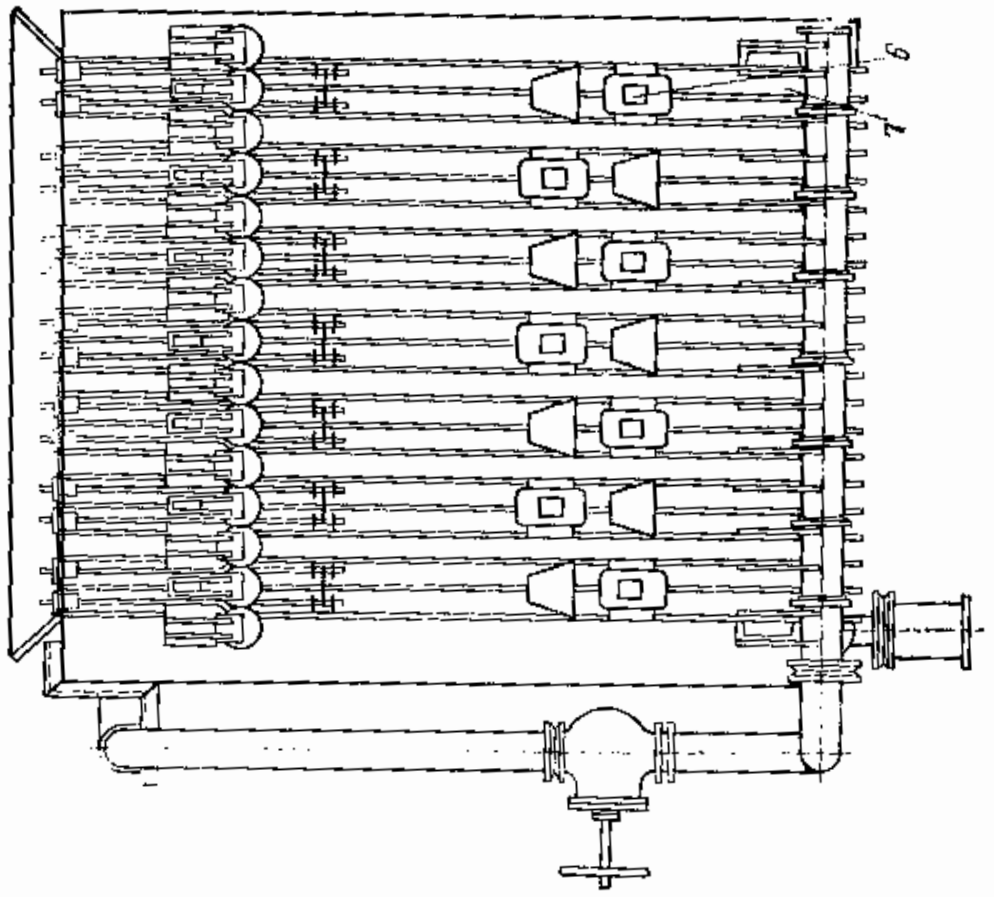


Рис. 16.9. Кассета СМЖ-253 для вертикального формования железобетонных изделий:

1, 5—неподвижная и подвижная стенки; 2, 4—разделительная и тепловая стенки; 3—установка эжектора; 6—установка вибровозбудителя; 7—рабочие борта

отверстия для прохождения вкладышей (пустотообразователей) формовочной машины. В торцовых листах имеются пазы для укладки предварительно напряженной арматуры. К продольным балкам шарнирно крепятся продольные борта, имеющие накладку для образования шпонки в панели. Поддон с изделием посредством автоматического захвата поднимается и транспортируется в камеру для тепловой обработки. Распалубка формы осуществляется подъемом бортоснастки порталом.

Для вертикального формирования плоских, ненапряженных панелей перекрытий, внутренних стен, перегородок применяются кассеты. **Кассета** (рис. 16.9) состоит из неподвижной 1, тепловых 4, разделительных 2 и съемной стенок, роликоопор, замков вибровозбудителей 6 (вибраторов), теплоносителя и рабочих бортов 7. Неподвижная и тепловая стенки представляют собой жесткую сварную раму коробчатого сечения. С одной стороны к раме приваривается рабочий лист, с другой—шумоизолирующие рамки, состоящие из металлических листов, уголков и резиновых уплотнений. Между листом и швеллерами имеется пространство, в которое подается пар для тепловой обработки бетона. С наружной стороны рамы между швеллерами укладывается минеральная вата для теплоизоляции. В неподвижной стенке имеется камера для установки лабораторных кубиков. К формирующему листу стенки приварен ряд гнезд, в конические отверстия которых плотно вставляются конусы борта. При подъеме изделия вверх вместе с ним поднимается и борт, который, дойдя до упора, отрывается от изделия и благодаря коническому отверстию падает вниз и устанавливается на прежнее место. Для предохранения подвижного борта от выпадания из гнезда верхний и нижний конусы сделаны с выступами. Конструкция нижнего борта позволяет производить вертикальный съем изделий без предварительного его отрыва от стенки.

Паровые рубашки оборудованы разделительными ребрами, обеспечивающими принудительное движение теплоносителя. Тепловые отсеки в кассете расположены через два изделия. Каждый тепловой отсек имеет по три штуцера: два—внизу для соединения с пароподводящим и конденсатным коллекторами, третий—вверх для соединения с рециркуляционным коллектором. К боковым торцам стенок вверху крепятся кронштейны роликоопор для перемещения стенок кассеты по направляющим рамы. Для скрепления стенок между собой имеются замки. При подъеме и опускании штанги замка происходит соединение или разъединение стенок. Бетон уплотняется в кассете вибровозбудителями, которые крепятся к разделительным стенкам.

Устройство для теплоносителя состоит из трех разъемных коллекторов, эжектора и гидрозатвора. Разъемные коллекторы обеспечивают подачу пара в тепловые отсеки, отсос паровоздушной смеси и отвод конденсата из тепловых отсеков кассеты. При

эжекторной подаче пара обеспечивается циркуляция паро-воздушной смеси. В системе отвода конденсата устанавливается гидрозатвор. Для удобства заполнения рабочих отсеков бетоном кассета имеет сверху с четырех сторон козырьки, два из которых жестко закреплены к крайним стенкам (неподвижно-движной), а два—сВ начале работы все стенки кассеты, кроме стационарной, отведены в крайнее положение. Раздвинутый отсек смазывается и заряжается арматурой и закладными деталями, Отодвинутые стенки с помощью распалубочной машины сдвигаются, замком соединяют стационарную стенку со смежной промежуточной стенкой, разъединяют замок, соединяющий эту стенку со следующей тепловой, и отодвигают этот пакет в крайнее положение. Цикл повторяется, пока все стенки не будут оснащены арматурой. После этого кассету заполняют бетоном при периодическом включении вибровозбудителей и по окончании подают пар под давлением не более 0,015 МПа.

Для изготовления железобетонных безнапорных труб диаметром 500 ... 1400 мм и длиной 5 м с конической формой раструба на роликовых центрифугах и тепловлажностной обработкой в вертикальном положении применяются формы (рис. 16.10), состоящие из корпуса (двух полуформ), раструбообразователя, съем-

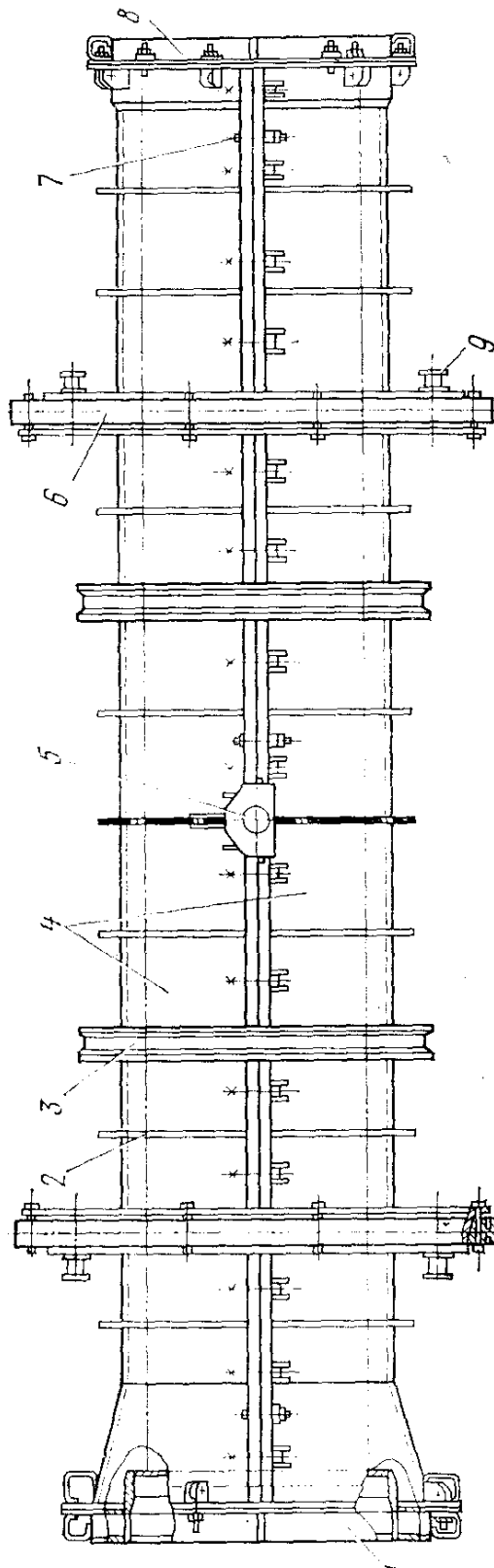


Рис. 16.10. Форма для изготовления железобетонных безнапорных труб на роликовых центрифугах:

1 — раструбная крышка; 2 — ребро жесткости; 3 — вспомогательный бандаж с ребрами; 4 — полуформы; 5, 9 — цапфы; 6 — съемные цельные бандажи; 7 — болтовое соединение; 8 — торцовая крышка

ных бандажей и торцовой крышки. Каждая сварная полуформа выполнена из листового металла с поперечными ребрами и продольными фланцами. Полуформы фиксируются между собой и соединяются откидными болтами. Для уплотнения 'разъема полуформ служат резиновые шнуры, закладываемые в пазы, расположенные вдоль фланцев. Раструбообразователь имеет четыре скобы для захвата съемным приспособлением. Для установки на ролики центрифуги форма имеет два съемных цельных бандажа. При разработке формы бандажа снимаются. При сборке они прикреп-

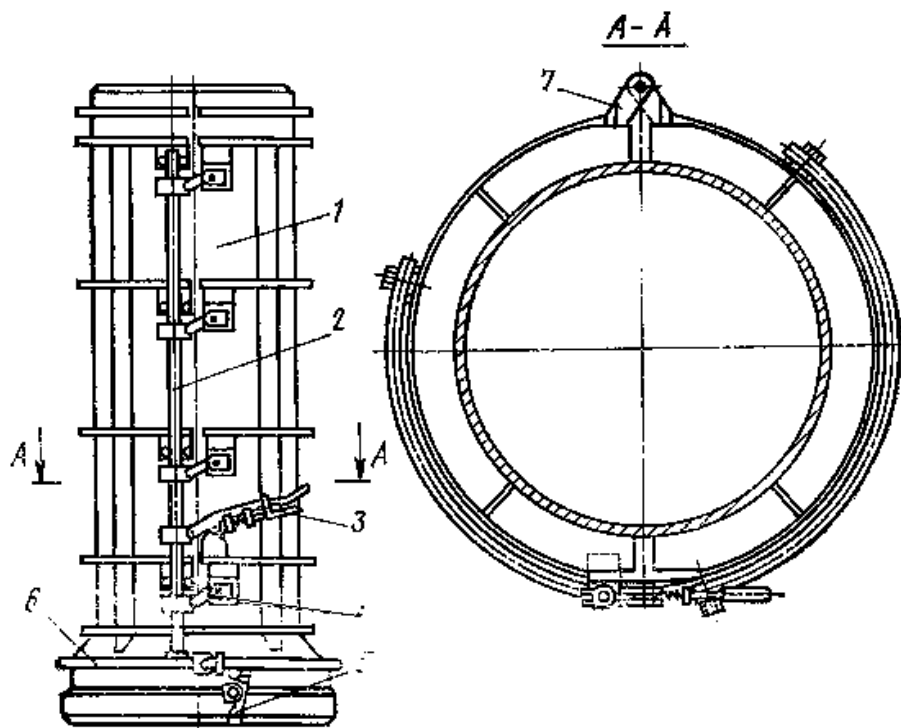


Рис. 16.11. Формы СМЖ-222, СМЖ-297, СМЖ-298 и СМЖ-223 для изготовления бетонных безнапорных труб способом радиального прессования:

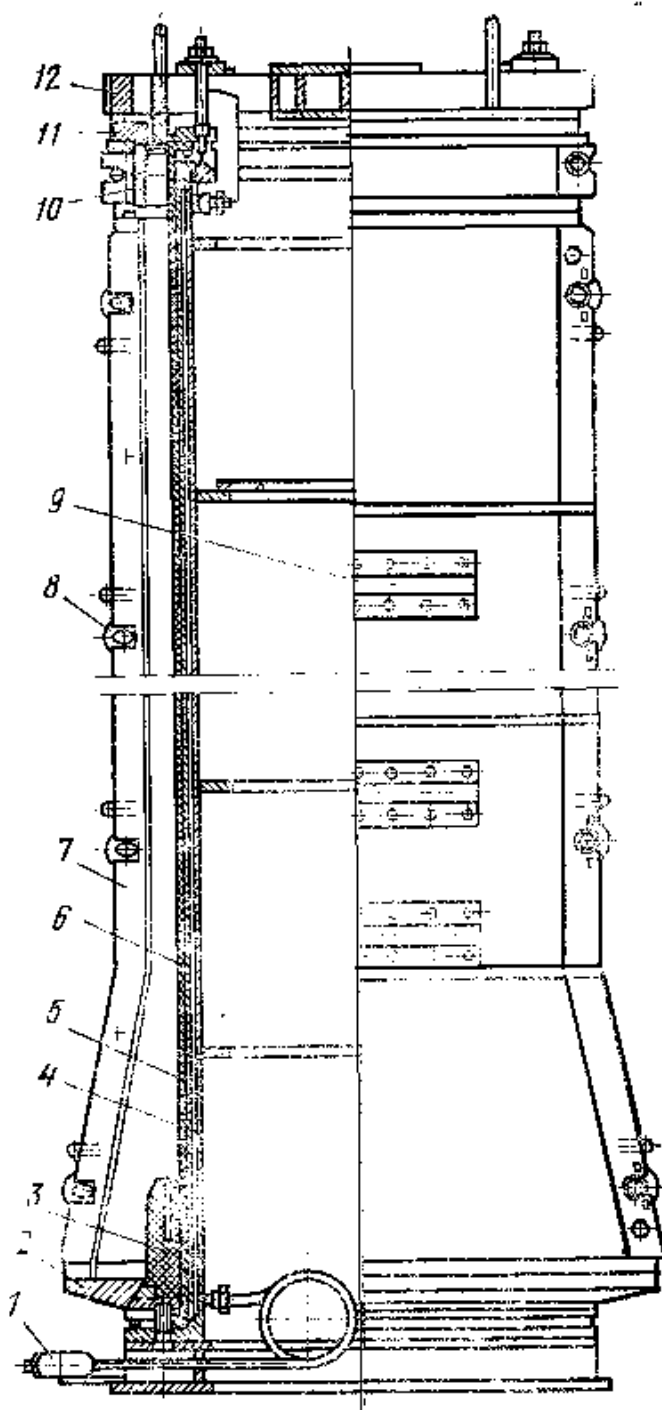
1—створка; 2—штанга; 3—рукояжка; 4—замок; 5—фиксатор; 6—кольцо; 7—шарнир

ляются болтами к опорным полукольцам полуформ. Для установки на посты распалубки и чистки форма имеет разъемные вспомогательные бандажи. Для транспортирования в вертикальном положении и для кантования форма имеет цапфы в средней части.

При изготовлении бетонных безнапорных труб диаметром 300 ... 600 мм способом радиального прессования используют разъемные формы (рис. 16.11), состоящие из двух полуформ, соединенных между собой штифтами и замками. Все замки створок связаны между собой штангой и рукояткой для их открывания и закрывания. В нижней части формы имеются три фиксатора для установки поддона. При открывании и закрывании замков полуформ открываются или закрываются фиксаторы. В верхней части формы имеется кольцо, которое предназначено для транспорти-

Рис 16.12. Форма для изготовления напорных железобетонных труб с пособием виброгидропрессования:

1 — патрубок для подачи воды; 2 — раструбное упорное кольцо для закрепления арматуры; 3 — резиновый раструбообразователь; 4 — внутренний цилиндр сердечника; 5 — перфорированный цилиндр сердечника; 6 — резиновый чехол; 7 — наружный кожух; 8 — болт с тарельчатыми пружинами; 9 — площадка под вибровозбудитель; 10 — калибрующее кольцо; 11 — упорное кольцо для закрепления арматуры; 12 — уплотняющее кольцо



рования формы автоматическим захватом. Формы имеют высоту 2162 ... 2710 мм, диаметр 590 ... 1000 мм и массу 440 ... 680 кг.

Форма (рис. 16.12) предназначена для изготовления напорных железобетонных труб диаметром 500 ... 1600 мм способом виброгидропрессования. Форма состоит из наружной части (формы), внутреннего сердечника, крестовины с уплотняющим кольцом, захватов и рукавов высокого давления. Наружная форма представляет собой составной цилиндр с продольным разъемом, собираемым из двух или четырех изогнутых секций. В наружную форму входят калибрующее, верхнее и нижнее анкерные кольца. В ней монтируется арматурная проволока, состоящая из спирального каркаса и продольных стержней.

Секции формы соединяются между собой болтами с пружинами. По торцам формы устанавливаются верхнее и нижнее анкерные кольца, фиксирующие положение продольных арматурных стержней. К секциям наружной формы приварены кронштейны для крепления вибровозбудителей. Каждая пара кронштейнов приварена в диаметрально противоположной стороне. Внутренний сердечник формы состоит из полого сварного цилиндра, основания, резинового чехла и раструбообразователя. Чехол и раструбообразователь надеваются на внутренний сердечник формы с помощью специального приспособления. Чехол уплотняется с сердечником

специальными кольцевыми прокладками. Раструбообразователь крепится к нижнему фланцу внутреннего сердечника винтами. Крестовина с уплотняющим кольцом и захватами фиксирует положение наружной формы относительно сердечника, закрывает загрузочное кольцевое отверстие после бетонирования и жестко скрепляет наружную форму с внутренним сердечником с помощью захватов. Формы имеют длину 5640 ... 5726 мм, диаметр 916 ... 2264 мм и массу 297 ,... 13600 кг.

16.2. НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ФОРМ

Формы стационарные, переносные и передвижные, предназначенные для изготовления железобетонных конструкций с ненапрягаемой арматурой, рассчитывают как балку, лежащую на двух опорах и имеющую равномерно распределенную нагрузку от массы конструкции, массы бетонной смеси и арматуры, а в некоторых случаях и от пригрузочных устройств, по методике, изложенной в учебных пособиях по сопротивлению материалов и строительной механике. В случае изготовления изделий с напрягаемой арматурой при расчете форм учитывают дополнительные силы и моменты от натяжения арматуры.

Для ориентировочных расчетов можно пользоваться значениями удельной металлоемкости, характеризующей отношение массы формы к объему изготавливаемых изделий (табл. 16.1).

Постоянное совершенствование конструкций форм необходимо для повышения их эффективности. При проектировании форм следует обеспечить минимальные деформации при наименьшей массе. Заданную жесткость при минимальной массе форм можно получить только на основе рациональных конструктивных схем.

В формах с напрягаемой арматурой, фиксируемой на упорах поддона, совмещение оси напряженной арматуры с центральной плоскостью сечения обеспечивает снижение эксцентриситета, изгибающего момента и прогиба формы. Совмещение оси и плоскости в формах для плоских плит и настилов и линейных изделий прямоугольного (трапецеидального, треугольного) сечения достигается бесшарнирным соединением бортов с поддоном или постановкой высоких наружных балок. В формах для ребристых плит совмещения легко достигнуть соответствующим расположением материала по высоте сечения. Во всех формах надо стремиться к эксцентриситету, близкому к нулю.

Упругие и отжимные борта, гибкий поддон, пружинящие разделительные перегородки (стенки), обеспечивающие извлечение изделий из формы за счет упругой работы стали, создают жесткую конструкцию, в которой поддон и борта составляют единое целое. В формах с упругоработающими элементами отсутствуют зазоры, благодаря чему исключаются вытекание цементного теста и подсос воздуха в форму при формовании.

Таблица 16.1. Удельная металлоемкость форм для основной номенклатуры изделий

Изделия	Форма	Удельная металлоемкость, т/м ³
Плиты: перекрытий жилых и общественных зданий	Перемещаемая	1,1...1,8
	То же	2,7...3,4
Панели стеновые: покрытий производственных зданий длиной 6 и 12 м	>>	1,3...2,1
	>>	1,8
Панели стеновые: жилых зданий одномодульные	>>	0,8...1,3
	>>	
Панели стеновые: то же, двухмодульные	>>	1...1,2
	>>	1,8...2,1
Панели стеновые: производственных зданий	>>	
	>>	
Панели стеновые: двухмодульные	>>	
	>>	
Балки: покрытий, фундаментные, обвязочные пролетом 6 м	>>	1...1,2
	Стеновая с паровыми полостями для формирования в горизонтальном положении	1,8...2,1
Балки: ригели и др. длиной 12...18 м	То же, в рабочем положении	2,6...3
То же Колонны прямоугольного сечения: многоэтажных производственных зданий длиной:		
менее 6 м	перемещаемая	1,4...1,7
	стендовая	0,6...0,8
более 6 м		
одноэтажных производственных зданий		
менее 6 м	перемещаемая	1,7...2,5
	стендовая	0,8...1,2
более 6 м		

Расположение внутренних балок несущего каркаса поддона под углом 45^0 к осям симметрии повышает жесткость конструкции на кручение в 5 ... 20 раз и на изгиб на 10 ... 15 %. Диагональные раскосы выполняют из швеллеров, гнутых неравнополочных уголков или полосовой стали.

Трехточечное опирание форм по сравнению с обычной схемой опирания позволяет снизить их деформативность. Одновременно исключаются постоянные искривления рабочей поверхности поддона, уменьшается число подъемных и опорных устройств. При опирании в трех точках масса форм снижается на 15 ... 20%.

Применение бортов замкнутого сечения, закрепленных на шарнирах, обеспечивает снижение их деформаций в 8 ... 20 раз. Борта должны быть достаточно широкими и выполняться, как правило, из двух элементов: листа и гнутого швеллера с равными или неравными полками. Оси шарниров следует располагать как можно ближе к бортам по вертикали.

Вибрационное оборудование для уплотнения бетонных смесей

17.1. ТИПЫ ВИБРАЦИОННЫХ УПЛОТНЯЮЩИХ МАШИН И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

В соответствии с методами вибрационного уплотнения бетонных смесей, изложенными в гл. 1, машины и установки, предназначенные для выполнения этой операции, в свою очередь подразделяются на машины поверхностного, глубинного и объемного уплотнения.

Для поверхностного уплотнения бетонных смесей используют виброплиты (рис. 17.1,а) и виброрейки (рис. 17.1,б). Их применяют для уплотнения массивов бетонной смеси (подвижных или средней подвижности) толщиной до 200 мм. Особенно часто они применяются при сооружении железобетонных покрытий в дорожном строительстве. Виброплиты часто используют как вибропригрузы при формировании путем объемного или глубинного уплотнения. В этом случае улучшается уплотнение бетонной смеси за счет комбинированного вибрационного воздействия на нее и достигается высокое качество поверхности изделий.

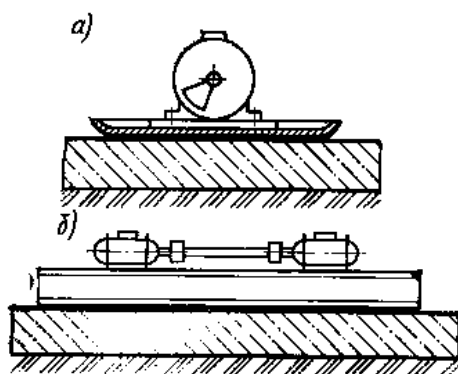
К поверхностному уплотнению следует также отнести формирование бетонных и железобетонных изделий в формах и кассетных установках с навесными вибровозбудителями, которые возбуждают изгибные колебания их стенок или специальных гибких листов. В качестве вибрационного привода поверхностных уплотнителей используют вибровозбудители общего назначения.

Глубинное уплотнение бетонных смесей осуществляется специальными машинами—глубинными вибровозбудителями. Ими уплотняют бетонные смеси (подвижные и средней подвижности) при сооружении монолитных конструкций при строительстве гидротехнических, промышленно-гражданских и дорожных сооружений. В производстве сборного железобетона они обычно применяются при стендовом формировании крупных элементов конструкций—ферм перекрытий и мостов, балок различного профиля и др.

При производстве сборного железобетона для формирования многопустотных плит перекрытий, вентиляционных блоков и других полых изделий применяют машины с активными пустотообразователями, которые также относятся к глубинным уплотнителям.

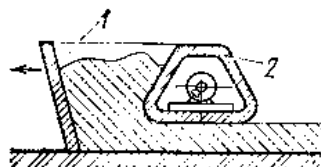
В последние годы для уплотнения бетонных смесей при конвейерном способе изготовления сборных конструкций (особенно на вибропрокатных конвейерах) и при стендовом способе производства используют вибронасадок (рис. 17.2). Эти устройства сочетают

два метода уплотнения — поверхностный и объемный. Смесь, находящаяся в вибрирующем бункере 1, подвергается объемному уплотнению и уже в уплотненном виде в состоянии текучести поступает под заглаживающую часть 2 вибронасадка, где осуществляется поверхностное уплотнение. Эти устройства используются для уплотнения смесей средней подвижности. Вибрационный привод вибронасадков чаще всего осуществляется посредством центробежных вибровозбудителей общего назначения. Реже для этой цели применяют специализированные вибровозбудители.



← Рис. 17.1. Схемы машин для поверхностного уплотнения бетонных смесей

Рис. 17.2. Схема вибронасадка



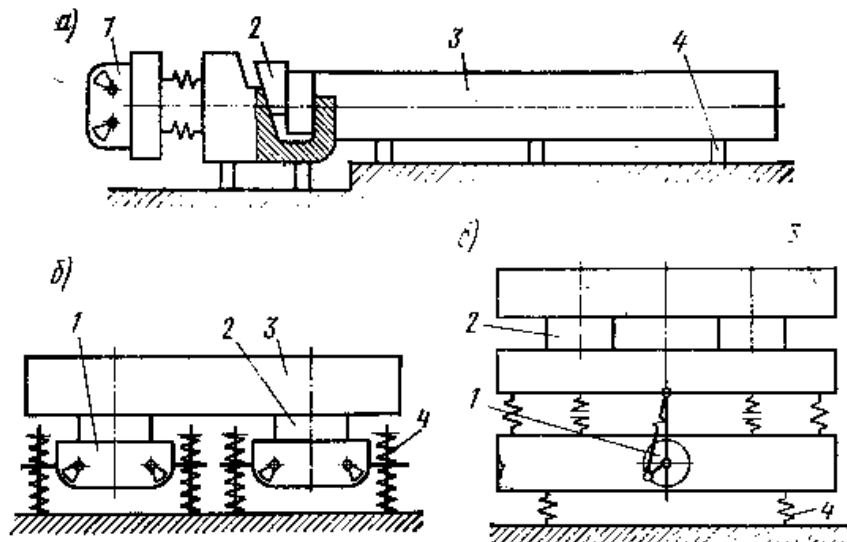
Наилучшее качество уплотнения бетонной смеси достигается при ее объемном уплотнении, которое осуществляется на вибрационных машинах (виброплощадках), обеспечивающих колебания в целом всей формы со смесью. Виброплощадки по направлению колебаний, сообщаемых форме, подразделяются на машины с круговыми или эллиптическими траекториями, с горизонтально и вертикально направленными колебаниями. Виброплощадки с круговыми и эллиптическими траекториями движения рабочих органов (форм) из-за транспортного эффекта, который приводит к разно-стекности изделий и подосу воздуха, в настоящее время практически не применяются.

Виброплощадки с горизонтально направленными колебаниями применяются для формирования длинномерных тонкостенных изделий из бетонных смесей средней подвижности (рис. 17.3,а). Виброплощадки с вертикально направленными колебаниями применяются для формирования толстостенных (до 0,5 м) изделий из бетонных смесей малой подвижности и жестких.

По форме колебаний виброплощадки подразделяются на машины с гармоническими, бигармоническими, поличастотными и пространственными колебаниями. Наибольшее распространение получили машины с гармоническими колебаниями (рис. 17.3,а, б) и ударно-вибрационные (рис. 17.3,е). Второй тип машин позволяет формировать изделия из бетонных смесей с малой подвижностью и

жестких. В последние годы применяются виброплощадки с пространственными колебаниями, которые достигаются за счет смещения оси однофазного центробежного вибровозбудителя относительно центра тяжести машины.

По конструктивному исполнению виброплощадки подразделяются на рамные и блочные. В рамных виброплощадках форма устанавливается на единую жесткую раму, на которой установлены вибровозбудители. В блочных виброплощадках каждый вибровозбудитель имеет свою небольшую



1.3 – схема виброплощадок;

самостоятельную раму. Эта рама с вибровозбудителем, опорными упругими элементами и устройствами для крепления формы, если таковые имеются, составляет виброблок. Комбинируя число виброблоков и расстояние между их осями, можно из одних и тех же элементов компоновать виброплощадки различной грузоподъемности. Это обстоятельство обусловило широкое распространение блочных виброплощадок. По способу крепления формы виброплощадки подразделяются на машины без крепления формы, на машины с механическим, пневмомеханическим, гидромеханическим и электромагнитным креплением. Последний способ крепления форм наиболее прост в эксплуатации и получил наибольшее распространение. По характеру настройки виброплощадки бывают резонансными и нерезонансными. О преимуществах и недостатках виброплощадок с этими настройками будет сказано ниже при рассмотрении соответствующих типов машин.

17.2. ВИБРОВОЗБУДИТЕЛИ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Вибровозбудители такого типа являются наиболее распространенными виброприводами многоцелевого назначения. Их корпуса снабжены лапами или другими устройствами, предназначенными для крепления к различным рабочим органам. По принципу возбуждения колебаний они подразделяются на две основные группы. В первой используется центробежное возбуждение колебаний, во второй — электромагнитное.

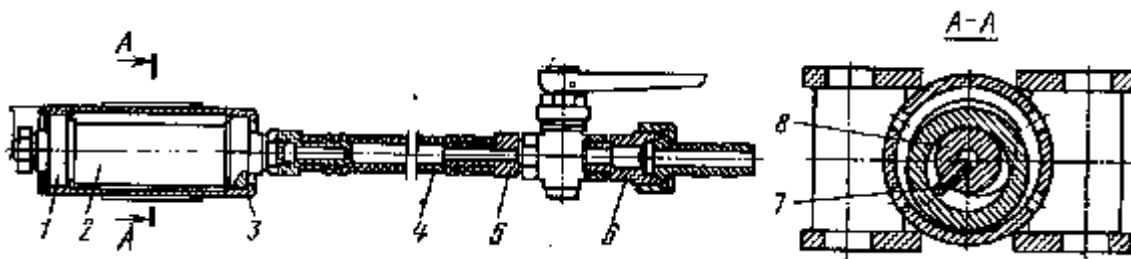


Рис. 17.4. Пневматический вибровозбудитель

Вибровозбудители общего назначения широко применяются в качестве вибрационного привода различных устройств для уплотнения бетонных смесей при формировании бетонных и железобетонных изделий; устанавливаются на бункерах и течках для устранения зависания в них сыпучих материалов; используются в качестве вибропривода на вибротранспортирующих машинах (виброконвейерах, вибропитателях, виброгрохотах). В последние годы они широко применяются для интенсификации различных технологических процессов в химической, металлургической и других отраслях промышленности для ускорения фильтрации различных суспензий, перемешивания разнородных ингредиентов, растворения различных веществ в растворителях, резки грунтов, глин и т. д.

Вибровозбудители с центробежным возбуждением наиболее распространены. Их подразделяют по следующим признакам. По типу привода—на вибровозбудители с пневматическим (рис. 17.4) и электрическим (рис. 17.5) приводами. По направлению генерируемых колебаний—на вибровозбудители с круговыми или эллиптическими колебаниями (рис. 17.4, 17.5) и направленными колебаниями. Последние выполняются либо двухвальными, либо с маятниковой подвеской (рис. 17.6). По частоте генерируемых колебаний — на вибровозбудители с нормальной частотой колебаний ($\omega = 290 \dots 300 \text{ с}^{-1}$), с пониженной частотой колебаний ($\omega = 145 \dots 150 \text{ с}^{-1}$) и повышенной частотой колебаний ($\omega = 800 \dots 1400 \text{ с}^{-1}$).

В свою очередь, вибровозбудители с электрическим приводом подразделяются на вибровозбудители с питанием от промышленной сети переменного тока (220 .. 380 В) и с питанием от пони-

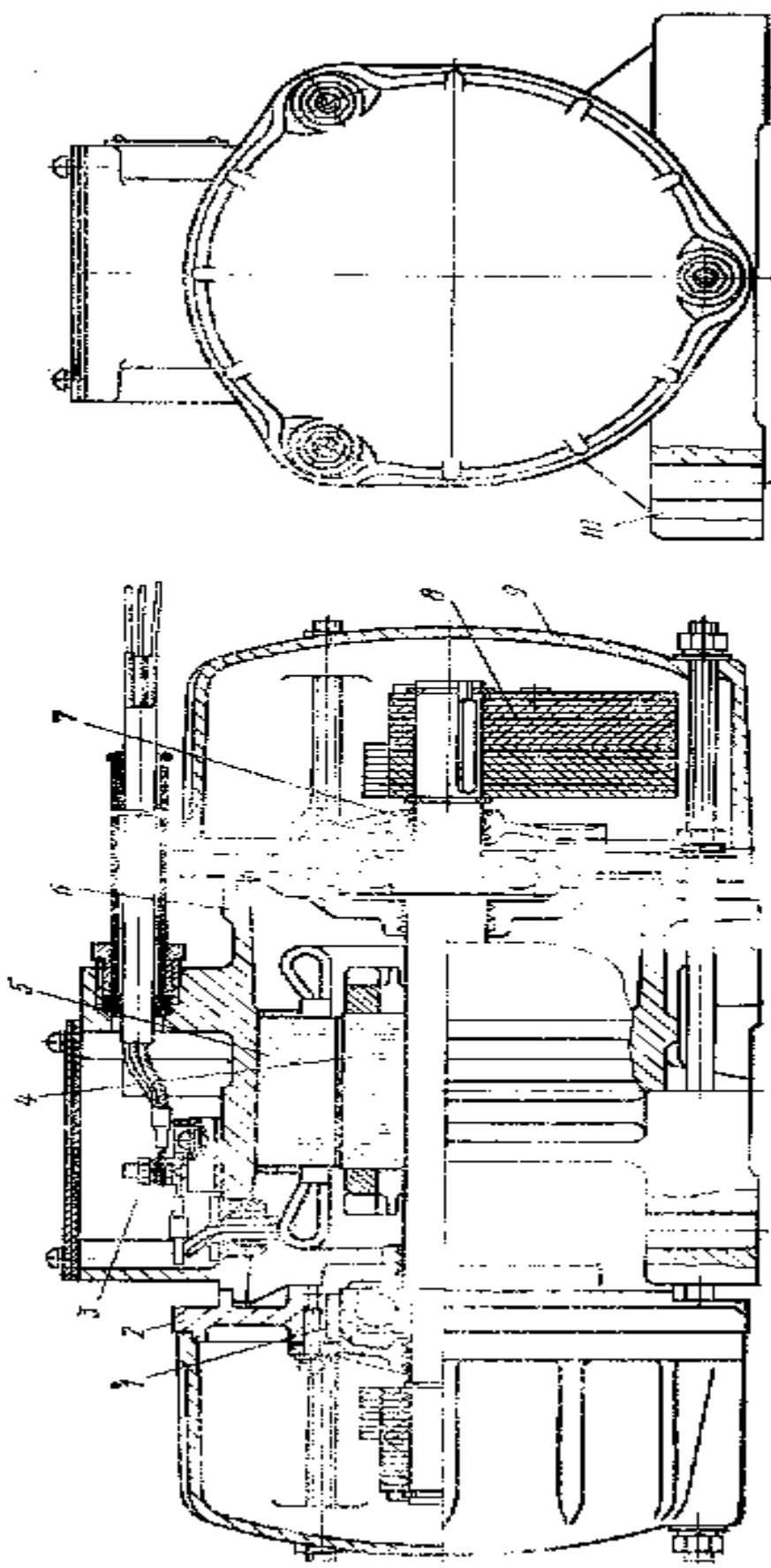


Рис. 17.5. Центробежный вибратор с электромеханическим приводом

женного напряжения (36 В). Последний тип применяется для работы в условиях повышенной влажности.

На рис. 17.4 показан пневматический вибровозбудитель общего назначения. Эти высокочастотные вибровозбудители ($\omega=800 \dots 1400 \text{ с}^{-1}$) в основном используют для формования железобетонных изделий путем установки на внешних поверхностях опалубки и форм для установки на бункерах и течках с целью предотвращения зависания в них сыпучих материалов.

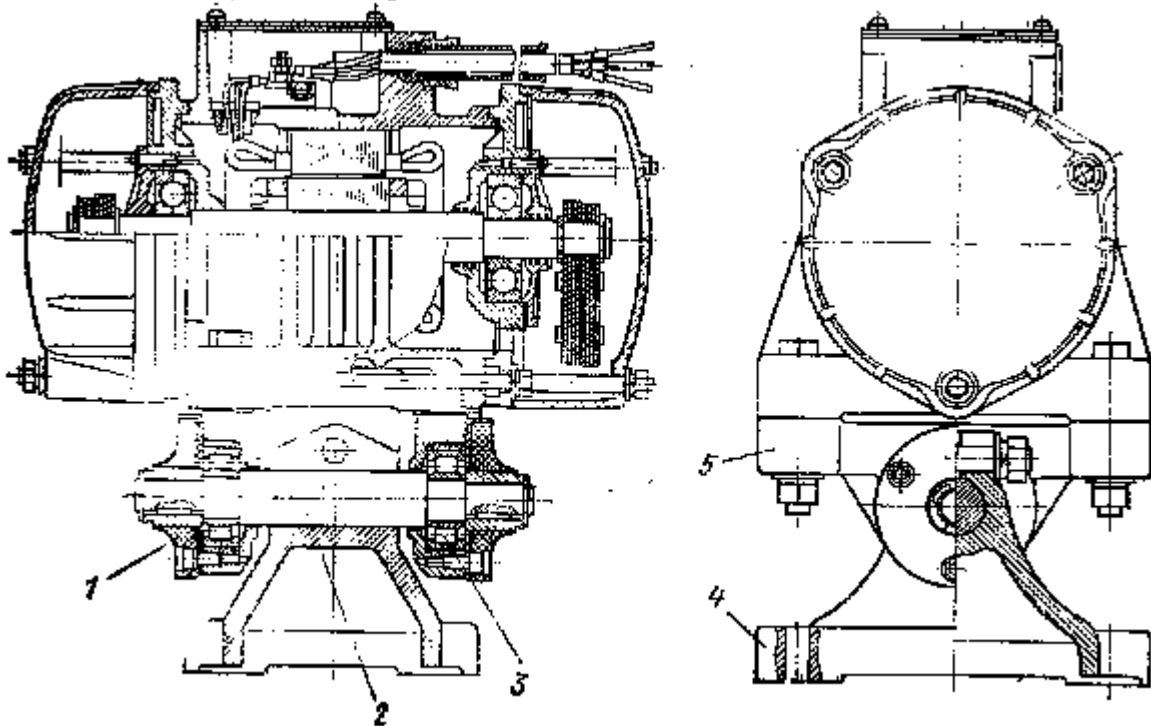


Рис. 17.6. Маятниковый вибровозбудитель

По принципу действия этот вибровозбудитель представляет собой обращенный роторный пневмодвигатель (см. рис. 17.4). В этом двигателе статор 8 представляет собой полую ось. Он снабжен одной текстолитовой лопаткой 7 и неподвижно закреплен в торцовых щитах 1 корпуса 3. Ротор 2 представляет собой втулку, которая обкатывается вокруг полую ось статора 8 и выполняет при этом функцию дебаланса. Таким образом, по принципу действия—это планетарный центробежный вибровозбудитель. Текстолитовая лопатка 7 установлена в продольном пазу оси 8 и разделяет объем между ротором 2 и осью 8 на рабочую и выхлопную полости. Ротор-дебаланс приводится во вращение сжатым воздухом, поступающим в рабочую полость пневмодвигателя через патрубок 6, вентиль 5, щель 4 и отверстия оси 8. Отработанный воздух из выхлопной полости выбрасывается в атмосферу через отверстия в торцовых щитах. Под действием сжатого воздуха, поступающего в рабочую полость, ротор-дебаланс планетарно обкатывается вокруг оси статора, прижимаясь к ней под действием центробежной силы.

В прикрепляемых пневматических вибровозбудителях общего назначения центр тяжести ротора-дебаланса смещен относительно его оси. Благодаря этому такие вибровозбудители генерируют бигармонические колебания. Низкая частота соответствует угловой скорости вращения ротора-дебаланса относительно собственной оси ($\omega_1=130.. . 250 \text{ с}^{-1}$), а высокая частота соответствует угловой скорости обкатки ротором-дебалансом неподвижной оси статора ($\omega_2=800 \dots 1400 \text{ с}^{-1}$).

Основными недостатками таких вибровозбудителей являются повышенный шум (уровень шумов превышает допустимые санитарные нормы), создаваемый ими при работе, и высокая энергоемкость. Эти обстоятельства резко снижают возможные области применения пневматических вибровозбудителей общего назначения.

Наиболее широко распространены центробежные вибровозбудители общего назначения с электрическим приводом. На рис. 17.5 представлен вибровозбудитель общего назначения с круговыми колебаниями. Он состоит из корпуса б', в который запрессован статор 5 трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором 4, жестко закрепленным на валу 7. Последний вращается в подшипниках качения 1, установленных в щитах 2 корпуса. На консолях вала 7 на шпонках насажены дебалансы 8, закрываемые крышками 9. Крепление вибровозбудителя к рабочему органу осуществляется лапами 10. Для питания вибровозбудителя трехфазным переменным током он снабжен клеммником 3.

Двухвальный вибровозбудитель конструктивно выполнен так же, как и одновальный, с тем лишь отличием, что в его литой корпус запрессовано два электродвигателя и соответственно он имеет два дебалансных вала.

Маятниковый вибровозбудитель с направленными колебаниями состоит из вибровозбудителя круговых колебаний с маятниковой приставкой (см. рис. 17.6). Последняя состоит из корпуса 5, в котором на роликоподшипниках 3 установлена ось 2. На консолях оси 2 на шпонках насажены втулки резинометаллических упругих элементов 1, которые работают на скручивание и называются сайлент блоками. Наружная обойма сайлентблоков / с помощью болтового соединения закреплена на корпусе маятниковой подвески 5. Средняя часть оси 2 посредством клеммового соединения закреплена в опоре 4, которая снабжена крепежными лапами. Такая конструкция маятниковой подвески позволяет устанавливать вибровозбудитель под любым необходимым углом к горизонту. При этом момент силы тяжести закручивает сайлентблоки / на некоторый угол и возникающий упругий момент удерживает вибровозбудитель под нужным углом к горизонту. Кроме того, регулировка угла установки вибровозбудителя может осуществляться клеммовым соединением оси 2 с опорой 4.

В табл. 17.1 приведены технические характеристики основных центробежных вибровозбудителей общего назначения.

Таблица 17.1. Технические характеристики вибровозбудителей общего назначения

Показатели	С круговыми колебаниями					Маятниковый с направленными колебаниями
	0,25	0,37	0,55	0,8	1,5	
Мощность электродвигателя, кВт	0,25	0,37	0,55	0,8	1,5	0,25
Напряжение, В	36; 220; 380	36; 220; 380	36; 220; 380	220; 380	220; 380	36; 220; 380
Частота колебаний, с ⁻¹	280	140	280	280	280	280
-Масса, кг	14	30	24	51	80	18,5
Вынуждающая сила, кН	2,0; 2,5; 3,1; 4,0	2,6; 3,3; 4,2; 5,3	4,9; 6,2; 7,8; 9,8	7,8; 9,8; 12,3; 15,7	15,7; 19,6; 24,5; 29,4	2,0; 2,5; 3,1; 4,0

Особый интерес представляют двухзальные вибровозбудители с направленными колебаниями. Для того чтобы двухзальный вибровозбудитель генерировал направленные колебания, должны быть выдержаны три условия (рис. 17.7); 1. Валы должны вращаться в противоположных направлениях с одинаковой скоростью, т. е. синхронно и противофазно ($\omega_1 = -\omega_2$). 2. В любой момент времени текущие углы поворота дебалансов $\omega_1 t$ и $-\omega_2 t$ должны быть равны между собой, т. е. вращение валов должно происходить синфазно. 3. Центробежные силы, порождаемые дебалансами первого и второго валов, должны быть равны по величине друг другу. Тогда, как следует из рис. 17.7, проекции центробежных сил на ось x будут взаимноуравновешиваться, а проекции центробежных сил на ось y складываются и создают результирующую направленную вынуждающую силу, перпендикулярную плоскости, в которой лежат дебалансные валы, и приложенную в точке Л.

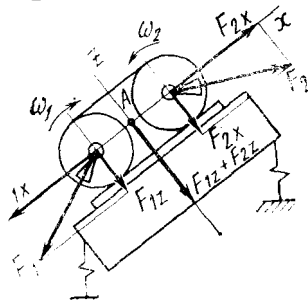


Рис. 17.7. Схема действия сил в двухвалочном центробежном вибровозбудителе

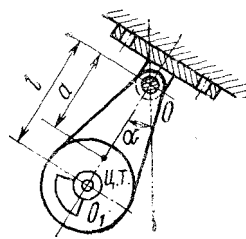


Рис. 17.8. Схема маятникового вибровозбудителя

Поскольку в данном случае кинематическая связь между валами вибровозбудителя отсутствует, синхронно-синфазное вращение его валов может осуществляться только за счет самосинхронизации. Условия самосинхронизации зависят от многих факторов и могут выдерживаться не всегда. В последнем случае двухвальный вибровозбудитель не будет генерировать направленные колебания. Это является существенным недостатком таких вибровозбудителей.

Маятниковый вибровозбудитель будет генерировать направленные колебания лишь в случае, если ось его дебалансного вала находится в центре качания (удара) маятника, а упругие и диссипативные связи маятника с рабочим органом равны нулю (рис. 17.8). Первое условие выдерживается, если расстояние от оси дебалансного вала до оси маятника

$$l = \frac{J}{m_1 a} - \frac{g}{\omega_2} \cos a$$

где J —момент инерции маятника относительно оси качания O ;
 m_1 —масса маятника; a —расстояние от оси качания O до центра тяжести маятника;
 a —угол между осью, проходящей через ось дебалансного вала O_1 и ось качания O , и вертикалью.

Второе слагаемое в приведенном выражении мало влияет на значение l . Поэтому на практике для определения l пользуются лишь первым слагаемым. Если оба условия выдержаны, то реакция в шарнире O , перпендикулярная OO_1 , равна нулю и таким образом, на рабочий орган передается направленная вынуждающая сила, совпадающая с прямой OO_1 как видно из рис. 17.8, шарнир O снабжен сайлентблоком, поэтому, несмотря на то что коэффициент жесткости сайлентблока достаточно мал, первое условие выдерживается не в полной мере. Это приводит к появлению в шарнире O небольшой по значению реакции, перпендикулярной OO_1 . Следовательно, траектория движения рабочего органа при использовании маятникового вибровозбудителя будет представлять собой очень вытянутый вдоль оси OO_1 эллипс.

Как видно из приведенных на рис. 17.4, 17.5 конструкций центробежных вибровозбудителей, они снабжены подшипниками качения, которые нагружены большими по значению центробежными силами, развиваемыми дебалансами. Поэтому долговечность таких вибровозбудителей обычно не превосходит 1000...1500 ч.

Амплитуда колебаний рабочих органов, приводимых от центробежных вибровозбудителей общего назначения, как следует из (1.19), при прочих заданных условиях целиком определяется вынуждающей силой $m_0 r \omega^2$. Естественно, что регулировать значение центробежной силы, развиваемой дебалансами при работе вибровозбудителей, практически невозможно. Обычно регулирование вынуждающей силы, развиваемой центробежным вибровозбу-

телом, осуществляется ступенчато или плавно в процессе его наладки. Один из вариантов такого регулирования вынуждающей силы показан на рис. 17.9. Указанные обстоятельства являются существенными недостатками центробежных вибровозбудителей общего назначения, так как затрудняют их использование в технологических линиях непрерывного действия (из-за малой долговечности) и практически исключают применение их в системах автоматического регулирования (из-за невозможности регулировки амплитуды колебаний в процессе работы).

В этих отношениях электромагнитные вибровозбудители общего назначения выгодно отличаются от центробежных. Они не имеют трущихся частей и поэтому обладают высокой надежностью

и долговечностью. Кроме того, они позволяют в широком диапазоне плавно регулировать амплитуду колебаний рабочих органов. Однако электромагнитные вибровозбудители по массе и габаритам

существенно превосходят центробежные. Это вызвано тем, что электромагниты не способны развивать больших вынуждающих усилий из-за значительных потерь в воздушном зазоре. Это заставляет настраивать электромагнитные вибровозбудители на окolorезонансный режим работы с коэффициентом резонансного усиления колебаний не менее 8 ... 10 [см. выражение (1.14)]. Поэтому область применения электромагнитных возбудителей ограничивается теми случаями, где диссипа-

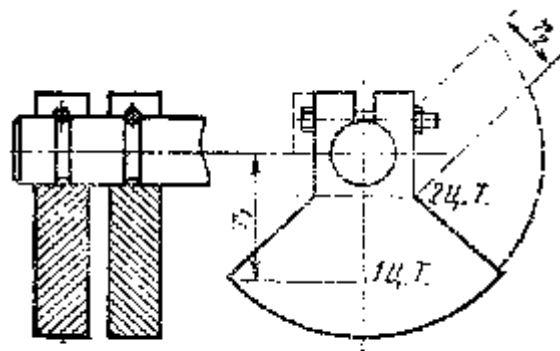


Рис. 17.9. Устройство дебаланса с регулируемой вынуждающей силой

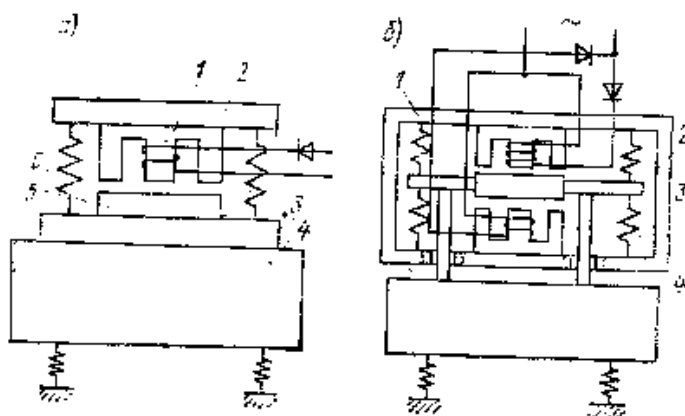


Рис. 17.10. Схемы электромагнитных вибровозбудителей

ция энергии относительно невелика. Чаще всего они используются в качестве вибропривода вибротранспортирующих машин, небольших установок для формирования железобетонных изделий, в качестве вибровозбудителей на бункерах и течках с целью предотвращения зависания в них сыпучих материалов и в некоторых других случаях.

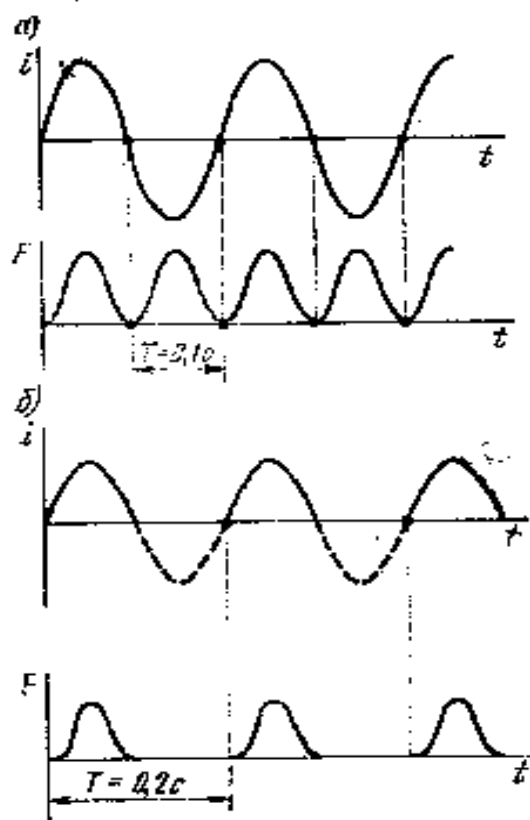


Рис. 17.11. Примерные осциллограммы тока i , протекающего в обмотке электромагнитного вибровозбудителя, и силы F , развиваемой электромагнитом

По принципу действия электромагнитные вибровозбудители делятся на одно- и двухтактные. Однотактные вибровозбудители (рис. 17.10.а) снабжены одним электромагнитом 1, который закреплен на якорной части 2. Корпус 3 снабжен ярмом электромагнита 5. Корпусная и якорная части соединены упругими элементами 6. К рабочему органу 4 вибровозбудитель крепится своей корпусной частью 3. При протекании по обмотке электромагнита 1 пульсирующего тока, в момент его прохождения якорная часть 2 электромагнитом притягивается к корпусной. Их обратный ход совершается за счет упругой силы пружин 6, которые одновременно обеспечивают резонансный режим работы вибровозбудителя.

Двухтактные вибровозбудители (рис. 17.10,б) снабжены двумя электромагнитами, которые поочередно совершают притяжение якорной 1 и корпусной 2 частей то в одну, то в другую стороны. Упругие элементы 3 служат для обеспечения резонансной настройки режима работы вибровозбудителя. Рабочий орган 4 крепится к корпусной части. В качестве вибровозбудителей общего назначения благодаря простоте конструкции, меньшим габаритам и массе применяются только однотактные электромагнитные вибровозбудители.

По способу питания однотактные вибровозбудители могут быть с питанием непосредственно от однофазной сети переменного тока и с питанием от однофазной сети переменного тока через диод — полупроводниковое устройство, которое позволяет протекать току лишь в одном направлении.

В первом случае (рис. 17.11) каждая полуволна переменного тока, протекающего в обмотке электромагнита, вызывает силу, притягивающую якорную и корпусную части вибровозбудителя. Следовательно, за один период тока якорь и корпус притягиваются друг к другу дважды. Таким образом, частота механических колебаний в два раза выше частоты тока (рис. 17.11,а). При питании через диод проходит лишь одна полуволна переменного тока (сплошная часть синусоиды тока на рис. 17.11,б). В этом случае частота механических колебаний равна частоте питающего тока. Такой способ питания принят на серийно выпускаемых одноктактных электромагнитных вибровозбудителях, которые питаются от промышленной однофазной сети переменного тока и поэтому частота их механических колебаний равна 50 Гц.

Одним из важнейших преимуществ электромагнитных вибро-возбудителей является возможность плавной регулировки в процессе работы их амплитуды колебаний, а следовательно, и производительности приводимых ими устройств. Достигается это путем изменения эффективного значения тока, протекающего по обмотке электромагнита. Простейшим способом регулировки тока является включение последовательно с обмоткой электромагнита реостата, Однако такой способ неэкономичен и затрудняет использование электромагнитных вибровозбудителей в системах автоматического регулирования. В настоящее время для питания и регулирования электромагнитных вибровозбудителей используют блоки питания, построенные на основе тиристоров. Тиристор—управляемый диод, способный регулировать эффективное значение тока, протекающего через него. В качестве упругих элементов одноктактных электромагнитных вибровозбудителей применяют витые цилиндрические пружины сжатия. Вибровозбудитель с витыми цилиндрическими пружинами сжатия (рис. 17.12) состоит из корпусной части 1 и якорной 2. В корпусной части закреплены шпильки 9 и ярмо электромагнита 5. Якорная часть соединена с корпусной витыми цилиндрическими пружинами сжатия 3, поджатие которых осуществляется шпильками 9 посредством гаек и контргаяк 10. На якорной части закреплен электромагнит 4. Токоподвод от клеммника 7 к катушке электромагнита производится через токоведущие бронзовые пружины 6. Для подстройки режима работы вибровозбудителя к резонансному в процессе эксплуатации и при перестановках его с одного рабочего органа на другой на якорной части посредством болтового соединения закреплены сменные грузы 11. Весь вибровозбудитель закрыт кожухом 8.

Такие вибровозбудители при работе создают шумы, превосходящие уровень, допускаемый санитарными нормами. Это вызвано тем, что опорные витки пружин сжатия при работе отрываются от опорных поверхностей, что приводит к их взаимным соударениям. Кроме того, по этой же причине такие вибровозбудители обладают повышенным расходом энергии и требуют периодиче-

ских подстроек из-за выхода из режима работы, близкого к резонансу.

Созданы новые малозумные одноконтные вибровозбудители прорезными пружинами растяжения—сжатия (рис. 17.13). Вибровозбудитель отличается от прежнего лишь применением пружин, которые представляют собой цилиндрическую втулку трубу, средняя часть которой прорезана сквозным винтовым пазом. Этот паз не доходит до торцов пружины, благодаря чему каждый из концов пружины представляет собой сплошной фланец.

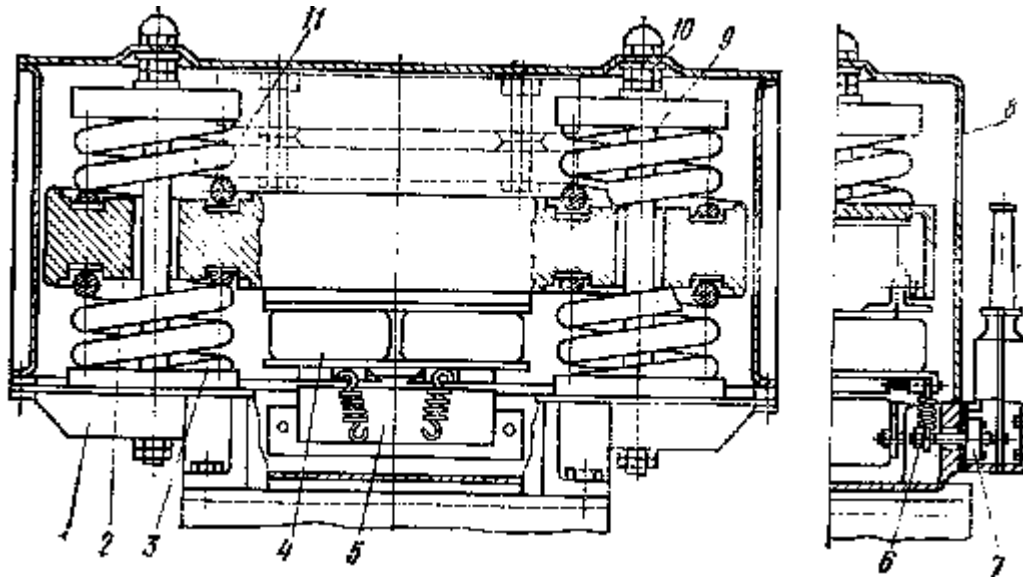


Рис. 17.12. Конструкция одноконтного электромагнитного вибровозбудителя с витыми пружинами сжатия

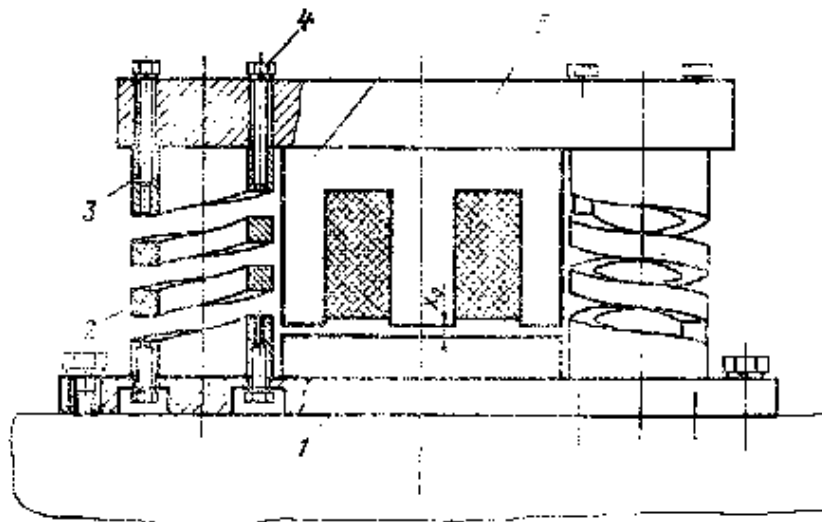


Рис. 17.13. Конструктивная схема одноконтного электромагнитного вибровозбудителя с прорезными пружинами

Такая конструкция пружин позволяет якорную 5 (рис. 17.13) и корпусную 1 части вибровозбудителя жестко соединить с фланцами 3 пружин 2 болтовыми соединениями 4.

Жесткое крепление пружин к якорю и корпусу исключает возможность отрыва опорных поверхностей при работе вибровозбудителя, что снижает уровень шумов, создаваемых им при работе, и диссипацию энергии. Последнее понижает его энергоемкость и позволяет увеличить коэффициент резонансного усиления колебаний. что как отмечалось ранее, очень важно для электромагнитных вибровозбудителей из-за малости вынуждающей силы, развиваемой электромагнитом. Кроме того, такая конструкция исключает возможность самопроизвольного изменения собственной частоты колебаний и поэтому новые вибровозбудители не требуют периодических подстроек к околорезонансному режиму работы.

Обе описанные конструкции одноконтных электромагнитных вибровозбудителей серийно выпускаются и используются в промышленности как вибровозбудители общего назначения.

17.3. ГЛУБИННЫЕ ВИБРОВОЗБУДИТЕЛИ

Глубинные (внутренние или погружные) вибровозбудители предназначены для уплотнения бетонных смесей при укладке их в монолитные железобетонные конструкции и при изготовлении крупных или насыщенных арматурой изделий сборного железобетона. Они используются, как правило, при стендовом способе производства. Современные глубинные вибровозбудители хорошо уплотняют бетонные смеси с осадкой конуса до 0,5 см. Для уплотнения более жестких смесей требуется применение объемного формования на виброплощадках.

Глубинный вибровозбудитель представляет собой трубу с вмонтированным в нее возбудителем круговых колебаний. Эффективность уплотнения бетонных смесей глубинными вибровозбудителями определяется частотой, амплитудой колебаний корпуса и величиной его излучающей поверхности, т. е. зависит от диаметра корпуса. В вибровозбудителях с малым диаметром корпуса не представляется возможным получить значительных вынуждающих сил из-за ограниченности величины разбалансированной массы, т. е. малости статического момента массы дебалансов. В этих случаях необходимая эффективность уплотнения бетонной смеси достигается повышением частоты колебаний. На основании опыта эксплуатации в табл. 17.2 приведены рекомендуемые значения частоты колебаний ω и амплитуды колебаний X_a в зависимости от диаметра корпуса D_k глубинных вибровозбудителей при их работе в бетонной смеси.

По характеру выполняемой работы глубинные вибровозбудители подразделяются на ручные и подвесные. Первые должны об-

ладать небольшой массой (до 25 кг), высокой эффективностью и удовлетворять требованиям электробезопасности и санитарным нормам по уровню вибраций, передаваемых на руки рабочего.

Подвесные мощные вибровозбудители часто komponуются в виде пакетов от 3 до 15 шт. Такие пакеты используются при строительстве гидротехнических сооружений. Уплотнение бетонной смеси такими вибровозбудителями производится или с подъемных кранов, или посредством специализированных подъемнотранспортных устройств.

Таблица 17.2. Рекомендуемые значения частоты и амплитуды глубинных вибровозбудителей в зависимости от диаметра их корпуса

$D_k, \text{мм}$	$m, \text{с}^{-1}$	$X_a, \text{м}$
25...35	2400.. 1800	$1,7 \cdot 10^{-5} \dots 3,1 \cdot 10^{-5}$
35...50	1800...1500	$3,1 \cdot 10^{-6} \dots 4,4 \cdot 10^{-5}$
50...75	1500...1200	$4,4 \cdot 10^{-5} \dots 6,9 \cdot 10^{-5}$
75...125	1200...900	$6,9 \cdot 10^{-5} \dots 1,23 \cdot 10^{-4}$
Более 125	900...600	$1,23 \cdot 10^{-4} \dots 2,8 \cdot 10^{-4}$

Привод глубинных вибровозбудителей обычно осуществляется от асинхронных короткозамкнутых электродвигателей. Применяются также и пневматические глубинные вибровозбудители. Их устройство и принцип действия аналогичны пневматическим вибровозбудителям общего назначения (см. рис. 17.4) и поэтому в данном разделе не рассматриваются.

В промышленности сборного железобетона в основном используют ручные глубинные вибровозбудители с электрическим приводом. Они подразделяются по следующим признакам. *По расположению приводного электродвигателя* — на вибровозбудители со встроенными, прифланцованными и вынесенными электродвигателями. Наиболее распространены первый и третий типы возбудителей. *По способу возбуждения колебаний* — на дебалансные, планетарные (с внутренней и наружной обкаткой) и бегунковые*. Практическое распространение в нашей стране получила первые два типа возбудителей.

На рис. 17.14 приведен дебалансный центробежный вибровозбудитель. Частота колебаний его корпуса равна частоте вращения приводного электродвигателя. В связи с этим для получения частоты колебаний, превышающей 314 с^{-1} (50 Гц), что необходимо в вибровозбудителях с малыми диаметрами корпуса

(см. табл. 17.2), на них приходится устанавливать высокочастотные асинхронные электродвигатели с частотой питающего тока $942 \dots 1256 \text{ с}^{-1}$ (150 ... 200 Гц). Такие вибровозбудители могут работать от промышленной сети только через преобразователи частоты, что существенно усложняет их эксплуатацию. В зарубежной практике иногда применяются вибровозбудители с приводом дебалансного вала от сетевого электродвигателя через мультипликатор (повышающий редуктор). Такие вибровозбудители обладают повышенной массой, а мультипликаторы снижают их долговечность. Все это послужило к созданию планетарных глубинных вибровозбудителей, в которых при приводе от асинхронных электродвигателей, питающихся от промышленной сети промышленного тока, можно получить практически любую частоту колебаний их корпуса.

На рис. 17.15 представлена конструкция планетарного глубинного вибровозбудителя с внутренней обкаткой. Он состоит из корпуса 3, в нижней части которого жестко закреплен палец 1. По пальцу 1 своей внутренней конической поверхностью обкатывается бегунок 2. От входного валика 5, который вращается в подшипниках качения, установленных в корпусе 3, через муфту 4 крутящий момент передается на бегунок 2. Муфта снабжена резиновым упругим элементом, который передает крутящий момент и одновременно позволяет бегунку 2 отклоняться от оси вибровозбудителя. При вращении входного валика 5 вместе с ним вращается и бегунок 2. Последний при вращении отклоняется от оси вибровозбудителя и входит в зацепление с пальцем 1. С этого момента бегунок 2 своей внутренней конической поверхностью со средним диаметром O начинает совершать обкатку конического пальца 1 со средним диаметром u . При этом каждая обкатка бегунка, благодаря тому что его центр тяжести отклонен от оси

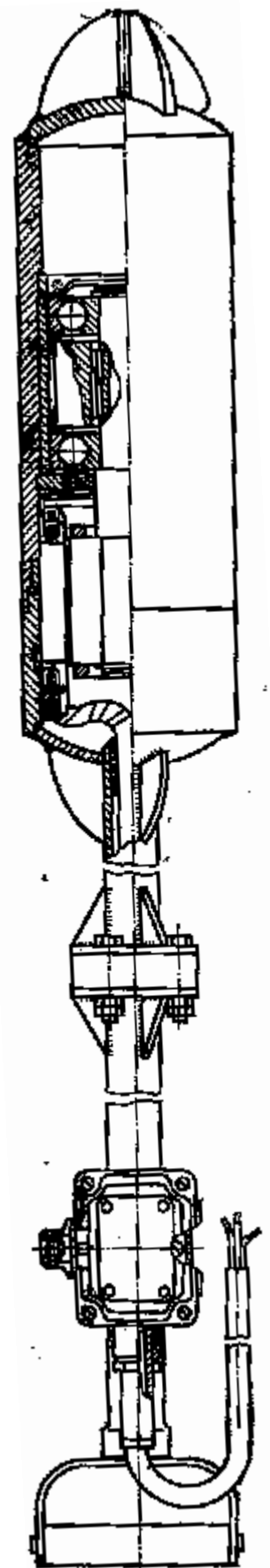
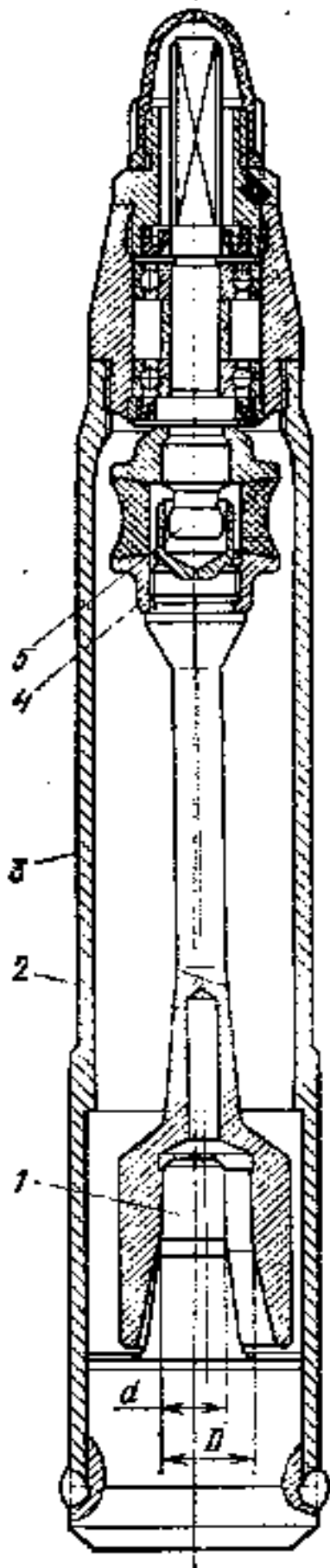


Рис. 17.14. Глубинный вибровозбудитель совстроенным электродвигателем



вращения, вызывает один полный период колебаний корпуса вибровозбудителя. Число обкаток бегунка 2 по пальцу 1 за один оборот входного валика 5 зависит от соотношения диаметров O и u . Угловая частота колебаний корпуса вибровозбудителя при внутренней обкатке определяется из выражения

$$\omega_g = \omega / (1 - d / D), \quad (17.2)$$

где ω —угловая частота вращения приводного электродвигателя.

При наружной обкатке бегунка (рис.17.16) работа вибровозбудителя практически происходит так же, как и при внутренней. Частота колебаний корпуса при наружной обкатке, как и в первом случае, зависит от d и D и определится так;

$$\omega_n = \omega / (d / D - 1). \quad (17.3)$$

Необходимо отметить, что в обоих типах планетарных вибровозбудителей вся центробежная сила передается через поверхности обкатки и, таким образом, подшипники качения, которые в дебалансных вибровозбудителях из за высокой нагруженности лимитируют их долговечность, практически полностью разгружены. Кроме того, в планетарных вибровозбудителях могут быть легко получены бигармонические колебания, которые заметно интенсифицируют процесс уплотнения бетонной смеси. Для этого достаточно разбалансировать бегунок. Тогда к частоте ω_g или ω_n добавляются колебания с частотой вращения бегунка ω . Для определения основных параметров глубинных вибровозбудителей необходимо решить пространственную задачу, так как в процессе работы его ось описывает коническую поверхность с вершиной конуса в нулевой точке. Но бетонная смесь является изотропной средой, а сам вибровозбудитель симметричен относительно вертикальной оси, поэтому задача может быть сведена к плоской. Так как перемещения корпуса вибровозбудителя достаточно малы и при вибрации он обволакивается цементно-песчаным раствором,

Рис.17.15.Планетарный вибровозбудитель с внутренней обкаткой

сопротивления, возникающие при этом, можно считать линейными. Кроме того, из-за малости упругих сил, возникающих при деформациях бетонной смеси, ими можно пренебречь. С учетом этих допущений расчетная схема вибровозбудителя может быть сведена к модели, приведенной на рис 17.17, где n —расстояние от центра тяжести вибровозбудителя до центра тяжести дебаланса; a —то же, до нулевой точки; k —расстояние от точки приложения равнодействующей диссипативных сил до нулевой точки; b —коэффициент сопротивления, создаваемый бетонной смесью; l — расстояние от Ц. Т. дебаланса до нулевой точки.

При работе бетонщик держит вибровозбудитель за гибкий вал в начальной его части, где и должна находиться нулевая точка. Чтобы в нулевой точке O_1 отсутствовали колебания, как и в случае маятникового вибровозбудителя,

$$l = J / [(m_1 + m_0 + m_{bc})a], \quad (17.4)$$

где m_1 — масса корпуса вибровозбудителя; m_0 —масса дебаланса; m_{bc} —масса бетонной смеси, соколеблющейся с вибровозбудителем.

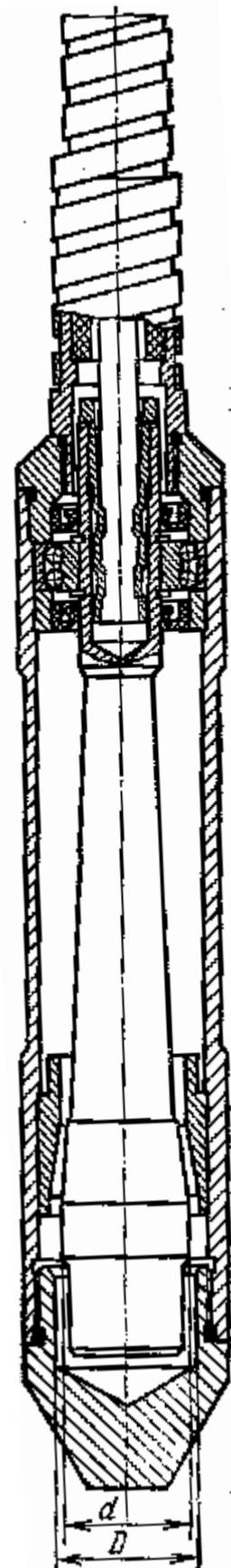
Кроме того, для отсутствия колебаний в точке O_1 необходимо, чтобы равнодействующая диссипативных сил проходила через Ц. Т. дебаланса. Последнее условие выдерживается бетонщиком почти рефлекторно путем подбора такого заглубления корпуса вибровозбудителя в бетонную смесь, при котором вибрации, передаваемые на оупк, минимальны.

С учетом принятых ранее допущений дифференциальное уравнение, описывающее динамику центра тяжести глубинного вибровозбудителя, может быть записано в следующем виде:

$$(m_1 + m_0 + m_{bc})x + b \frac{l}{a} x = m_0 r \omega^2 \cos \omega t$$

Как видно, это уравнение полностью соответствует уравнению (1.4) с той лишь разницей, что в последнем случае $C=0$. С учетом этого для определения основных параметров глубинного вибровозбудителя можно воспользоваться зависимостями, полученными в § 1.4.

Рис. 17.16. Планетарный вибровозбудитель с наружной обкаткой



Расчет глубинных вибровозбудителей производится в следующем порядке.

1. Согласно табл. 17.1 в зависимости от назначения вибровозбудителя задаются диаметром его корпуса D_k и угловой частотой колебаний ω и путем предварительной конструктивной проработки определяют m_1 , m_0 , J и a . Масса соколеблющейся вибровозбудителем бетонной смеси (кг)

$$m_{\text{oc}} \cong \frac{2}{3} \pi D_k L p h$$

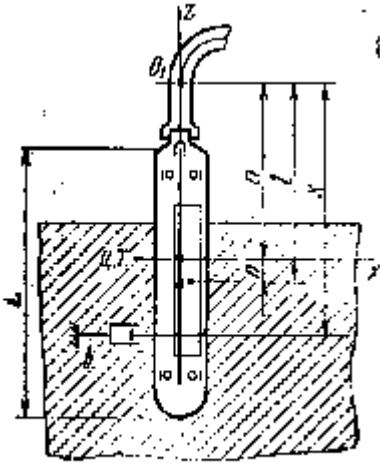


Рис. 17.17. Расчетная схема глубинного вибровозбудителя

где p — плотность бетонной смеси, кг/м^3 ; h — толщина бетонной смеси, соколеблющейся с вибровозбудителем

($h=0,04 \dots 0,05$ м).

Далее с помощью выражения (17.4) находят /.

2. На основании (1.9) определяют статический момент массы дебаланса (кг-м), при котором обеспечивается необходимая амплитуда колебаний центра тяжести вибровозбудителя X_a , которая выбирается по табл. 17.2:

$$S = m_0 r = x_a (m_1 + m_0 + m_{\text{oc}}) / \cos \varphi.$$

В планетарных вибровозбудителях $m_0=m_6$ — масса бегунка, а эксцентриситет r представляет собой радиус обкатки $r_{\text{об}} = (D-d)/2$.

3. Мощность, необходимая для поддержания колебаний (Вт), определяется выражением (1.20)

$$N_{\text{cp}} = - \frac{m_0 r \omega^3}{4(m_1 + m_0 + m_{\text{oc}})} \sin 2\varphi$$

Для определения мощности приводного электродвигателя необходимо учесть потери, возникающие в результате трения в подшипниках качения дебалансных вибровозбудителей или на поверхностях обкатки планетарных вибровозбудителей.

Мощность, рассеиваемая в подшипниках дебалансных вибровозбудителей (Вт),

$$N_{\text{тр}} = m_0 k \omega^3 \mu d_g / 2$$

где μ — приведенный к валу коэффициент трения скольжения подшипника качения ($\mu=0,007$); d_g — диаметр вала под подшипником, м.

При расчете планетарных вибровозбудителей в выражение (1.20) вместо ω подставляется при внутренней обкатке ($\omega_{\text{в}}$ (18.1), при наружной обкатке $\omega_{\text{н}}$ (18.2), а вместо m_0 — масса бегунка m_6 . Как и ранее, в этом случае в выражение для N_{cp} вместо экс-

центриситета подставляется радиус обкатки, т. е. $r_{об}=(D-d)/2$. Мощность, расходуемая на преодоление трения качения на поверхностях обкатки без учета их конусности, определится как

$$N_{тр} = m_{\sigma} r_{об} \omega_{в(н)}^2 \omega \mu_k,$$

где μ_k — коэффициент трения качения; при стальной беговой дорожке и стальном бегунке $\mu_k = 10^{-4}$, м.

4. С учетом пространственного движения глубинного вибровозбудителя мощность приводного электродвигателя

$$N_{дв} = 2N_{ср} + N.$$

При этих расчетах сдвиг фаз между вынуждающей силой и перемещением принимается таким, когда имеет место максимум $N_{ср}$, т. е. принимается $\varphi = 135^\circ$.

17.4. ВИБРОПЛОЩАДКИ С ГАРМОНИЧЕСКИМИ ВЕРТИКАЛЬНО НАПРАВЛЕННЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ

Наибольшее распространение получили виброплощадки с гармоническими вертикально направленными колебаниями блочной конструкции (рис. 17.18), работающие в далеко зарезонансном режиме. Виброплощадка состоит из виброблоков /, снабженных двухвальными центробежными вибровозбудителями, которые через витые цилиндрические пружины 2 опираются на раму 4. Момент от электродвигателей 5 посредством цилиндрических зубчатых синхронизаторов 6 и 8 передается на валы вибровозбудителей виброблоков / через карданные валы 7. Жесткая кинематическая связь между двумя рядами виброблоков осуществляется синхронизаторами 8, которые снабжены зубчатыми коническими приставками 9, связанными между собой карданным валом. Все валы виброблоков и синхронизаторов вращаются в подшипниках качения. Крепление формы осуществляется с помощью притяжного электромагнита 3.

На рис. 17.19 приведена кинематическая схема такой вибро-площадки, из которой видно, что все дебалансные валы двухвальных вибровозбудителей кинематически жестко связаны между собой посредством синхронизаторов и карданных валов. Таким образом, принудительно обеспечиваются условия, изложенные в § 17.2, при которых двухвальные вибровозбудители обеспечивают вертикально направленные колебания каждого из вибро-блоков. Кроме того, эта кинематическая связь обуславливает синфазность колебаний каждого из виброблоков, что обеспечивает равномерность распределения амплитуд вибросмещений по поверхности формы.

Из рис. 17.18 и 17.19 видно, что в описанной машине возникает необходимость передачи момента от неподвижных синхронизаторов к виброблокам, совершающим вертикально направленные

возвратно-поступательные движения, т. е. возникает необходимость передачи момента под переменными во времени углами. Для этой цели применяются карданные валы. Необходимость связи карданными валами отдельных виброблоков обусловлена несоосностью их дебалансных валов. На рис. 17.20 показана конструкция карданного вала серийных виброплощадок.

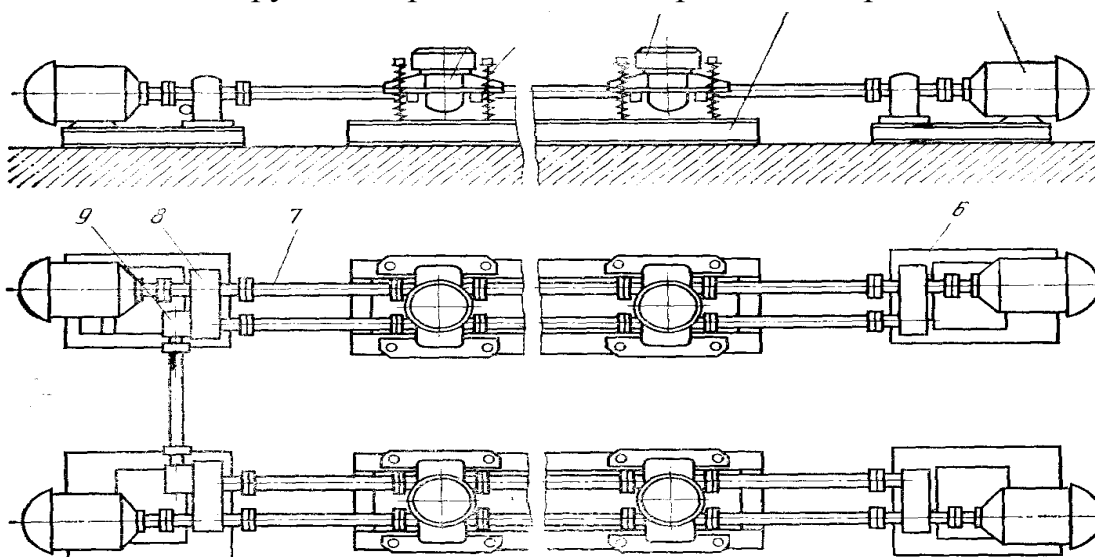


Рис. 17.18. Конструктивная схема блочной виброплощадки с гармоническими вертикально направленными колебаниями

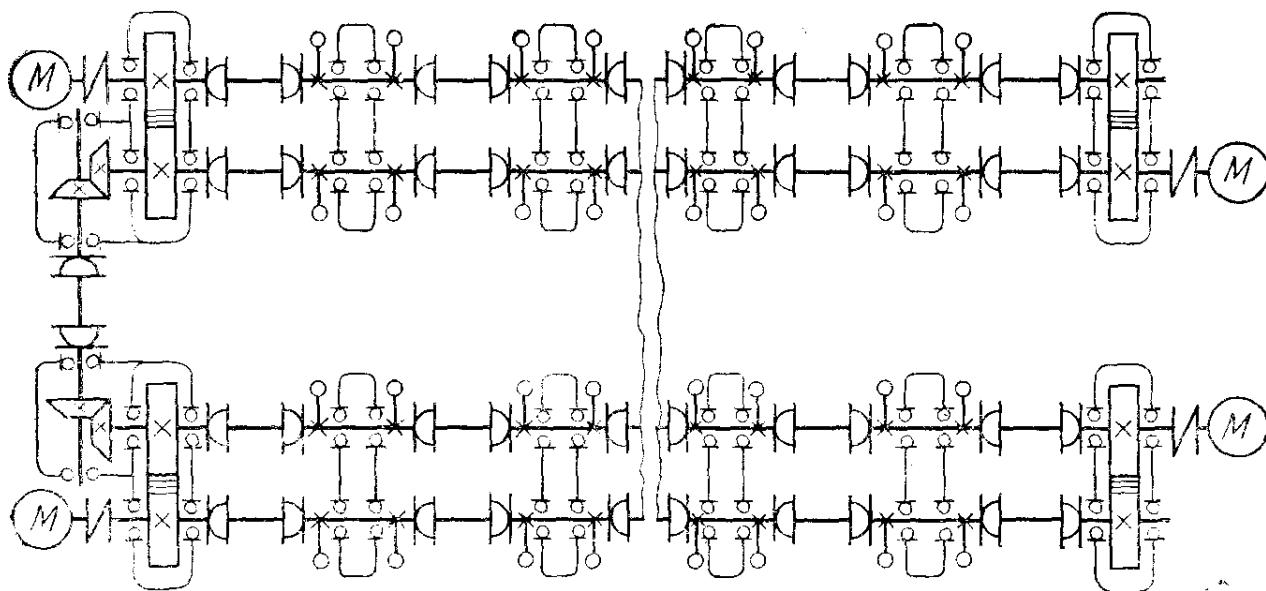


Рис. 17.19. Кинематическая схема блочной виброплощадки

Конструкция виброблока нормальной грузоподъемности (2000 кг) представлена на рис. 17.21. Виброблок состоит из двухвального центробежного вибровозбудителя 2, к которому посредством болтового соединения прикреплен электромагнит 1, служащий для крепления формы. Виброблок опирается на четыре пружинные опоры, каждая из которых состоит из верхней 3 и нижней 4 витых цилиндрических пружин сжатия. Пружины стянуты между собой резьбовыми шпильками 5. На виброблоке установлен

двухвальный центробежный вибровозбудитель (рис. 17.22). Он состоит из корпуса 1, в котором на подшипниках качения вращаются два вала 3. Предусмотрена жидкая смазка подшипниковых уз-

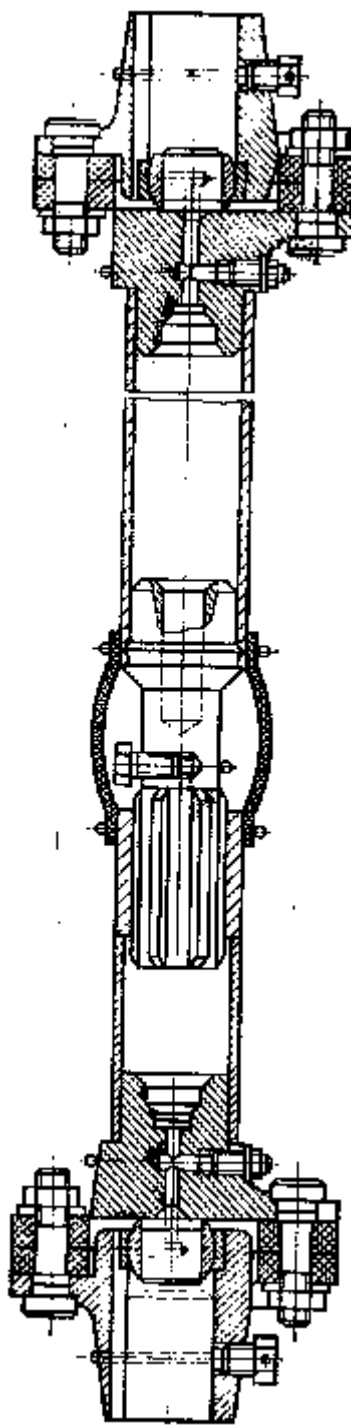


Рис. 17.20. Конструкция карданного вала

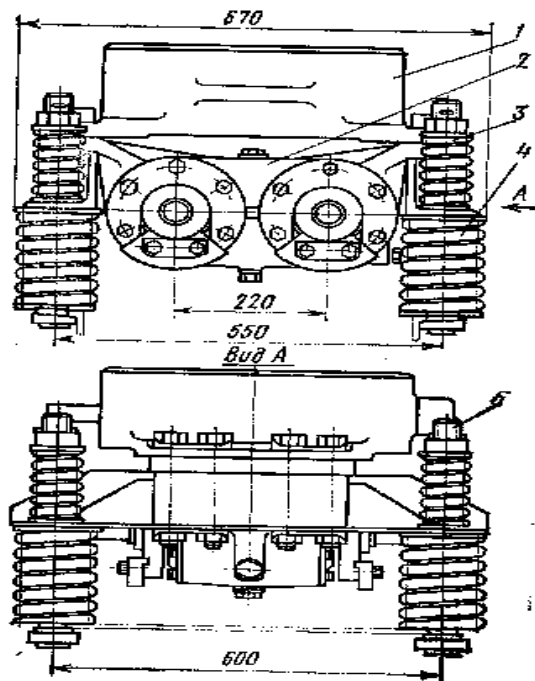


Рис. 17.21. Конструкция виброблока нормальной грузоподъемности

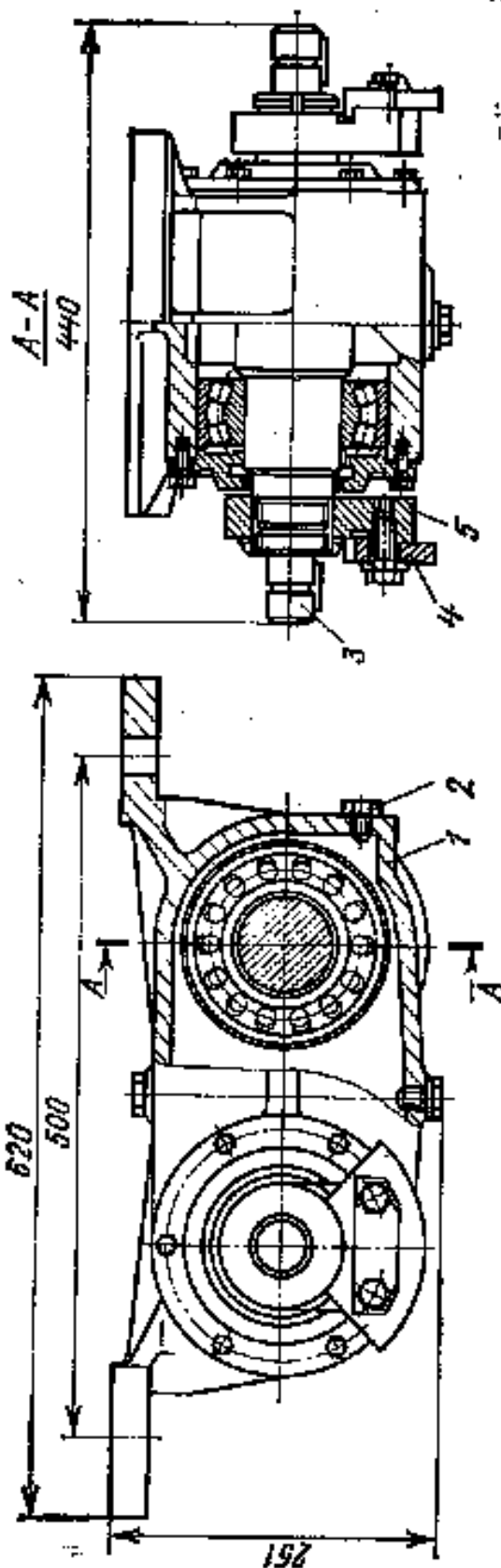


Рис. 17.22. Двухинерционный центробежный вибровозбудитель

лов, уровень которой в корпусе контролируется пробкой 2 с указателем. На каждом из валов 3 установлено два основных дебаланса 5. К последним посредством болтового соединения крепятся дополнительные дебалансы 4. Они служат для регулировки амплитуды вибро смещений при формировании изделий, масса которых в совокупности с формой ниже паспортной для данной виброплощадки.

Для формирования крупногабаритных изделий применяют виброблоки повышенной грузоподъемности (до 3500 кг). От виброблока нормальной грузоподъемности они отличаются наличием двух двухвальных вибровозбудителей, дебалансные валы которых соединены между собой муфтами. Для улучшения смазки подшипниковых узлов и повышения срока службы применена принудительная циркуляционная смазка.

На рис. 17.23 показаны конструкции синхронизаторов. Из рис. 17.18 и 17.19 ясно, что каждая виброплощадка должна быть снабжена двумя парами синхронизаторов, одна из которых имеет левое исполнение, а вторая — правое. Каждый синхронизатор имеет четыре шестерни—ведущую, ведомую и две паразитных. Передаточное отношение между двумя первыми и входящими в зацепление с ними паразитными равно двум. Передаточное отношение между двумя паразитными шестернями равно единице. Таким образом, общее передаточное отношение синхронизатора равно единице, а скорость вращения паразитных шестерен в два раза ниже

скорости вращения ведущей и ведомой шестерен.

Передаточное отношение конических шестерен угловой приставки равно единице. Ведущая коническая шестерня устанавливается на валу второй паразитной шестерни и поэтому скорость вращения конических шестерен равна скорости паразитных. Такая конструкция синхронизаторов обеспечивает достаточную долговечность и низкий уровень шумов при работе синхронизаторов за счет небольших линейных скоростей во всех зубчатых зацеплениях.

При формировании железобетонных изделий шириной до 1600... 1800 мм блочные виброплощадки компонуются из виброблоков, расположенных в один ряд. В этом случае потребность в синхронизаторах с угловыми приставками отпадает. При формировании изделий шириной более 1800 мм виброплощадки выполняются двухрядными (см. рис. 17.18 и 17.119). Технические характеристики виброплощадок приведены в табл. 17.3.

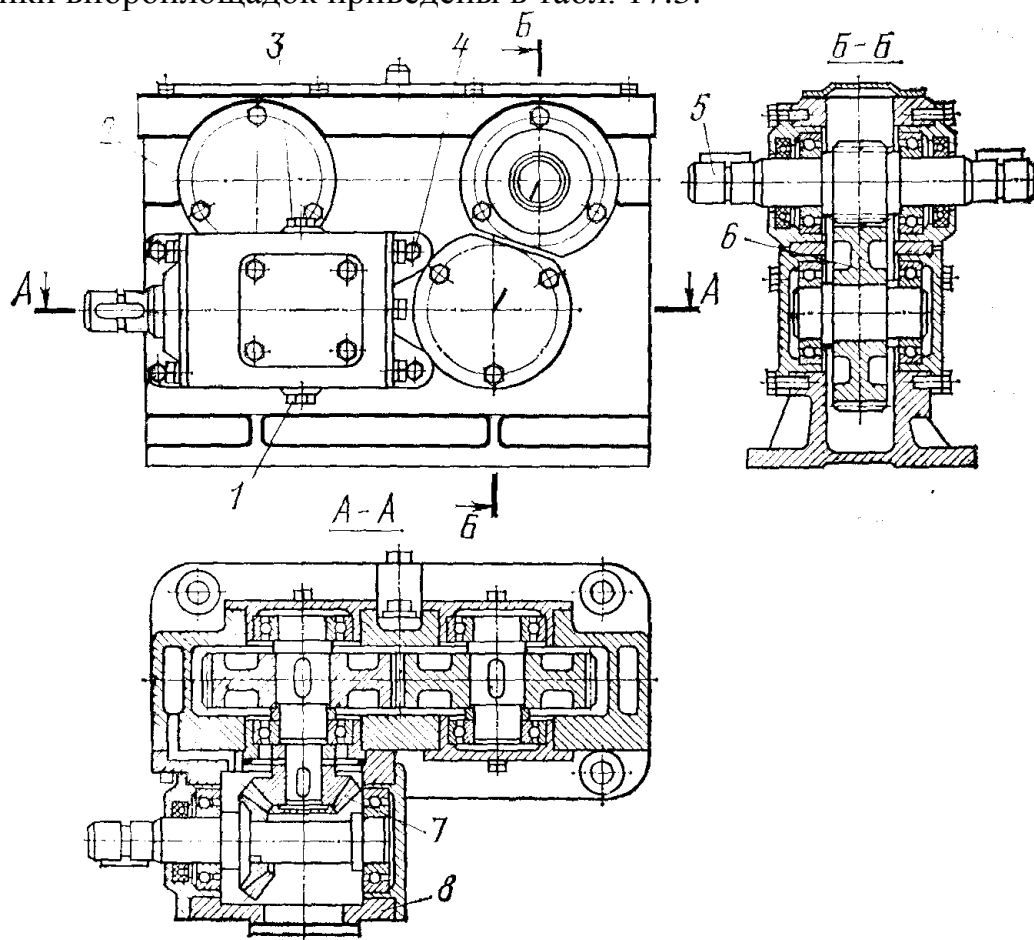


Рис. 17.23. Конструкция синхронизатора:

1—пробка для слива масла; 2 — корпус; 3— пробка для заливки масла; 4 — контрольная пробка уровня масла; 5 — вал-шестерня; 6—цилиндрическая шестерня; 7—коническая шестерня; 8 — съемный корпус углового синхронизатора

Расчет виброплощадок обычно производится по заданной грузоподъемности (кг)

$$m_{гр} = m_{ф} + m_{бс},$$

где $m_{ф}$ — масса формы; $m_{бс}$ — масса бетонной смеси.

На отечественных виброплощадках частота колебаний принята равной 300 с^{-1} . Тогда, согласно рекомендациям § 1.5, амплитуда вибросмещений формы с бетонной смесью $x_a = 7 \cdot 10^{-4} \text{ м}$.

Таблица 17.3. Технические характеристики виброплощадок унифицированного ряда

Показатели	СМЖ-187	СМЖ-200Б	СМЖ-199А	СМЖ-194
Грузоподъемность, т	10	15	24	40
Число виброблоков	8	а	16	14
Грузоподъемность одного блока, кг	2000	2000	2000	3500
Суммарный момент массы дебаланса, кг-м	2,96; 3,6; 4,8	2,96; 3,6; 4,8	5,92; 7,2; 9,6	224
Частота колебаний, с^{-1}	290	290	290	290
Амплитуда колебаний, мм	0,4...0,6	0,4...0,6	0,4...0,6	0,4...0,6
Усилие, развиваемое одним электромагнитом, кН	60	60	60	120
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	64	92	128	234,5
Масса вибрируемых частей конструкции, кг	3000	3100	5400	10650
Общая масса, кг	7850	7850	1315	21 000

Расчет выполняют в следующем порядке.

1. Определяют вибрируемую массу (кг)

$$m_{в} = m_{к} + m_{ф} + k_1 m_{бс} + k_2 m'_{пр},$$

где $m_{к}$ — масса колеблющихся частей виброплощадки (суммарная масса виброблоков); k_2 — коэффициент присоединения пригруза; $m'_{пр}$ — масса пригруза (если таковой имеется).

Значение коэффициента $k_2 = 0,1$ и по своей сути он имеет тот же смысл, что и k_1 (выбор значения k_1 и его определение см. § 1.5). Для предварительных расчетов на основе опыта конструирования блочных виброплощадок допускается принимать $m_{ф} \cong m_{бс}$, а $m_{к} = (0,3 \dots 0,4) m_{гр}$. Следовательно, в зависимости от принятого значения $m_{в} \cong (1 \dots 1,1) m_{гр}$.

При проектировании новой машины $m_{к}$ определяют путем предварительной эскизной проработки виброплощадки с последующим уточнением ее значения.

2. Находят статический момент массы дебалансов, при котором выдерживается принятое значение X_a . Поскольку рассматриваемые виброплощадки работают в далеко зарезонансном режиме, $\omega_0 \ll \omega$. Тогда, согласно выражению (1.19), принимая $\omega_0 = 0$, найдем статический момент массы (кг-м)

$$S = m_0 r = \frac{x_a m_e}{\cos \varphi}$$

где m_0 — суммарная масса всех дебалансов виброплощадки; принимают ($\varphi = 145 \dots 160^\circ$).

3. Рассчитывают геометрические размеры основного и дополнительного дебалансов. Согласно принятой конструкции вибровозбудителя (см. рис. 17.22) он имеет 46" тыре дебаланса, Таким образом, число дебалансов n_d должно

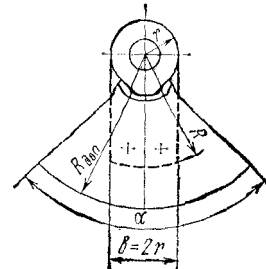


Рис. 17.24. Схема дебаланса

быть кратно четырем для однорядных виброплощадок и кратно восьми для двухрядных виброплощадок, поскольку в последнем случае число виброблоков должно быть четным. Кроме того, исходя из условий долговечности и надежности подшипниковых узлов при $\omega = 300 \text{ с}^{-1}$, статический момент массы одного дебаланса S_d обычно не должен превышать 0,2 кг-м. С учетом указанных рекомендаций задаются n_d , тогда

$$S_d = S / n_d \leq 0,2.$$

Чаще всего основной дебаланс имеет форму, близкую к прямоугольнику (рис. 17.24) и принимается равным $2/3 S_d$. Считая форму основного дебаланса прямоугольной, можно выразить статический момент массы через его геометрические размеры:

$$S_{осн} = r \delta (R^2 - r^2) p = 2S / 3,$$

где δ — толщина дебаланса, м; p — плотность материала, из которого изготовлен дебаланс (обычно сталь имеет $p = 7800 \text{ кг/м}^3$).

Кроме того, виброплощадки снабжаются двумя дополнительными дебалансами, которые представляют собой кольцевой сектор (см. рис. 17.24). Статический момент массы одного из них принимают равным $(1/3)S_d$, а второго — $(1/6)S_d$. Таким образом, при установке первого дополнительного дебаланса виброплощадка при расчетном значении m_b имеет $x_a = 7 \cdot 10^{-4}$ м. При установке вместо первого дополнительного дебаланса второго X_a снижается на 10^{-4} м, а без дополнительных дебалансов снижается на $2 \cdot 10^{-4}$ м.

Выражение статического момента массы дополнительного дебаланса через его геометрические размеры имеет вид

$$S_{\text{дон}} = \frac{2}{3} (R_{\text{дон}}^3 - r^3) \delta p \sin \frac{a}{2}.$$

Обозначения см. на рис. 17.24.

4. Далее определяют усилие, необходимое для закрепления на виброплощадке формы с бетонной смесью. Согласно расчетной схеме на рис. 17.25 на форму с бетонной смесью действуют силы тяжести Q и инерционная сила P , при этом рассматривается тот полупериод движения, когда инерционная сила стремится оторвать форму от виброблоков. Исходя из этого, усилие закрепления

$$P_3 = P - Q, \quad (17.6)$$

но $Q = (m_{\phi} + k_1 m_{\text{бс}})$, а $P = (m_{\phi} + k_1 m_{\text{бс}}) x_a \omega$, где Q — ускорение свободного падения.

Кроме того, в § 1.5 указывалось, что максимальное ускорение, направленное вверх, не должно превышать $7g$ (т. е. $x_a \omega^2 = 7g$). С учетом последнего, подставляя в (17.5) значения Q и P , получим расчетное усилие закрепления формы

$$P_p = 6g(m_{\phi} + k_1 m_{\text{бс}}) \beta,$$

где β — коэффициент запаса; при механическом, гидро- и пневмо-механическом креплениях рекомендуется принимать $\beta = 1,25$, при электромагнитном — $\beta = 1,4$.

5. Находят мощность приводных электродвигателей, с учетом того, что $\omega_0 \cong 0$ и выражения (1.17), мощность запишется в следующем виде:

Кроме мощности $N_{\text{ср}}$, необходимой для поддержания колебаний, при центробежном возбуждении расходуется мощность на преодоление трения в подшипниковых узлах вибровозбудителей. Эта мощность (Вт)

$$N_{mp} = S \omega^3 \mu d_g / 2, \quad (17.8)$$

где μ — приведенный к валу коэффициент трения скольжения подшипника качения (при жидкой смазке $\mu = 0,005$); d_g — диаметр шейки вала под подшипником. С учетом выражений (17.7) и (17.8) мощность приводных электродвигателей

$$N_{\text{дв}} = \frac{S \omega^3}{2\eta},$$

Где η — КПД трансмиссии ($\eta \cong 0,96$); η_c — КПД синхронизаторов ($\eta_c = 0,9$). Значения для φ приведены в п. 2.

6. Определяют коэффициент жесткости опорных упругих элементов. Согласно обозначениям (1.6), $\omega_0 = \sqrt{c/m_g}$. Опорные упругие элементы, с одной стороны, должны обеспечивать необходимую по санитарным нормам виброизоляцию рабочих мест, с другой — они должны обеспечить надежную устойчивость всей машины. Первое требование к опорным упругим элементам выполняется тем полнее, чем меньше их коэффициент жесткости, а второе, наоборот, чем больше. Опыт эксплуатации виброплощадок показал, что оба противоречивых требования в достаточной мере удовлетворяются в виброплощадках, работающих на частоте ($\omega=300 \text{ с}^{-1}$ при $\omega=30 \text{ с}^{-1}$). Исходя из этого, суммарная жесткость всех опорных упругих элементов виброплощадок $c = 30^2 m_g \text{ Н/м}$.

При установке опорных пружин в соответствии с расчетной схемой на рис. 17.27 коэффициенты жесткости верхних пружин c_g и коэффициенты жесткости нижних пружин c_n суммируются, т. е. имеет место параллельное включение C_g и C_n .

Обычно в виброблоках $c_g \cong \frac{1}{3} c_n$, а число верхних и нижних пружин одинаково — по четыре на каждом виброблоке. В виброблоках повышенной грузоподъемности нижних пружин восемь, а верхних - четыре. Исходя из этого, для виброблоков нормальной грузоподъемности коэффициент жесткости одной верхней пружины

$$c_g \cong c / (16n_{\text{бл}}),$$

где $n_{\text{бл}}$ — принятое число виброблоков.

Коэффициент жесткости нижней пружины (Н-м^{-1})

$$c_n \cong 3c_g$$

Для виброблоков повышенной грузоподъемности c_g определяется так же, как и для виброблоков нормальной грузоподъемности:

$$c_n \cong 3c / (32n_{\text{бл}}).$$

Максимальная деформация нижних пружин (м) будет в случае, когда на виброплощадке установлена форма с бетонной смесью и в процессе выбега виброплощадки она проходит через резонанс:

$$f_{\text{макс}n} = (m_k + m_{\phi} + m_{\text{бс}})g / c + 5x_a + f_z / 3,$$

где f_r — гарантированная деформация верхней пружины, $f_r = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$,

Максимальная деформация верхней пружины (м) будет иметь место в процессе выбега виброплощадки в случае, если на ней ^е установлена форма с бетонной смесью

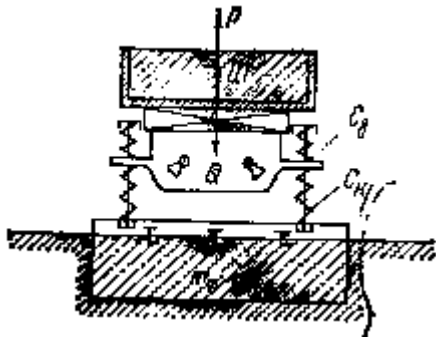
$$f_{\text{макс}g} = (m_{\phi} + m_{\text{бс}})g / c + 5x_a + f_z.$$

Далее по полученным значениям s_i производится прочностной расчет витых цилиндрических пружин по методике, приводимой в курсах «Детали машин».

7. Рассчитывают массу фундамента /пфун. Согласно расчетной схеме (рис. 17.25) динамическая сила, передаваемая виброплощадкой на фундамент (Н),

$$P'_{\text{фун}} = cx_a. \quad (17.9)$$

Кроме того, динамическое воздействие на фундамент со стороны виброплощадок должно быть таким, чтобы не вызывать его вибраций, превышающих по уровню значений, допускаемых санитарными нормами. Согласно санитарным нормам, при $\omega = 300 \text{ с}^{-1}$ допускаемое значение амплитуды колебаний фундамента составляет $x_{\text{сан}} = 9 \cdot 10^{-6} \text{ м}$. Так как восстанавливающие (упругие) силы



грунта, на который опирается фундамент, обычно бывают меньше диссипативных сил, возникающих при его деформации, резонансные колебания фундамента практически исключаются. Это дает возможность при определении массы фундамента не учитывать реакций на него со стороны грунта. В этом случае сила инерции, при которой фундамент имеет допустимые вибрации,

Рис. 17.25. Расчетная схема для определения усилия закрепления формы и массы фундамента

$$P''_{\text{фун}} = m_{\text{фун}} x_{\text{сан}} \omega^2$$

Приравнявая правые части выражений (17.9) и (17.10), найдем массу фундамента (кг), при которой выдерживаются допустимые санитарными нормами уровни его вибраций:

$$m_{\text{фун}} = cx_a / (\omega^2 x_{\text{сан}})$$

8. Для расчета долговечности подшипниковых узлов определяют радиальные усилия (Н), действующие на подшипники качения: $F_o = S_o \omega^2$. По этому значению радиальных усилий рассчитывают подшипники по методике, излагаемой в курсе «Детали машин».

Основными недостатками машин такого типа является низкая надежность и долговечность карданных валов, подшипниковых и некоторых других узлов, повышенные против санитарных норм уровни шумов при работе и высокая энергоемкость. Последнее обстоятельство объясняется большими потерями мощности в подшипниковых узлах. Для того чтобы оценить величину этих потерь, поделим выражение (17.8) на выражение (17.7):

$$N_{\text{тр}} / N_{\text{ср}} = \mu d_e / (x_a \sin \varphi).$$

Примем $d_b=7\cdot 10^{-2}$ м, что соответствует диаметру вала под подшипником серийно выпускаемых виброплощадок, $\varphi=150^\circ$, а $x_a=7\cdot 10^{-4}$ м. При этих значениях отношение $N_{mp}/N_c\cong 1$. Это говорит о том, что по крайней мере 50% мощности в резонансных виброплощадках расходуется на преодоление трения в подшипниковых узлах.

Достоинством этих машин является их относительно низкая чувствительность к изменениям m_e , т. е. к изменениям m_ϕ и m_{bc} , которые неизбежны в процессе эксплуатации машин. Согласно выражению (17.5), при заданном значении m_{or} значение x_a обратно пропорционально m_e . С учетом регулировочных дебалансов на резонансных виброплощадках успешно можно формировать изделия с изменениями $m_{гр}$ от номинального значения до 0,5 от него.

17.5. РЕЗОНАНСНЫЕ ВИБРОПЛОЩАДКИ С ГАРМОНИЧЕСКИМИ ГОРИЗОНТАЛЬНО НАПРАВЛЕННЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ

Конструктивная схема резонансной виброплощадки с горизонтально направленными колебаниями показана на рис. 17,26. Как следует из схемы, такая виброплощадка состоит из двух колеблющихся масс, связанных между собой витыми цилиндрическими пружинами сжатия. Первая—реактивная масса, состоит из резонаторной плиты 5 с установленным на ней двухвальным центробежным вибровозбудителем. Вторая масса состоит из корпусной части 4, снабженной клиновым замком, и формы с бетонной смесью. Клиновым замком служит для жесткого соединения корпусной части с формой. Открытие клинового замка осуществляется от пневмоцилиндра 3 через систему рычагов, а запираение — с помощью груза 2. Корпусная часть 4 с резонаторными плитами и вибровозбудителем опирается на фундамент через мягкие виброизолирующие упругие элементы 6. На опоры 9 опирается форма. Для привода таких виброплощадок используют двухвальные вибровозбудители общего назначения. В некоторых конструкциях виброплощадок применяют вибровозбудители от виброплощадок с вертикально направленными колебаниями. При этом привод вибровозбудителя осуществляется от электродвигателя 6 через синхронизатор и карданные валы 7, закрываемые щитами 8. Упругие виброизолирующие опоры обычно выполняются из резины, работающей на сдвиг. По схеме на рис. 17.26 выполняются виброплощадки грузоподъемностью до 20 т.

При меньшей грузоподъемности применяют виброплощадки с одной резонаторной плитой и одним двухвальным вибровозбудителем.

В отличие от зарезонансных виброплощадок, расчетная схема которых полностью соответствует модели с одной степенью свободы (см. рис. 1.6), в резонансных виброплощадках имеется две

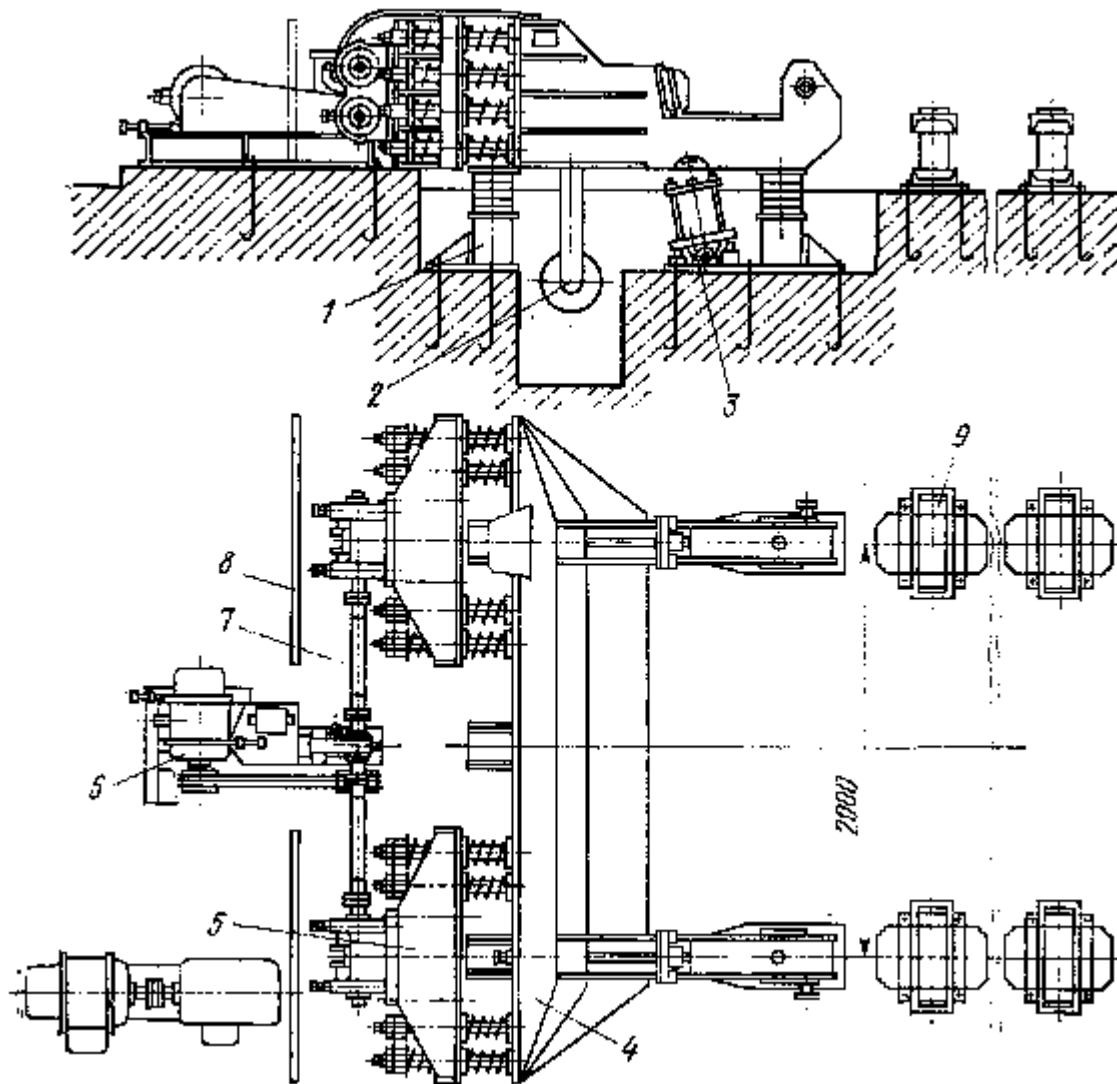


Рис. 17.26. Конструктивная схема резонансной виброплощадки с горизонтальными колебаниями грузоподъемностью свыше 10 т:

1 — виброизолирующая упругая опора; 2 — груз зажима клинового замка; 3 — пневмоцилиндр открывания клинового замка; 4 — корпусная часть; 5 — резонаторная плита с вибровозбудителем; 6 — привод вибровозбудителей; 7 — карданный вал; 8 — предохранительный щит; 9 — виброизолирующая упругая опора формы

массы, т. е. это система с двумя степенями свободы. Расчетная схема ее представлена на рис. 17.27. Необходимость усложнения схемы резонансных машин вызвана тем, что коэффициент жесткости упругих элементов, при котором обеспечивается околорезонансный режим работы машины, весьма значителен. В схеме на рис. 1.6 большая по значению упругая сила, возникающая при деформации упругих элементов с v в процессе движения массы m , воспринимается неподвижной стойкой, т. е. фундаментом, несущими конструкциями и т. д. При этом оказывается невозможным обеспечить допустимые санитарными нормами вибрации

фундамента при приемлемых его габаритах и массе. В двухмассной схеме большая по значению упругая сила пружин полностью уравновешивается инерционными силами колеблющихся масс m_1 и m_2 . На фундамент же передается малая по значению упругая сила мягких виброизолярующих опорных упругих элементов $C_{оп}$, на которые опирается корпусная часть виброплощадки и форма.



Динамика системы с двумя степенями свободы описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} m_1 \ddot{y}_1 + b(\dot{y}_1 - \dot{y}_2) + c(y_1 - y_2) &= m_0 r \omega^2 \cos \omega t \\ m_2 \ddot{y}_2 + b(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) + c(y_2 - y_1) &= 0 \end{aligned} \right\},$$

где m_1 и m_2 — масса первого и второго тел; $y_1; \dot{y}_1; \ddot{y}_1$ — перемещение, скорость и ускорение первого тела; $y_2; \dot{y}_2; \ddot{y}_2$ — то же, второго тела; b — коэффициент сопротивления, c — коэффициент жесткости упругих элементов; r и ω — обозначения те же, что и в (1.1). В уравнениях (17.11) влияние на динамику системы опорных упругих элементов не учтено из-за малости коэффициента их жесткости.

Если первое из уравнений (17.11) поделить на m_1 , а второе — на m_2 и из первого вычесть второе, то получим

$$\ddot{x} + 2h\dot{x} + \omega_0^2 x = \frac{m_0 r \omega^2}{m_1} \cos \omega t,$$

где

$$\left. \begin{aligned} x &= y_1 - y_2; h = b / 2(2m_{np}) \\ \omega_0^2 &= c / m_{np}; \\ m_{np} &= m_1 m_2 / (m_1 + m_2) \end{aligned} \right\}$$

Последнее уравнение аналогично уравнению (1.5). Таким образом, для расчета двухмассной резонансной виброплощадки можно воспользоваться результатами, полученными в § 1.4. При этом необходимо лишь помнить, что в уравнении (17.11) x есть относительное перемещение двух тел с массами m_1 и m_2 .

Расчет резонансных виброплощадок производится по заданной грузоподъемности $m_{гр} = m_{ф} + m_{бс}$, амплитуде вибро смещений формы y_{2a} и частоте ее колебаний ω . Их значения принимаются такими же, как и в § 17.4 для виброплощадок, работающих в резонансном режиме.

Расчет осуществляется в следующем порядке.

1. Определяют суммарную массу (кг):

$$m_2 = m_{кор} + m_{ф} + k_1 m_{бс} + k_2 m'_{пр},$$

где $m_{\text{кор}}$ — масса корпусной части. Для виброплощадок грузоподъемностью до 10 т можно принять $m_{\text{кор}}=0,15 m_{\text{гр}}$, а свыше 10т $m_{\text{кор}}=0,1 \dots 0,12 m_{\text{гр}}$.

2. Находят значения y_{1a} ; X_a и $m_I(m)$:

$$y_{1a} \cong y_{2a} / \xi$$

где ξ — отношение масс системы ($\xi = m_1 / m_2$) принимается $\xi = 0,1 \dots 0,15$.

При меньших значениях ξ , против указанных, происходит существенное возрастание металлоемкости дорогостоящих упругих элементов и, кроме того, их масса начинает оказывать большое влияние на частоту собственных колебаний системы. При больших значениях происходит рост общей металлоемкости машин -за счет увеличения реактивной массы m_I .

С учетом (17.12) и (17.13)

$$|x_a| = |y_{2a}| \frac{1 + \xi}{\xi}$$

Значение реактивной массы $m_I = \xi m_2$. з- определяют суммарную жесткость упругой системы. Для этого задаются коэффициенты настройки $y = \omega / \omega_0$ ($\gamma = 0,94 \dots 0,96$). Рекомендуемые значения y обеспечивают близкую к резонансу дорезонансную настройку машины, необходимую для ее стабильной работы (см. § 1.4). С учетом этого и обозначений (17.12) коэффициент жесткости (Н/м)

$$c = \frac{m_2 \omega^2}{\gamma_2 \gamma_c^2} \frac{\xi}{1 + \xi}$$

где γ_c — поправка к коэффициенту жесткости упругой системы, обусловленная влиянием массы упругой системы на собственную частоту колебаний системы. При $\xi = 0,1$ значение $\gamma_c = 0,89$, а при $\xi = 0,15$ $\gamma_c = 0,93$.

Задавшись числом пружин, по полученному коэффициенту жесткости находят коэффициент жесткости одной пружины. Наиболее целесообразны пружины с коэффициентом жесткости $C_{\text{пр}} = 10^6 \dots 1,5 \cdot 10^6$ Н/м. Кроме того, при выборе числа пружин необходимо, чтобы число их пар обеспечивало совпадение главной оси жесткости упругой системы с осью действия вибровозбудителя, т. е. число пружин должно быть четным, а число пар пружин таким, чтобы они располагались симметрично относительно оси действия вибровозбудителя. Максимальная деформация пружин при работе составляет $f_{\text{max}} = 2,1 x_a$. Далее по полученному коэффициенту жесткости одной пружины $C_{\text{пр}}$ и f_{max} производится расчет пружин по методике, излагаемой в курсах деталей машин.

4. Вычисляют статический момент массы дебалансов (кг-м). Для этого пользуются выражением (1.9), которое с учетом обозначений в п. 2 и 3 можно привести к виду

$$S = (1 + \xi) y_{2a} m^2 \sqrt{\left(\frac{1}{\gamma^2} - 1\right)^2 + 4 \frac{p^2}{\gamma^2}},$$

где p —относительное затухание ($p = h / \omega_0$)

Для резонансных вибрационных машин, согласно выражению (1.14), легко найти, что $p \approx 0,05$. Экспериментально было подтверждено, что для резонансных горизонтальных виброплощадок с витыми цилиндрическими пружинами в процессе формования $p = 0,04 \dots 0,06$.

Как уже отмечалось, в зависимости от грузоподъемности виброплощадка может быть снабжена либо одним, либо двумя вибровозбудителями. В первом случае машина имеет четыре дебаланса, а во втором — восемь. Обычно дебалансы выполняются цельными (без дополнительных дебалансов). В соответствии с найденным значением S и принятым числом дебалансов расчет их геометрических размеров производится так же, как и в § 17.4 для виброплощадок с вертикально направленными колебаниями.

5. Находят мощность приводного электродвигателя (Вт). Для определения мощности, необходимой для поддержания колебаний, используют выражение (1.18). С учетом обозначений, принятых в п. 2 и 3,

$$N_{cp} = \frac{S^2 \omega^3 p}{\xi m_2 \gamma \left[\left(\frac{1}{\gamma^2} - 1\right)^2 + 4 \frac{p^2}{\gamma^2} \right]}$$

Тогда

$$N_{дв} = \frac{N_{cp} + N_{тр}}{\eta_c \eta_m}$$

где $N_{тр}$, η_c и η_m имеют те же значения, что и в § 17.4, п. 5.

Как уже отмечалось в § 1.4, в виброплощадках с горизонтально направленными колебаниями уплотнение бетонной смеси происходит в основном (исключая торцовые борта) за счет касательных напряжений, возникающих в ней благодаря горизонтально направленным колебаниям поддона формы. Отмечалось также, что касательные напряжения распространяются в объеме бетонной смеси на высоту от поддона, не превышающую 200 ... 250 мм. Как видно из рис. 17.26, вибропровод резонансных виброплощадок с продольно горизонтальными колебаниями расположен в торце формы и, таким образом, колебания передаются форме в продольном направлении, т. е. в направлении, по которому форма имеет наивысшую жесткость. Это, естественно, обеспечивает более равномерное распределение амплитуд колебаний по длине формы, чем в случае вертикально направленных колебаний,

которые передаются форме в направлении, перпендикулярном оси ее наивысшей жесткости. Сказанное определяет рациональные области применения виброплощадок с продольно-горизонтальными колебаниями. Применение этих машин наиболее целесообразно при формировании тонкостенных, длинномерных и плоских изделий, формируемых из подвижных бетонных смесей.

Вторым существенным недостатком резонансных виброплощадок является относительно низкая стабильность режима их работы, т. е. зависимость амплитуды колебаний формы с бетонной смесью y_{2a} от диссипации энергии в системе и неизбежных в процессе эксплуатации изменений массы формы и бетонной смеси. Эта нестабильность режима работы обусловлена тем, что машина работает вблизи резонанса. Из амплитудно-частотной характеристики, приведенной на рис. 1.7, видно, что X_a при близком к резонансу дорезонансном режиме может претерпевать большие изменения при изменениях h и ω_0 . Коэффициент затухания h существенно зависит от качества работы клинового замка виброплощадки, состояния сварных швов формы и других факторов. Собственная частота колебаний системы ω_0 зависит от массы формы и бетонной смеси. Изменения ω_0 происходят не только при формировании изделий с различной массой, но и при формировании одного изделия. Последнее объясняется изменением коэффициента присоединения бетонной смеси k_1 по мере ее уплотнения. Если учесть, что частота вынуждающей силы ω при приводе машин от асинхронных электродвигателей постоянна, то из характеристики на рис. 1.7 видно, что относительно малые изменения h и ω_0 могут привести к такому падению амплитуды колебаний x_a , что процесс уплотнения бетонной смеси вообще прекратится. Для компенсации этого недостатка привод резонансных виброплощадок часто осуществляют от электродвигателей постоянного тока, которые позволяют регулировать частоту вынуждающей силы. Последнее дает возможность при изменениях ω_0 так изменять ω , что все время поддерживается заданный режим работы машины с $\gamma = \omega / \omega_0 \cong 0,95$. При этом, естественно, сохраняется значение амплитуды колебаний формы с бетонной смесью y_{2a} , близкое к заданному.

Наиболее радикальным путем устранения нестабильности амплитуды колебаний резонансных виброплощадок является автоматизация режима их работы. Фазочастотная характеристика на рис. 1.7 показывает, что резонанс в системе происходит при сдвиге фаз между вынуждающей силой и перемещением, равным $\pi/2$. Таким образом, поддерживая угол $\varphi \cong \pi/2$ путем воздействия на регулируемый по скорости привод, возможно поддерживать амплитуду колебаний виброплощадки вблизи ее максимума. Достаточно просто решается и автоматическое поддержание амплитуды колебаний формы с бетонной смесью на заданном уровне или по заданной программе.

Основными достоинствами резонансных виброплощадок является их пониженная металле- и энергоемкость по сравнению с зарезонансными машинами. Необходимо отметить, что мощность, расходуемая на уплотнение бетонной смеси, в обоих типах виброплощадок одинакова. Выигрыш в мощности в резонансных машинах обеспечивается за счет того, что необходимая амплитуда колебаний формы с бетонной смесью в этом случае достигается при вынуждающей силе по крайней мере в 10 раз меньшей, чем в зарезонансных виброплощадках. Мощность же, расходуемая на преодоление трения в подшипниках вибровозбудителей, как следует из выражения (17.8), прямо пропорциональна вынуждающей силе, т. е. в резонансных машинах эта мощность в 10 раз меньше, чем в зарезонансных. В § 17.5 было показано, что в зарезонансных виброплощадках потери мощности на трение в подшипниках не менее мощности, затрачиваемой на уплотнение бетонной смеси. Следовательно, в резонансных виброплощадках установленная мощность электропривода на 35 ... 40% ниже, чем в зарезонансных машинах.

17.6. УДАРНО-ВИБРАЦИОННЫЕ ПЛОЩАДКИ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

В § 1.5 сказано, что эффективность уплотнения бетонных смесей на ударно-вибрационных площадках с вертикально направленными колебаниями выше, чем в машинах с гармоническими колебаниями. Отмечалось также, что ускорения формы с бетонной смесью должны быть асимметричными. Это достигается за счет нанесения по форме ударов, направленных вверх. При этом инерционные силы, действующие на частицы бетонной смеси, направлены вниз, что исключает отрыв бетонной смеси от поддона формы и позволяет поднять ускорения, прижимающие смесь к поддону, до 20 g. Последнее и определяет повышенную эффективность ударно-вибрационных площадок.

Одна из первых машин такого типа представляет собой (рис. 17.28) раму 1, которая опирается на резиновые прокладки б, закрепленные на опорной раме 5, жестко установленной на фундаменте. Вибропривод площадки осуществляется от однофазных центробежных вибровозбудителей, валы 2 которых с дебалансами 3 вращаются в шарикоподшипниковых опорах 4. Эти опоры закреплены на раме /. Валы 2 соединены между собой упругими муфтами. Момент от электродвигателя 7 на валы 2 передается через клиноременную передачу.

При вращении валов 2 с дебалансами 3 с угловой скоростью $\omega \cong 140 \text{ c}^{-1}$ рама 1 с установленной на ней формой благодаря действию центробежных сил, развиваемых дебалансами 3, отрывается от упругих ограничителей б, а затем падает на них. При этом возникает удар по форме, направленный снизу вверх. При соот-

ветствующем выборе массы рамы 1 с формой и бетонной смесью, величины вынуждающей силы, коэффициента жесткости упругих ограничителей 6 и некоторых других параметров можно добиться совпадения частоты ударов с частотой вращения дебалансов 3. Однако строго периодических режимов движения формы на таких виброплощадках получить невозможно.

Такая площадка проста по конструкции, обладает достаточно высокой эффективностью уплотнения и благодаря тому, что удары происходят по резиновым упругим ограничителям, создает

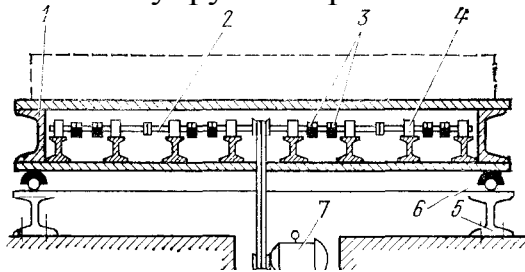


Рис. 17.28. Схема одномассной ударно-вибрационной площадки

низкий уровень шумов при работе. Основными недостатками таких виброплощадок являются высокие уровни вибраций фундамента, так как машина выполнена по одномассной схеме и поэтому удар наносится рамой непосредственно по фундаменту, а также возникают трудности формирования длинномерных изделий и частые поломки рамы. Последние два недостатка обусловлены тем, что при большом числе ограничителей или при большой их протяженности практически невозможно обеспечить одновременность удара по всем ограничителям или по всей их протяженности.

В последние годы применяются новые типы ударно-вибрационных площадок. Рассмотрим три из них, которые получили наибольшее распространение.

Низкочастотная резонансная виброплощадка (рис. 17.29) представляет собой двухмассную ударно-колебательную систему. Верхняя рама—стол 1 с притяжными магнитами 7 и формой составляют первую массу. Второй массой является уравнивающая рама 2, которая через мягкие виброизолирующие упругие элементы 8 опирается на фундамент. Обе массы связаны между собой предварительно поджатыми резиновыми упругими элементами 6. Кроме того, на них установлены резиновые буфера 5 с регулируемым зазором, которые соударяются только при встречном движении масс. За счет этого при движении формы с верх-

ней рамой вверх и вниз возникают различные по величине ускорения.

Для возбуждения колебаний применен эксцентриковый привод 9 с шатуном 4, который связан со столом 1 упругими элементами 3. Этот привод сообщает массам возвратно-поступательное движение в вертикальном направлении с угловой частотой $600 \dots 1000 \text{ с}^{-1}$. Частота вынуждающей силы и параметры системы подбираются таким образом, чтобы режим работы машины был близок к резонансному.

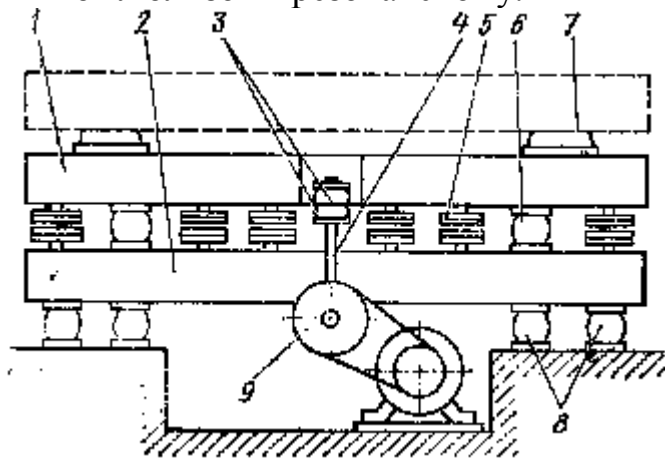


Рис. 17.29. Схема низкочастотной ударно-вибрационной площадки

В этих виброплощадках обеспечивается периодический режим движения рабочих органов и соответствие уровня шумов и вибраций фундамента санитарным нормам.

К недостаткам низкочастотных резонансных виброплощадок следует отнести недостаточную надежность эксцентрикового привода и крепления формы с помощью электромагнитов, установленных на общей жесткой раме. Последнее требует индивидуальной для каждой виброплощадки подгонки по высоте подмагнитных плит на каждой форме. Но даже при этом после нескольких оборотов формы первоначальное положение подмагнитных плит нарушается, что приводит к соударениям формы и магнитов, а следовательно, и к ухудшению условий работы виброплощадки и повышению уровня шумов. Кроме того, на виброплощадке устанавливается не менее 20 пар буферов, зазор между которыми в процессе эксплуатации машины несколько изменяется, что приводит к выходу ее из режима работы, близкого к резонансу. Регулировка же зазоров в буферах достаточно трудоемка и длительна.

Ударно-вибрационная виброплощадка (рис. 17.30) блочного типа состоит из четырех, а при необходимости и из большего числа самостоятельных вибростолов. Каждый стол 1 опирается на

фундамент через мягкие виброизолирующие резиновые упругие элементы 4, через которые машина опирается на раму 5. Она приводится в колебательное движение от двух однофазных центробежных вибровозбудителей 3 с угловой частотой около 140 с^{-1} . Кинематические связи между вибровозбудителями отсутствуют. Верхняя поверхность столов снабжена резиновыми плитами-ограничителями 2, на которые без всякого крепления устанавливается форма с бетонной смесью. При работе виброплощадки форма под действием центробежных сил, развиваемых вибровозбудите-

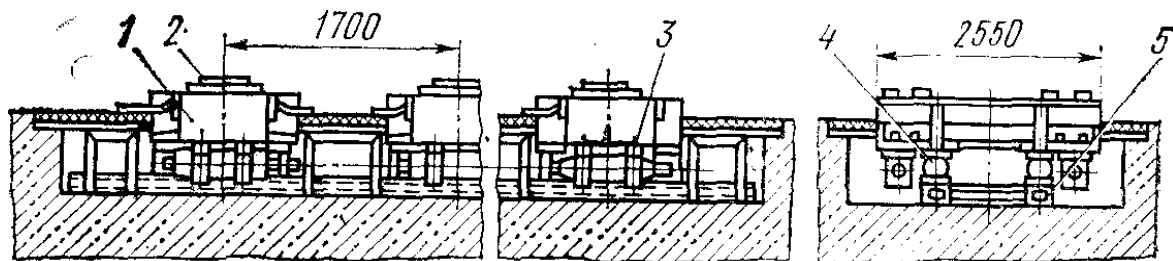


Рис. 17.30. Схема блочной ударно-вибрационной площадки

лями, отрывается от упругих ограничителей, а затем падает на них, что и приводит к удару, по форме направленному снизу вверх.

Виброплощадка очень проста по конструкции и удобна в эксплуатации из-за отсутствия крепления формы. Уровень шумов и вибраций фундамента, возникающих при работе машины, не превышает санитарных норм. Основным недостатком таких машин является несинхронность ударов отдельных вибростолов, вызванная отсутствием кинематических связей между вибровозбудителями. Вследствие этого не обеспечивается периодический режим движения формы, а в ее металлоконструкции возникают высокие динамические нагрузки, которые могут привести к поломке форм.

Следующий тип ударно-вибрационной площадки создан на базе блочных виброплощадок с вертикальными гармоническими колебаниями, поэтому обе машины имеют одинаковую кинематическую схему (см. рис. 17.19). Отличительной особенностью ударно-вибрационной площадки является то, что электромагниты лежат на резиновых упругих ограничителях и прижаты к ним пружинами безынерционного пригруза, связывающими магнит с двухфазным центробежным вибровозбудителем виброблока. Виброблоки через мягкие виброизолирующие упругие элементы опираются на раму, установленную на фундаменте. Рама снабжена двумя штырями-фиксаторами, которые удерживают форму от перемещений в горизонтальной плоскости.

На рис. 17.31 показана другая модификация виброплощадки. Отличительной ее особенностью является то, что виброблоки / выполнены по ширине равными ширине формы, и привод каждого из них осуществляется от двух однофазных вибровозбудите-

лей 3. С помощью карданных валов и синхронизаторов все вибровозбудители кинематически жестко связаны между собой. Это обеспечивает синхронность ударов, наносимых отдельными виброблоками по форме. Электромагниты в этой модификации виброплощадки отсутствуют, и форма устанавливается прямо на упругие ограничители виброблоков 2. Безынерционный пригруз формы 4 осуществляется захватами 5 и пружинами 6, деформацию которых и соответственно необходимый натяг между формой и упругими ограничителями виброблоков обеспечивают пневмоцилиндры 7. Эти виброплощадки работают с угловой частотой ударов около 140 с^{-1} .

В этих машинах регулируемый по величине безынерционный пригруз формы и синхронно-синфазное движение отдельных виброблоков обеспечивают периодические площадки режимы движения формы при изменениях ее массы (вместе с бетонной смесью) в пределах $\pm 25 \dots 30\%$ от номинальной грузоподъемности. Такие виброплощадки уплотняют

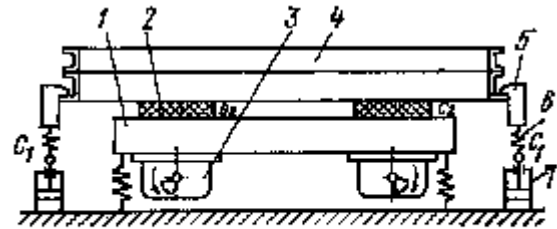


Рис. 17.31. Схема ударно-вибрационной площадки с двумя вибровозбудителями

уплотняют малоподвижные и жесткие бетонные смеси и позволяют формировать протяженные по длине изделия. Благодаря снижению в два раза частоты вынуждающей силы по сравнению с блочными виброплощадками с гармоническими вертикально направленными колебаниями существенно повысилась долговечность карданных валов и подшипниковых узлов вибровозбудителей.

Недостатками этих машин являются значительные уровни шумов при работе, которые иногда превышают санитарные нормы, и некоторая эксплуатационная трудность, связанная с необходимостью создания безынерционного пригруза формы.

Технические характеристики основных типов ударно-вибрационных площадок приведены в табл. 17.4. Ударно-вибрационные площадки представляют собой нелинейные системы. Это обусловлено тем, что часть периода (когда нет удара) на форму и раму либо вообще не действуют упругие силы (см. рис. 17.28 и 17.30), либо эти силы малы, так как вызваны деформацией упругих элементов малой жесткости, которые постоянно связывают две массы (см. рис. 17.29 и 17.31). В момент удара, когда происходит соприкосновение двух соударяющихся рам или формы с рамой, на обе массы начинают действовать упругие силы, которые определяются деформацией упругих ограничителей с большими коэффициентами жесткости.

Таким образом, при работе таких машин в течение одного периода движения суммарный коэффициент жесткости упругих свя-

зей меняется, т. е. эти машины нелинейны. Расчет нелинейных машин всегда достаточно сложен. Поэтому ограничимся методикой инженерного расчета резонансной (т. е. работающей с максимумом ударной скорости) ударно-вибрационной площадки (см. рис. 17.31) при начальном зазоре $x_0=0$. Будем считать, что во время удара упругие и инерционные силы в системе превышают вынуждающую силу настолько, что последней (во время удара) можно пренебречь.

Таблица 17.4. Технические характеристики основных типов ударно-вибрационных площадок

Показатели	СМЖ 460 (низко-	СМЖ-578 (блочная	В-789 (блочная
Грузоподъемность, т	15	18	15
Частота ударов, с ⁻¹	65	140	140
Размах колебаний, мм	6...10	—	—
Статический момент массы дебалансов, Н-м	—	8,05	10,88
Крепление формы	Электромагнитное	Отсутствует	Электромагнитное
Число приводных электродвигателей, шт.	1	2	2
Суммарная мощность приводных электродвигателей, кВт	32,2	32	12
Общая масса, кг	14400	6200	6430

Расчет площадок обычно производится по заданному значению $m_2=m_{\phi}+k_1m_{бс}$. Частоту вынуждающей силы принимают $\omega \cong 150 \text{ с}^{-1}$, а максимальное ускорение формы, при котором частицы бетонной смеси прижимаются к ее поддону, $x_{2\max}=(10... 18)g$. Для улучшения виброизоляции фундамента принимаем $m_1=(1,0... 1,8)m_2$. Далее расчет производится в следующем порядке.

1. Жесткость постоянных упругих связей (Н/м)

$$c_1 = \frac{\omega^2 (1+\nu)^2 m_1 m_2}{4\nu^2 (m_1 + m_2)}$$

где $\nu = \omega_2 / \omega_1 = 7...10$ —собственная частота колебаний системы на упругих связях c ; ω — собственная частота колебаний системы на суммарной жесткости упругих связей $C = C_1 + C_2$.

2. Жесткость упругих ограничителей (Н/м)

$$c_2 = c_1(\nu^2 - 1).$$

3. Максимальная деформация упругих ограничителей (м)

$$x_{сж} = \frac{\ddot{x}_{2\max} m_2}{c_1 + c_2}$$

4. Используя прямую линеаризацию, находят статический момент дебалансов (Н-м), при котором выдерживается принятое значение x_{2max} :

$$S = m_0 r = 0.2 x_{2max} h / \left[\omega^2 \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{m_1 m_2 (m_1 + m_2)}} \right]$$

5. Считая, что рассеивание мощности происходит только в той части периода движения, когда деформирован упругий ограничитель, мощность, необходимая для поддержания колебаний в системе,

$$N_{cp} = m_2^2 h \omega x_{2max}^2 / \left[(c_1 + c_2) \sqrt{\frac{(c_1 + c_2)(m_1 + m_2)}{m_1 m_2}} \right]$$

где h —коэффициент затухания; $h = (0,8... 1,0) \omega$

6. Мощность приводного электродвигателя

$$N_{дв} = (N_{cp} + N_{mp}) / \eta_{пр},$$

где $\eta_{пр}$ —КПД привода; N_{mp} определяется так же, как в п.5 § 17.4.

По выражениям для C_1 и C_2 , задавшись числом упругих элементов и ограничителей, находят коэффициент жесткости одного-элемента. Расчет резиновых ограничителей производят с учетом их максимальной деформации при ударе $X_{сж}$. По выражению для 5 (п. 4), задавшись числом дебалансов, находят статический момент массы одного дебаланса. Далее определяют его геометрические размеры. Обычно дебалансы выполняют секторными и их расчет производят по п. 3 § 17.4.

17.7. ИМПУЛЬСНЫЕ УСТАНОВКИ

Импульсные установки относятся к одной из разновидностей ударно-вибрационных. Их отличительной особенностью является то, что передача импульсов происходит непосредственно бетонной смеси. Одна из схем импульсных уплотняющих установок приведена на рис. 17.32. Поддон формы 1 имеет специальные окна, в которые входят колеблющиеся пластины-пульсаторы 2. Их возвратно-поступательное движение осуществляется посредством шатунов 3 и коленчатых валов 4. Бетонная смесь укладывается на эластичный ковер 5, который свободно лежит на поддоне и обычно делается из транспортерной ленты. Эксцентричные шейки вала 4 сдвинуты относительно друг друга на угол 90 или 180°. Эксцентриситет равен 10...20 мм. Подъем эластичного ковра от поддона, т. е. вход пульсаторов в зону бетона, составляет 5...8 мм. Частота пульсаций 100...130 с⁻¹. При работе установки непосредственно над пульсаторами возникают небольшие области плоских волн деформаций бетонной смеси (штрихпунктир на рис.

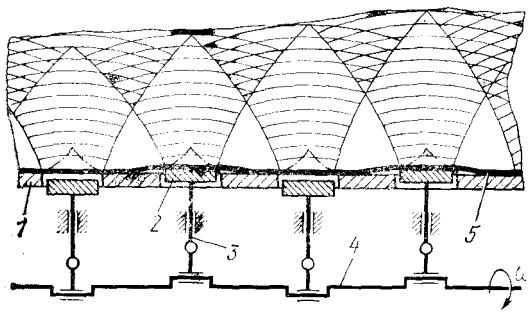


Рис. 17.32. Схема импульсной установки

17.33). Далее эти волны переходят в сферические волны деформаций бетонной смеси. За счет фазовых сдвигов между воздействиями отдельных пульсаторов на углы 90 или 180° между волнами деформаций, возбуждаемых ими, также имеются фазовые сдвиги. Это повышает скорости относительного проскальзывания частиц бетонной смеси и улучшает степень ее уплотнения.

Экспериментально установлено, что таким методом достигается хорошая степень уплотнения бетонной смеси при формовании

изделий высотой до $2,5$ м из бетонов средней пластичности.

Как видно из приведенного описания импульсной установки, ее отличительной особенностью от других вибрационных машинообъемного уплотнения является то, что колебания передаются непосредственно бетонной смеси, что исключает необходимость приведения форм, обладающих большими массами, в колебательное движение. Это значительно снижает энергоемкость процесса уплотнения и повышает долговечность дорогостоящего парка форм.

Недостатком таких импульсных установок является то, что на готовых изделиях остается след от окон в поддоне формы из-за деформации эластичного ковра под силой тяжести бетонной смеси. С целью исключения этого недостатка были предложены формы, в которых пульсатор является составной частью их конструкции.

Принципиальная схема формы с пульсаторами и дискороликовым возбудителем колебаний приведена на рис. 17.33. В таких формах поддон 3 снабжен пульсатором 4 . На поддоне 3 свободно лежит эластичный ковер 2 , который прижат к поддону бортами 1 . Хвостовик 7 пульсатора 4 движется в направляющих корпуса 5 , прикрепленного к поддону 3 . Пружина 6 обеспечивает возврат пульсатора 4 за время, несколько меньшее

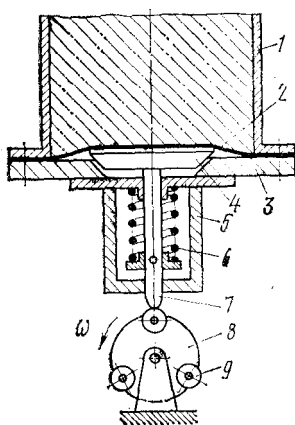


Рис. 17.33. Схема формы с пульсаторами и дискороликовым возбуждением колебаний

времени поворота диска 8 на $1/3$ оборота. Подъем пульсатора 4 на $5 \dots 8$ мм происходит при воздействии роликов 9 , закрепленных на вращающемся диске 8 ,

на хвостовик 7 пульсатора 4. В некоторых конструкциях форм ролики 9 непосредственно воздействуют на эластичный ковер 2 через прорези в поддоне 3.

Импульсные установки применяют и для поверхностного уплотнения бетонной смеси. В этом случае они монтируются на статических пригрузах или скользящей опалубке. Их целесообразно использовать для уплотнения откосов каналов и других сооружений, возводимых посредством скользящей опалубки.

Расстояние между пульсаторами (м)

$$L = 2 \sqrt{\frac{2qH^2 A}{4q^2 e^{-\beta H} - A^2} - q^2}$$

где q —максимальный выход пульсатора в зону бетонной смеси;

$q \cong (5...8) \cdot 10^{-3}$ м; H —высота изделия, м; A —вибросмещения верхних слоев бетонной смеси; $A \cong (3...5) \cdot 10^{-4}$ м; β —коэффициент затухания.

Мощность привода импульсной формирующей установки (кВт) ориентировочно определяется выражением

$$N = \frac{k_1 m_{\delta c} \omega e q^2 \sigma n}{\varepsilon t_n \square t E} k$$

где k_1 —коэффициент присоединения ($k_1=0,2$); $m_{\delta c}$ —масса формируемой бетонной смеси; ω —угловая частота пульсаций; ($\omega=100...130 \text{ с}^{-1}$); σ —давление на пульсатор [$\sigma=(2,5... 4,6) \times 10^{-1}$ МПа]; n —количество пульсаторов; ε —коэффициент, учитывающий угол сдвига фаз между перемещением отдельных пульсаторов; при угле 180° $\varepsilon=2$, при угле 90° $\varepsilon=4$; t_n —время контакта пульсатора с бетонной смесью; $t_n=(1,0 \dots 1,2) \cdot 10^{-2}$ с;

$\square t$ —время удара; $\square t=(1,6... 2,5) \cdot 10^{-3}$ с; E —динамический модуль упругости бетонной смеси; $E=0,63 \dots 1,4$ МПа; k —коэффициент, зависящий от удобоукладываемости бетонной смеси; для пластичных смесей $k=1$, для жестких $k=1,1 \dots 1,4$.

17.8. ВИБРОПЛОЩАДКИ С ПРОСТРАНСТВЕННЫМ ДВИЖЕНИЕМ РАБОЧИХ МЕХАНИЗМОВ

Рассмотренные ранее виброплощадки сообщали форме с бетонной смесью направление колебания. В последние годы применяют виброплощадки с пространственными колебаниями рабочих органов (рис. 17.34). Ось одновального центробежного вибровозбудителя / смещена на некоторую величину a относительно оси, Y , проходящей через центр тяжести машины. Горизонтальная:

плоскость действия круговой вынуждающей силы c — c лежит ниже оси X , проходящей через центр тяжести машины. При таком расположении вибровозбудителя относительно центра тяжести на

форме 3 возникают сложные пространственные колебания по осям X , Y и Z . Форма 3 устанавливается на раме 2, которая опирается на фундамент через мягкие виброизолирующие опоры 4. Последние обычно выполняются из резины, работающей на сжатие и сдвиг. При формовании пластичных бетонных смесей форма устанавливается на раме без крепления. При формовании жестких бетонных смесей крепление формы к раме осуществляется клиновыми прижимами. Варьируя размерами a и b , можно изменять траектории движения отдельных точек формы. Такие виброплощадки работают на частоте $\omega = 150 \text{ с}^{-1}$, а грузоподъемность отдельных типов машин колеблется от 10 до 60 т.

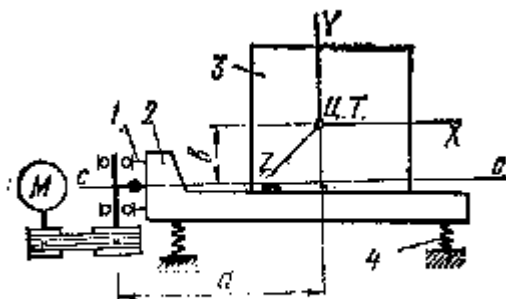


Рис. 17.34. Виброплощадка с пространственным движением рабочих органов

Виброплощадки с пространственным движением рабочих органов в основном предназначены для формования изделий из пластичных бетонных смесей. Благодаря пониженной частоте вынуждающей силы они удовлетворяют требованиям санитарных норм по уровню создаваемых ими шумов и вибраций рабочих мест.

ГЛАВА 18

Механизированные линии и установки для производства бетонных и железобетонных изделий

18.1. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РАДИАЛЬНОГО ПРЕССОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ТРУБ

Радиальное прессование—один из наиболее прогрессивных способов производства безнапорных бетонных и железобетонных труб, позволяющий эффективно уплотнять особо жесткие бетонные смеси и получать высококачественные изделия.

Изготовление железобетонных труб способом радиального прессования осуществляется в вертикальной форме, установленной соосно с приводным валом формующей головки. Наибольшее распространение получили установки для формования труб раструбом вниз (рис. 18.1). Такая установка работает следующим образом. Из питателя 4 бетонная смесь подается в форму / с кольцом 2. Уплотнение раструбной части осуществляется в начальной

стадии формирования вибрационным способом с помощью вибростола 8. После уплотнения раструбной части вибростол выключается и начинается подъем прессующей головки с валом 3, т. е. начинается процесс радиального прессования. Формующая головка состоит из верхнего распределительного конуса или диска 5, снабженного пластинами-метателями 9, прессующих роликов 6, свободно вращающихся на вертикальных осях, и заглаживающего короткого цилиндра 7—скользящей опалубки. Формование стенок трубы осуществляется при вращении головки и одновременном ее подъеме вверх. Рыхлая бетонная смесь, попадая на вращающийся распределительный конус 5, отбрасывается метателями 9 к стенкам формы 1 под набегающие ролики 6, которые и уплотняют ее.

В некоторых конструкциях установок радиального прессования формующая головка устанавливается на вертикальном валу, приводящемся от самостоятельного привода. Этот вал располагается внутри полого вала привода вращения распределительного конуса с лопастными метателями. При этом конус вращается в направлении, противоположном вращению головки с угловой скоростью, в несколько раз превышающей скорость ее вращения. В результате улучшения условий подачи бетонной смеси под прессующие ролики такая конструкция позволяет несколько повысить степень уплотнения бетонной смеси.

Иногда применяются установки с формированием труб раструбом вверх. При этом уплотнение раструбной части осуществляется откидной лопаткой, укрепленной на формующей головке. Однако, как показала практика, внутренняя поверхность раструбной части, отформованной таким образом, оказывается недостаточно гладкой и не обеспечивает допусков на геометрические размеры, диктуемые технологией стыковки труб с помощью резиновых колец.

Возможность формирования жестких бетонных смесей и эффективность ее уплотнения придают свежесформованному бетону

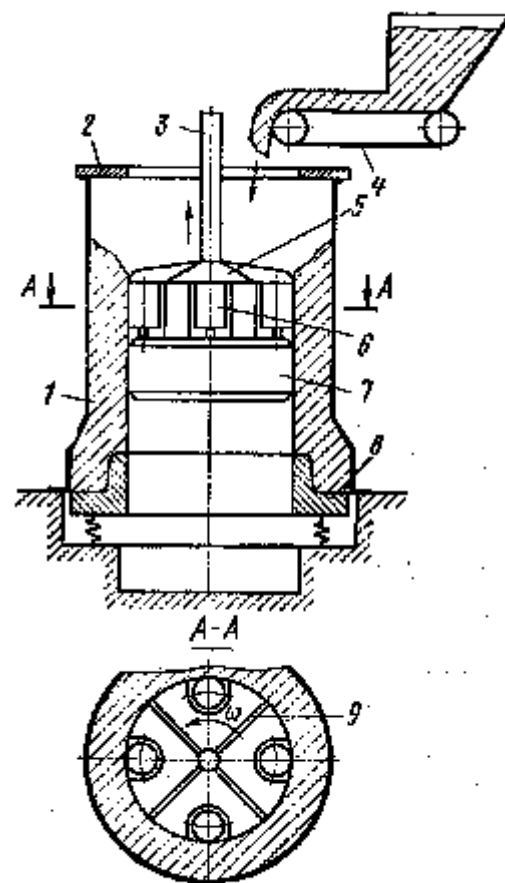


Рис. 18.1. Схема установки для радиального прессования железобетонных труб

высокую первоначальную прочность (0,5 ...0,6 МПа), позволяющую производить немедленную распалубку труб. Последнее исключает необходимость использования в производстве большого парка форм и соответственно снижает металлоемкость такого способа производства труб по сравнению с центрифугированием, вибрационным методом и рядом других. Высокая точность геометрических размеров, равномерность уплотнения по периметру труб, незначительная шероховатость их внутренней поверхности при производительности около 1 м/мин и высокой степени механизации работ обеспечивают значительные технико-экономические преимущества этого способа. Преимущества станков радиального прессования заключаются также в незначительном износе рабочих органов и возможности их регулировки с целью устранения влияния износа прессующих роликов на внутренний диаметр трубы; в возможности формования армированных и неармированных труб без переналадки станков, контроля и исправления обнаруженных дефектов трубы без ее съема со станка повторным проходом формующей головки. Кроме того, такие станки создают низкий уровень шумов при работе, а режим их работы легко поддается автоматизации.

К недостаткам станков радиального прессования относится их значительная высота над уровнем пола, практически ограничивающая их применение для формования труб длиной более 3,5 м. Кроме того, они требуют точного дозирования количества бетонной смеси, подаваемой в форму. Эффективное уплотнение смеси роликами формующей головки достигается при строгом согласовании производительности питателя, подающего смесь в форму, со скоростью подъема формующей головки при условии попадания под ролики необходимого количества смеси. Избыток смеси приводит к перегрузкам привода вращения формующей головки, а иногда и к ее заклиниванию, а недостаток—к снижению производительности и недоуплотнению труб. При изготовлении армированных труб вращающаяся формующая головка иногда закручивает арматуру, которая при немедленной распалубке приводит к разуплотнению изделий, а иногда и к их разрушению.

Из-за высокой степени уплотнения и возможности формования особо жестких бетонных смесей при роликовом прессовании этот способ иногда стали использовать для формования плоских изделий.

Ниже приводится техническая характеристика станка для формования бетонных и железобетонных безнапорных труб с внутренним диаметром до 0,6 м и длиной до 2,5 м:

Длина трубы, м . до 2,5	Число роликов, шт. . 3...5
Внутренний диаметр	Диаметр роликов, м. 0,1...0,23
трубы, м 0,3..,0,6	Длина роликов, м . 0,1...0,18

Толщина стенки, м . 0,04...0,06

Скорость подъема формирующей головки, м/с . $8,3 \cdot 10^{-3}$

Угловая скорость вращения формирующей головки, s^{-1} 9,2...25

Суммарная мощность приводов, кВт ... 58

Масса, кг ... 12500

Расчет установок радиального прессования производится по заданному наружному R и внутреннему радиусам формируемой трубы.

1. Из условия захвата роликом при первом проходе необходимого количества рыхлой смеси для получения предельно уплотненной смеси в стенке трубы определяют радиус роликов формирующей головки:

$$r = \frac{2a_1 + b^2 - \frac{a_1^2}{\cos 2a/2} - 2b}{2(a_1 + 2 \sin 2a/2 - b)} R$$

где

$a_1 = 1 - \sqrt{1 - 2k_y b + k_m b^2}$; $b = (R - R_1) / R$; a_1 — угол захвата ($a_1 = 33 \dots 34^\circ$); k_y — коэффициент уплотнения бетонной смеси ($k_y = 1,60 \dots 1,62$).

$$k_y = V_0 / V_T,$$

где V_0 —объем единичного кольца с наружным радиусом R рыхлой смеси, необходимый для получения предельно уплотненной смеси в стенке трубы; V_T —объем единичного кольца смеси с радиусами R и R_1 .

2. Число роликов формирующей головки

$$z_p = \frac{3_\pi R_1 (R_1 - r)}{5r \sqrt{R_1^2 - r^2} - r R_1}$$

Число роликов принимается равным ближайшему меньшему целому числу к полученному значению.

3. Угловая скорость вращения формирующей головки

$$\omega_p = \frac{1}{R_1 - r} U_\kappa;$$

где U_κ — окружная скорость качения роликов; при диаметре трубы $D = 0,3 \dots 0,6$ м $U_\kappa = 2 \dots 2,5$ м/с, при $D = 0,8 \dots 1$ м, $U_\kappa = 2,5 \dots 3$ м/с; при $D = 1,0 \dots 1,5$ м $U_\kappa = 3,2 \dots 3,5$ м/с.

4. Скорость подъема формирующей головки

$$v_z = l_p z_p \omega_p / (2\pi k),$$

где l_p —длина ролика, $l_p = 0,18 \dots 0,3$ м; k —число проходов ролика ($A = 40 \dots 60$).

5. Производительность питателя, подающего бетонную смесь в форму,

$$\Pi = \pi(2RH_m - H_m^2)v_z p_p,$$

где p_p —плотность рыхлой бетонной смеси ($p_p = 1,5 \dots 1,55 \text{ кг/м}^3$);

$$H_m = R - \sqrt{R^2 - 2k_y R(R - R_1) + k_y (R - R_1)^2}.$$

6. Мощность приводного электродвигателя формующей головки определяется по эмпирической формуле

$$N_{\text{дв}} = 2\pi R k_i,$$

где k_i —удельная мощность; для армированных труб $k_i = 15 \text{ кВт/м}$, для бетонных труб $k_i = 17 \text{ кВт/м}$.

18.2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ПРОКАТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ТРУБ

В установках центробежного проката железобетонных труб уплотнение бетонной смеси осуществляется так же, как и в установках радиального прессования, т. е. происходит за счет укатки ее роликом. Таким образом, в обоих случаях процесс уплотнения бетонной смеси практически одинаков. Изготовление труб на установках центробежного проката осуществляется в горизонтально установленной форме (рис. 18.2). Форма 3 своими торцовыми кольцами 5 опирается на приводной прессующий ролик 4. Последний вращается в подшипниках качения и приводится через клипоременную передачу от электродвигателя. К формующему ролику 4 форма 3 прижата нажимными роликами 6. Бетонная смесь подается в форму 3 консольным ленточным питателем 2. Последний установлен на подвижной каретке 1, которая обеспечивает перемещение питателя в осевом направлении формы.

Благодаря тому что форма 3 прижата к вращающемуся формующему ролику 4 нажимными роликами 6, она начинает вра-

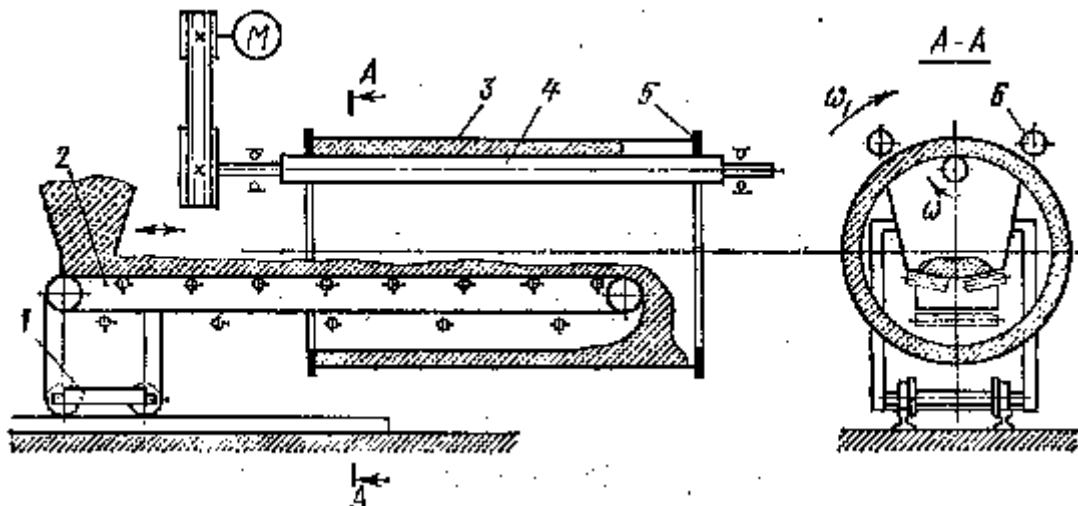


Рис. 18.2. Схема установки центробежного проката железобетонных труб

щаться в том же направлении, что и ролик 4, с некоторой угловой скоростью ω . Первоначально каретка питателя находится в одном из крайних положений и бетонная смесь поэтому подается в какой-либо из концов формы.

Благодаря вращению бетонная смесь, упавшая в нижнюю часть формы, прижимается к ее стенкам центробежной силой и поднимается в верхнюю часть формы, где она попадает под прессующий ролик 4 и уплотняется. Из этого следует, что для нормальной работы установки центростремительное ускорение формы должно быть больше ускорения свободного падения. Исходя из этого, угловая скорость вращения формы

$$\omega_1 = \sqrt{[(1,2 \dots 1,5)g] / R_1} \quad (18.1)$$

где R_1 — внутренний диаметр трубы.

После уплотнения одного из концов трубы каретка 1 с питателем 2 начинает перемещаться к ее другому концу. Для формования труб различного диаметра питатель 2 имеет возможность перемещаться по вертикали обычно с помощью винтового механизма, устанавливаемого на каретке 1. Таким образом осуществляется формование труб на установках центробежного проката. Как следует из выражения (18.1), центробежные силы, возникающие при вращении формы, достаточно малы и служат в основном лишь для подачи бетонной смеси под прессующий ролик. В случае, если какой-либо из участков трубы недоуплотнен, в это место питателем дополнительно подается бетонная смесь до тех пор, пока этот участок не достигнет нужной степени уплотнения.

Формование труб методом центробежного проката осуществляется из особо жестких бетонных смесей. Поэтому в данном случае, как и при радиальном прессовании, обеспечивается высокая первоначальная прочность свежесформованной бетонной смеси, которая позволяет осуществлять немедленную распалубку изделий.

К недостаткам метода центробежного проката следует отнести следующее: невозможность формования труб длиной более 3 м из-за прогиба длинного прессующего ролика, что приводит к уменьшению внутреннего диаметра трубы в средней ее части к недоуплотнению бетонной смеси; трудность формования раструбных труб; низкую производительность, связанную со сложностью и трудоемкостью установки формы на длинный прессующий ролик и снятия ее после окончания процесса уплотнения.

18.3. ЦЕНТРИФУГИ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ ТРУБЧАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Центрифуги предназначены для формования полых железобетонных изделий, представляющих собой тела вращения в виде цилиндра или усеченного конуса. Процесс формования осуществля-

ется в горизонтально расположенных формах за счет центробежных сил, возникающих при их вращении относительно собственной оси.

В зависимости от установки и закрепления форм центрифуги подразделяются: на осевые (шпиндельные), в которых торцы формы крепятся на передней приводной и задней опорной бабках;

свободнороликовые, в которых форма свободно опирается на опорные ролики; ременные, в которых форма подвешивается на бесконечных перекрещивающихся ремнях, огибающих приводные и холостые шкивы. Из-за сложности крепления форм и невозможности формования длиномерных изделий осевые центрифуги применяются редко.

Общий вид свободнороликовой центрифуги для формования безнапорных труб большого диаметра длиной до 5 м представлен на рис. 18.3,а. В таких центрифугах форма / свободно устанавливается своими бандажами на ведущие 2 и ведомые 9 ролики, подшипники которых крепятся на опорной раме. Прижимные

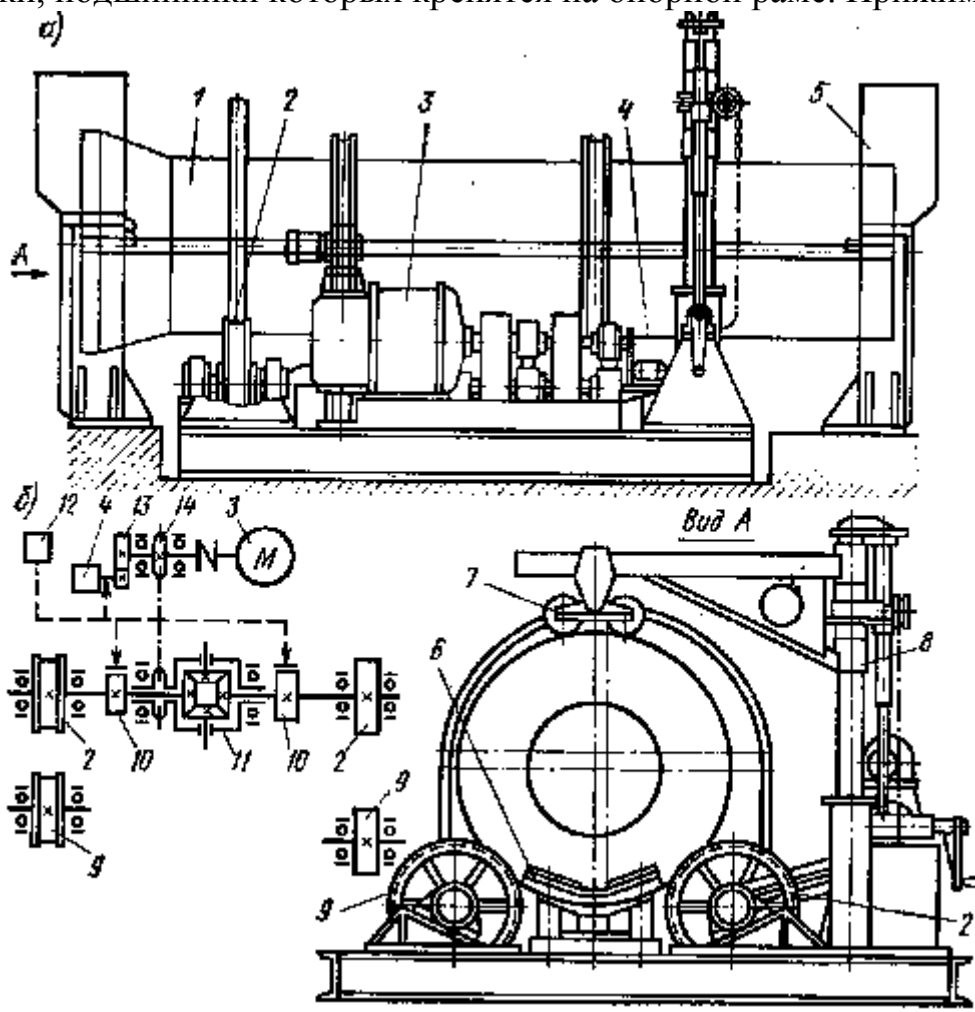


Рис. 18.3. Свободнороликовая центрифуга

ролики 7, смонтированные на поворотной стойке 8, предотвращают возможность соскакивания бандажей формы с роликов 2 и 9 при вращении формы. Подъем и опускание формы производятся гидроподъемником 6, когда прижимные ролики 7 поворотной стойкой 8 отведены в сторону от формы. Привод центрифуги осуществляется от электродвигателя постоянного тока 3 через цепную передачу 14 (рис. 18.3,б). Вал с установленными на нем ведущими роликами 2 снабжен колодочными тормозами 10 с гидравлическим приводом и дифференциальным механизмом 11. Последний исключает проскальзывание ведущих роликов по бандажам, если их диаметр различен. Одна пара ведущих 2 и ведомых 9 роликов снабжена ребордами, фиксирующими форму в осевом направлении. Гидропривод колодочных тормозов 10 осуществляется от ручного насоса 12. Скорость вращения формы контролируется тахогенератором 4, соединенным с валом электродвигателя зубчатой передачей 13. Для изменения диаметра формируемых труб предусмотрена возможность перемещения ведомых 9 и прижимных 7 роликов по направляющим с последующей их фиксацией в новом положении. Передача момента от ведущих роликов 2 на бандажи формы осуществляется за счет сил трения. Во время ее вращения щитки 5 исключают разбрызгивание шлама.

Работа центрифуги осуществляется следующим образом. Посредством грузоподъемного устройства (обычно крана) форма устанавливается своими бандажами на опоры гидроподъемника 6, который опускает ее на ролики 2 и 9. Путем поворота стойки 8 на 90° прижимные ролики 7 подводятся к бандажам и при своем опускании вниз (обычно ручным приводом) прижимают форму к роликам 2 и 9. После этого форму заполняют бетонной смесью. Заполнение формы производится ленточным или ложковым питателем. Заполнение формы ленточным питателем осуществляется так же, как и в установках центробежного проката (см. рис. 18.2). При заполнении формы привод ее вращения включается на режим распределения бетонной смеси. Далее закрывают щитки 5 и переключают привод вращения формы на режим уплотнения. После окончания формования отводят стойку 8 и щитки 5. Гидроподъемником 6 наклоняют форму для слива шлама и после этого снимают форму с изделием посредством крана. Следующий цикл формования производится в такой же последовательности.

Свободнороликовая центрифуга для формования длинномерных изделий длиной до 17 м показана на рис. 18.4. На этих центрифугах формируются опоры контактных линий электропередачи, колонны и другие длинномерные изделия диаметром до 500...600 мм. Форма 6 устанавливается на роликоопоры 1, каждая из которых имеет один приводной ролик 10 и два поддерживающих ролика 11. Приводные ролики 10 всех опор соосны и соединены между

собой зубчатыми муфтами 3 и валами 4. Момент на валы 4 передается от электродвигателей через клиноременную передачу 12. Центрифуга снабжена двумя одинаковыми приводами 2 и 7, первый из которых — разгонный. Это привод снабжен электродвигателем меньшей мощности. Для изменения диаметра формируемых изделий предусмотрена возможность перемещения поддерживающих роликов 11 через систему рычагов гидроцилиндрами 9. Фик-

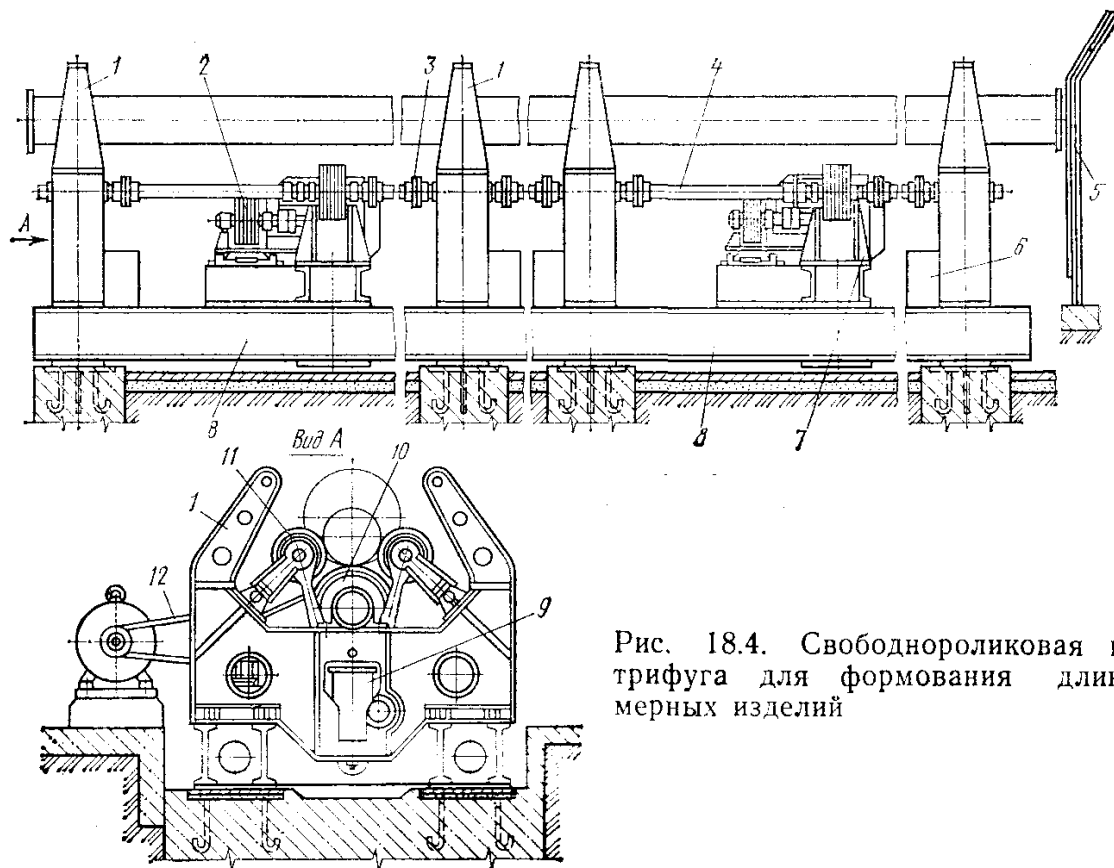


Рис. 18.4. Свободнороликовая центрифуга для формирования длинномерных изделий

сация роликов 11 осуществляется тормозными устройствами. Щиток 5 исключает разбрызгивание шлама при вращении формы. Конструкция смонтирована на раме 8.

Ременные центрифуги снабжены несколькими рядами бесконечных перекрещивающихся ремней, на которые свободно укладывается форма. Схема запасовки ремней приведена на рис. 18.5. Привод таких центрифуг чаще всего осуществляется от электро-двигателей постоянного тока с регулируемой скоростью вращения.

При формировании изделий малого диаметра (менее 800 мм) формы заполняются бетонной смесью перед установкой на центрифугу. Центрифугированные трубы изготавливаются из пластичных бетонных смесей. Однако в процессе их изготовления благодаря действию центробежных сил на частицы бетонной смеси происходит отжим избыточной воды, которая вытекает из формы в ви-

де шлама. Поэтому свежееотформованный бетон имеет достаточную прочность для транспортировки форм с изделиями к пропарочным камерам.

Применяемые электродвигатели постоянного тока с регулируемыми скоростями обеспечивают два режима работы: 1) распределения бетонной смеси и 2) уплотнения ее. Кроме того, изменение скорости необходимо при переходе от одного диаметра труб к другому. Это достигается установкой в системе привода коробок передач, многоскоростных асинхронных электродвигателей или специальных устройств для бесступенчатого регулирования скорости — вариаторов. Наиболее часто устанавливают электродвигатели постоянного тока с тиристорными блоками питания и управления.

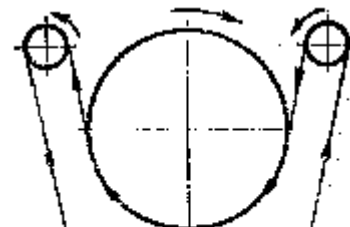


Рис. 18.5. Схема ременной центрифуги

Для того чтобы при вращении формы частицы бетонной смеси, находящиеся в верхней точке, не отрывались от поверхности формы, должно выдерживаться неравенство $\omega^2 R_1 \leq g$

Экспериментально установлено, что удовлетворительное распределение бетонной смеси по внутренней поверхности формы достигается при

$$\omega_p = 1,5\sqrt{g / R_1}, \quad (18.2).$$

где R_1 — внутренний диаметр трубы.

Одновременно при сор, найденной по (18.2), исключается расслоение бетонной смеси, что недопустимо в период ее распределения. Требуемое качество уплотнения бетонной смеси при центрифугировании достигается при давлении $p_y \cong 100000$ Па. Исходя из этого, необходимая в процессе уплотнения угловая скорость вращения формы

$$\omega_y = \sqrt{\frac{3p_y R}{p(R^3 - R_1^3)}}$$

где K —наружный диаметр трубы; p —плотность бетонной смеси.

Расчет центрифуг производится по заданным геометрическим размерам формуемых труб R ; R_1 и L в следующем порядке.

1. По выражению (18.2) определяется необходимая угловая скорость распределения бетонной смеси ω_p , а по выражению (18.3) —угловая скорость уплотнения ω_y .

2. Мощность приводного электродвигателя (Вт), необходимая для работы центрифуги в режиме уплотнения,

$$N = \frac{\omega_y}{\eta} (M_{mp} + M_e),$$

где M_{mp} —момент трения в опорах, Н-м; M_B — момент трения формы о воздух, Н-м; η —КПД привода.

Для роликовых центрифуг

$$M_{mp} = \frac{D_{\phi}(m_{\phi} + m_{\phi c})g}{0,705D_p \sqrt{1 + \cos a}} (\mu d_{\phi} + 2\mu_k)$$

где m_{ϕ} , $m_{\phi c}$ —масса формы и бетонной смеси; D_{ϕ} , D_p —диаметры бандажа и опорных роликов, м; μ —приведенный к валу коэффициент трения скольжения подшипника качения, $\mu = 7 \cdot 10^{-3}$; μ_k —коэффициент трения качения опорных роликов по бандажам, $\mu_k = 5 \cdot 10^{-4}$ м; d_{ϕ} —диаметр вала под подшипником качения, м;

a —угол между осями опорных роликов.

Для осевых центрифуг $M_{тр} = (m_{\phi} + m_{\phi c})gd_{\phi}\mu/2$.

Для центрифуг всех типов $M_{\phi} = kS(v^2/2)pRs$ где k —коэффициент сопротивления ($k=0,06 \dots 0,1$); S —суммарная площадь продольных ребер, м²; v — скорость, м/с; p —плотность среды, кг/м³; Rs —радиус центра тяжести площади ребер, м.

3. В центрифугах с предварительной загрузкой форм бетонной смесью проверяется пусковой момент приводного электродвигателя (Н-м)

$$M_{пуск} = M_{тр} + M_{ст},$$

где $M_{ст}$ —статический момент массы бетонной смеси при ее подъеме на угол 45°,

$$M_{cm} = 0,47LpR^3 g \sin^3 \beta / 2,$$

где β — центральный угол сегмента, в котором располагается после загрузки в форму бетонная смесь,

Значение p определяется по графику на рис. 18.6, где $\square S = R^2 / [2(R^2 - R_1)^2]$

Значение $M_{пуск}$ должно удовлетворять неравенству $M_{пуск} \leq M_{д}$, где $M_{д}$ — пусковой момент электродвигателя. При приводе от асинхронных электродвигателей с короткозамкнутыми роторами $M_{д} = 1,8M_{ном}$ ($M_{ном}$ — номинальный момент электродвигателя).

18.4. УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИБРОГИДРОПРЕССОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ТРУБ

Метод виброгидропрессования применяется для изготовления напорных железобетонных труб, предназначенных для работы под давлением до 1,5 МПа. Изготовление труб осуществляется в формах, показанных на рис. 18.7.

Наружный кожух с арматурным каркасом с помощью крана надевается на вертикально установленный внутренний сердечник. Наружный кожух опускают до тех пор, пока он не встанет на центрирующее донное кольцо сердечника. Собранную форму переносят на пост бетонирования. В верхний втулочный конец

формы устанавливают центрирующее кольцо, которое обеспечивает совместно с донным кольцом соосное положение наружного кожуха относительно сердечника. Загрузочный конус для подачи бетонной смеси в форму имеет вибропобудитель, исключающий ее зависание. На наружный кожух устанавливают 3... 5 пневматических вибровозбудителей общего назначения. Бетонная смесь обычно шнековым питателем подается через загрузочный конус в форму при включенных пневматических вибровозбудителях, которые обеспечивают необходимую степень ее заполнения за счет облегчения прохода бетонной смеси между стенками формы и элементами арматурного каркаса. Кроме того, при этом происходит предварительное уплотнение бетонной смеси. Заполненную форму краном переносят на пост опрессовки и тепловлажностной обработки и устанавливают в вертикальном положении. Далее сердечник подключается к водопроводной магистрали и заполняется водой. После этого сердечник подключается к установке высокого давления, которая равномерно в течение 0,5 ч доводит давление воды в сердечнике до

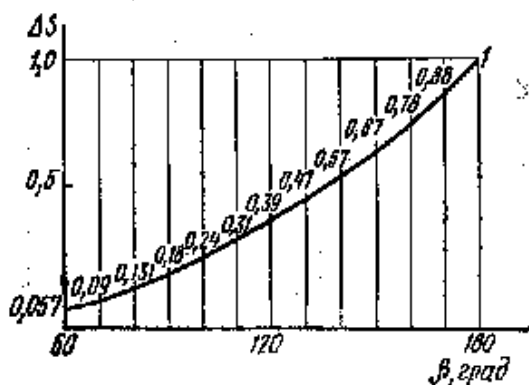


Рис. 18.6. График для определения угла β

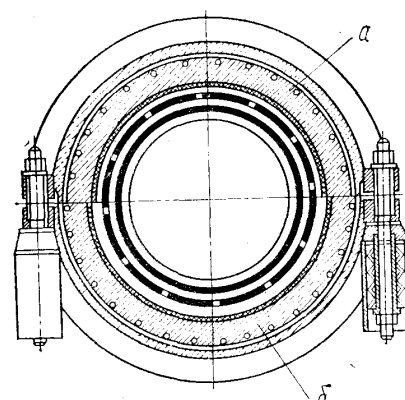


Рис. 18.7. Поперечное сечение формы для изготовления напорных труб методом виброгидропрессования:
 а — до опрессовки бетона, б — после опрессовки бетона

заданного. При этом вода через стенки резинового цилиндра своим давлением производит опрессовку (уплотнение) бетонной смеси. Давление воды в сердечнике принимается в 3 ... 3,5 раза большим рабочего, на которое рассчитана формируемая труба. Так, для труб, предназначенных для работы с давлением жидкости 1,0...1,2 МПа, давление воды в сердечнике (давление опрессовки) $p_o = 3,3...3,5$ МПа. При этом же давлении производится тепло влажностная обработка трубы. Снятие давления и извлечение готовой трубы из формы производится после того, как бетонная смесь

наберет необходимую прочность для восприятия усилий от предварительно напряженной арматуры.

Описанная технология изготовления виброгидропрессованных труб имеет существенный недостаток — пневматические вибровозбудители при работе создают шумы, значительно превышающие уровень, допускаемый санитарными нормами. Кроме того, амплитуды колебаний наружного кожуха малы и неупорядочены, что снижает степень заполнения формы бетонной смесью и степень ее предварительного уплотнения. С целью устранения этих недостатков применяют

специальные вибросердечники, которые в настоящее время используются в технологических линиях по производству виброгидропрессованных напорных труб.

Конструкция формы при использовании вибросердечника практически почти не меняется. Отличие состоит лишь в том, что внутренний сердечник снабжается упорами 4 (рис.18.8), которые служат для его жесткого соединения с вибросердечником. Для этой цели вибросердечник снабжен клиновыми замками 3 с приводом от гидроцилиндров

В корпусе 1 располагаются два или три центробежных вибровозбудителя, которые между собой и с приводным электродвигателем 6 соединяются карданными валами 5. Форма при установке на вибросердечник опирается на несущую

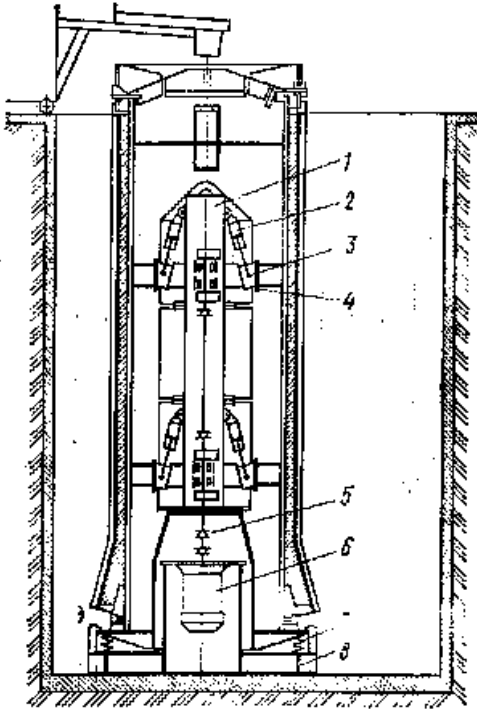


Рис. 18.8. Конструктивная схема вибросердечника

Рис. 18.8. Конструктивная схема вибросердечника

раму 8 через виброизолирующие пружины 7. Повышенная степень заполнения формы и уплотнения бетонной смеси достигается за счет круговых колебаний внутреннего сердечника. Такие вибросердечники позволяют формировать напорные железобетонные трубы диаметром 300 ... 1200 мм. Техническая характеристика вибросердечников для формования труб диаметром 1000 ... 1200 мм и длиной 5000 мм:

Характер колебаний воздействующих на бетонную смесь.....	круговые в горизонтальной плоскости
Мощность привода, кВт.....	18,5
Напряжение тока, В.....	220/380
Управление	дистанционное с пульта управления
Масса, кг.....	4000

Изготовление виброгидропрессованных труб осуществляется из жестких бетонных смесей.

Ранее отмечалось, что прессующее давление достигает $p_0=3,5$ МПа и более. При этом давлении стык наружного кожуха начинает раскрываться за счет деформации тарельчатых пружин. При этом предварительно напряженные продольные стержни арматурного каркаса перемещаются вместе с обечайками наружного кожуха и напрягают навитую на них спиральную арматуру из стальной проволоки. Абсолютное удлинение каждого витка проволоки спиральной арматуры определяется законом Гука

$$\Delta l = \pi \sigma D_k / E,$$

где D_k —диаметр спирального каркаса, мм; σ —напряжение растяжения, действующее в проволоке, мкПа; E —модуль упругости первого рода, $1,9 \cdot 10^5$ мкПа. Максимальные напряжения в проволоке при ее растяжении принимаются равными $\sigma = 0,65 \sigma_B$, где σ_B —временное сопротивление проволоки, мкПа.

Сила, необходимая для деформации спирального каркаса на величину Δl ,

$$P_c = \pi d^2 L \sigma / (4t),$$

где d —диаметр проволоки, мм; L —длина трубы, мм; t —шаг спирального каркаса, мм.

Сила, действующая на каждую обечайку наружного каркаса формы от давления опрессовки,

$$P_0 = 10^6 R_I L' p_0 k_1 k_2,$$

где R_I —внутренний диаметр трубы; L' —длина формуемой трубы, м; k_I —коэффициент, учитывающий число обечаек наружного каркаса, при двух обечайках $k_I=2$, при четырех $k_I=1,41$; k_2 —коэффициент, учитывающий нагрузку, воспринимаемую гибким резиновым цилиндром и бетонной смесью, $k_2=0,7$.

Сила, воспринимаемая блоками тарельчатых пружин одного продольного фланца,

$$P_m = (P_0 - k_1 P_c) n_0 / k_1.$$

Максимальная деформация каждого блока тарельчатых пружин с учетом прогиба продольных стержней арматуры от натяжки спирального каркаса

$$f_{\max} = 1,5 \Delta l / n_0 + f_{np},$$

где $f_{пр}$ —предварительная затяжка каждого блока тарельчатых пружин, $f_{пр}=5$ мм;
 n_o —число обечаек наружного каркаса формы.

Коэффициент жесткости одной тарельчатой пружины

$$c_m = P_m n_m / (f_{max} n_{бл})$$

где n_m —число тарельчатых пружин в блоке; $n_{бл}$ —число блоков пружин на форме.

Деформация одной тарельчатой пружины $\Delta l = \Delta l_{max} / \Pi t$.

По найденным значениям C_T и f_T производится подбор тарельчатых пружин. При использовании пневматических вибровозбудителей общего назначения их число подбирается из расчета 1 шт. на 2 ... 3 м² площади наружного кожуха.

При использовании вибросердечников расчет их центробежных вибровозбудителей осуществляется так же, как и расчет глубинных вибровозбудителей (см. § 17.3).

Виброгидропрессование—единственный метод производства напорных железобетонных труб. Основной недостаток этого метода — высокая трудоемкость изготовления труб.

18.5. ВИБРАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ТРУБ И КОЛЕЦ

Часто формование трубчатых изделий осуществляется на виброплощадках, конструкции которых приведены в предыдущей главе. При формовании труб в горизонтальном положении обычно используются виброблоки резонансных виброплощадок с вертикально направленными колебаниями (рис. 18.9). Форма 4 устанавливается на два ряда виброблоков 1. Для крепления к электромагнитам виброблоков форма снабжена консолями 3 с подмагнитными плитами. При монтаже виброплощадки дебалансные валы 2 виброблоков смещаются относительно дебалансных валов 5 виброблоков на угол 180°. За счет такого расположения дебалансов вынуждающая сила, развиваемая виброблоками 2, находится в противофазе по отношению к вынуждающей силе, развиваемой виброблоками 5, т. е. виброплощадка генерирует вынуждающий момент, который заставляет всю форму совершать угловые колебания относительно оси формируемой трубы. За счет этих угловых колебаний бетонной смеси от стенок формы передаются касательные напряжения, которые и являются причиной ее уплотнения. Естественно, что этому методу формования свойственны недостатки уплотняющих машин с касательным воздействием

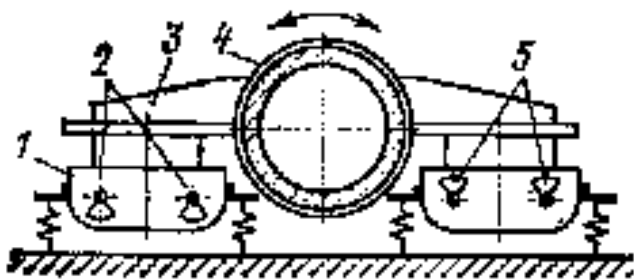


Рис. 18.9. Схема установки для формования железобетонных труб в горизонтальном положении

на бетонную смесь (см. § 1.4).

Иногда формование трубчатых изделий на виброплощадках осуществляют в вертикальном положении. При этом наблюдается неравномерность уплотнения бетонной смеси по высоте трубы. ПОЭТОМУ таким способом можно формовать трубы

длиной не более 1,5 м. Для устранения этого недостатка часто используют установки с комбинированным вибрационным воздействием на бетонную смесь. В таких установках форма снабжается вибросердечником, подобным вибросердечнику на рис. 18.8, и вся в целом в вертикальном положении устанавливается на виброплощадке. В этом случае бетонная смесь уплотняется одновременно и за счет вертикально направленных колебаний, создаваемых виброплощадкой, и за счет крушовых колебаний, создаваемых вибросердечником. Частота колебаний вибросердечника принимается равной $150 \dots 300 \text{ с}^{-1}$. На: установках с комбинированным воздействием на бетонную смесь возможно формование трубчатых изделий длиной до 4 ... 5 м.

В последние годы для формования трубчатых изделий используют специализированные вибрационные установки. На рис. 18.10 приведена установка для одновременного формования двух железобетонных колец диаметром 1000 и 1500 мм и длиной 900 мм. Она состоит из вибровозбудителя круговых колебаний 4, который приводится от электродвигателя 6. Форма / выполнена в виде трех concentрично расположенных цилиндрических оболочек, жестко соединенных между собой поддоном. В полости формы 2 уплотняется кольцо диаметром 1000 мм, а в полости 3—диаметром 1500 мм. Заполнение формы бетонной смесью осуществляется каким-либо питателем через приемный бункер с распределительным конусом 5. Вся установка опирается на фундаментную раму 10 через мягкие виброизолирующие пружины 7. Выпрессовка двух колец одновременно производится толкателями 8, которые-

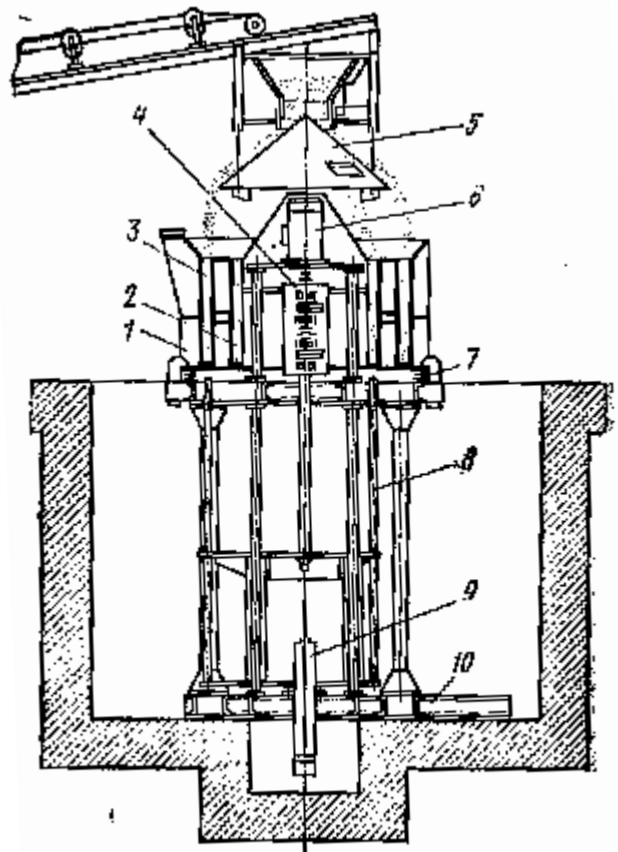


Рис. 18.10. Конструктивная схема установки для формования двух железобетонных колец

проходят через отверстия в поддоне формы. Привод толкателей осуществляется от гидроцилиндра 9.

Ниже приводится техническая характеристика установки для одновременного формования двух колец.

Тип вибровозбудителя	электромеханический
Направление колебаний	круговое
Мощность приводного электродвигателя, кВт....	18,5
Время формования двух колец, мин.....	2
Габаритные размеры, мм.....	2700X1900X4300
Масса, кг.....	8450

Трубы и кольца на вибрационных установках формируются из жестких бетонных смесей.

Расчет виброплощадок, входящих в состав установок для формования трубчатых железобетонных изделий, производится по методике, изложенной в § 17.4, а расчет вибровозбудителей круговых колебаний вибросердечников — по методике, изложенной в § 17.3.

18.6. ВИБРАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ МНОГОПУСТОТНЫХ ПЛИТ

Многопустотными выполняются плиты перекрытий, вентиляционные блоки и другие изделия сборного железобетона. Наличие в плитах пустот круглого, овального или прямоугольного сечений обуславливает некоторую специфику формирующего оборудования, предназначенного для формования этих изделий. Одним из основных узлов любой формовочной машины для многопустотных плит является каретка пустотообразователей (рис. 18.11). Каретка 1 перемещается по рельсам 2. К каретке 1 шарнирно крепятся пу-

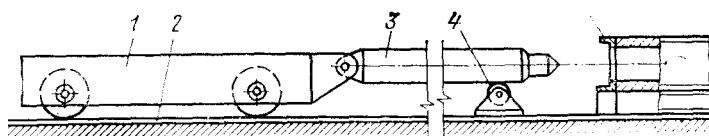


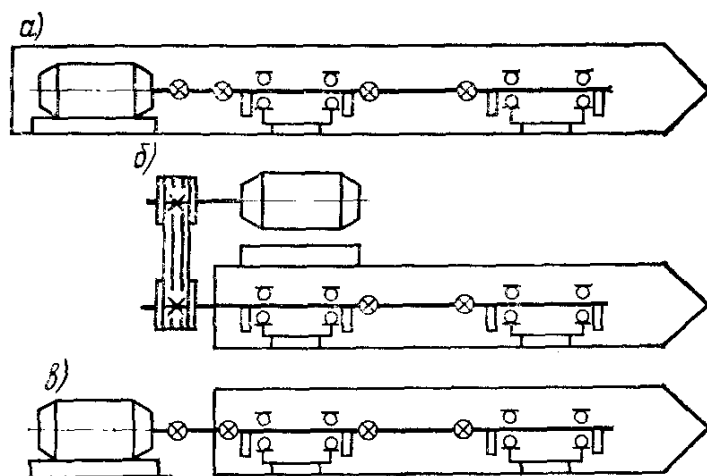
Рис. 18.11. Конструктивная схема каретки с пустотообразователями

стообразователи 3. С помощью какого-либо привода (установленного на каретке или вне ее) каретка может перемещаться вдоль рельсового пути 2. На схеме (рис. 18.11) каретка с пустотообразователями показана в крайнем левом положении. Для поддержания пустотообразователей в горизонтальном положении они оперты на поддерживающие ролики 4. После установки формы 5 каретка перемещается приводом в крайнее правое положение. При этом пустотообразователи через отверстия в торцо-

вых бортах формы вводятся внутрь формы. После этого форма заполняется бетонной смесью и производится каким-либо способом (обычно вибрационным) ее уплотнение. После окончания процесса уплотнения привод каретки извлекает пустотообразователи и переводит их в крайнее левое положение, а в плите остаются пустоты, конфигурация которых соответствует конфигурации пустотообразователей.

Рис. 18.12. Схемы расположения приводных электродвигателей активных пустотообразователей:

а — внутри пустотообразователя; б — снаружи пустотообразователя; а — на каретке пустотообразователя



Уплотнение бетонной смеси в форме может осуществляться на виброплощадках (см. § 17.4 и 17.5). При этом используются так называемые пассивные пустотообразователи, которые не имеют собственного вибрационного привода. Часто уплотнение бетонной смеси при формировании многпустотных изделий производится активными пустотообразователями, т. е. пустотообразователями, снабженными собственными виброприводами. Наиболее широкое распространение получили активные пустотообразователи с круговыми колебаниями. Для улучшения качества уплотнения бетонной смеси и поверхности плит такие установки, как правило, снабжаются вибропригрузами (см. § 17.1).

Привод активных пустотообразователей осуществляется от асинхронных электродвигателей (рис. 18.12). Несколько (обычно 3 ... 4) однофазных центробежных вибровозбудителей располагаются внутри пустотообразователя так, чтобы его ось совпала с осью вращения дебалансных валов. Валы отдельных вибровозбудителей связываются между собой упругими муфтами или карданными валами. Корпуса вибровозбудителей жестко крепятся к пустотообразователям. При такой конструкции все параметры активных пустотообразователей рассчитываются так же, как и соответствующие параметры глубинных вибровозбудителей с дебалансным центробежным приводом (см. § 17.3). Однако жесткое крепление пустотообразователей и корпусов вибровозбудителей делает очень трудоемким монтаж и демонтаж последних при необходимости их ремонта или замены. Поэтому созданы актив-

ные пустотообразователи с дебалансно-планетарными вибровозбудителями (рис. 18.13). В этом случае вибровозбудители вообще не крепятся к пустотообразователям, и цилиндрический корпус 5 подшипниковых опор дебалансного вала 6 может при их вращении свободно обкатываться по внутренней цилиндрической поверхности трубы пустотообразователя /. Дебалансные валы 6 соединяются между собой промежуточными валами 3 и упругими втулками 2, которые крепятся хомутами 4. Такая конструкция обеспечивает работоспособность нескольких дебалансно-планетарных вибровозбудителей при неизбежной несоосности их валов.

Принцип действия такого вибропривода напоминает работу планетарного глубинного вибровозбудителя с наружной обкаткой (см. рис. 17.17). Однако в данном случае бегунком является корпус подшипника, т. е. тело, которое может свободно вращаться относительно вала, поэтому частота колебаний пустотообразователя равна частоте вращения дебалансного вала (а не частоте обкатки) и не зависит от диаметра бегунка d и беговой дорожки O , как в случае чисто планетарного вибровозбудителя, частота колебаний корпуса которого определяется выражением (17.2).

Стационарный режим колебаний пустотообразователя с дебалансно-планетарными вибровозбудителями выдерживается, если ось дебалансного вала располагается с эксцентриситетом e относительно оси пустотообразователя (рис. 18.13), равным или меньшим чем

$$e \leq m_0 r / (M_\epsilon + M_\delta + m_0), \quad (18.4)$$

где m_0 —масса дебаланса; r —расстояние от оси вращения до центра тяжести разбалансированной части дебаланса; M_ϵ —масса вала; M_δ —масса бегунков, т. е. корпусов подшипников.

Вибровозбудители всей своей массой обкатываются по внутренней поверхности пустотообразователей с эксцентриситетом e и угловой частотой ω . С учетом этого вынуждающая сила, развиваемая таким приводом,

$$F = [(M_\epsilon + M_\delta)e + m_0(e + r)]\omega^2.$$

Соответственно статический момент массы дебалансно-планетарного привода

$$S = (M_\epsilon + M_\delta)e + m_0(e + r).$$

Угловая скорость вращения бегунков относительно собственной оси при обкатке

$$\omega_{o\delta} = (D / d - 1)\omega,$$

где D —диаметр беговой дорожки; d —диаметр бегунка.

Экспериментально установлено, что удельное усилие извлечения пустотообразователей из отформованного изделия $p=5000 \text{ Н/м}^2$

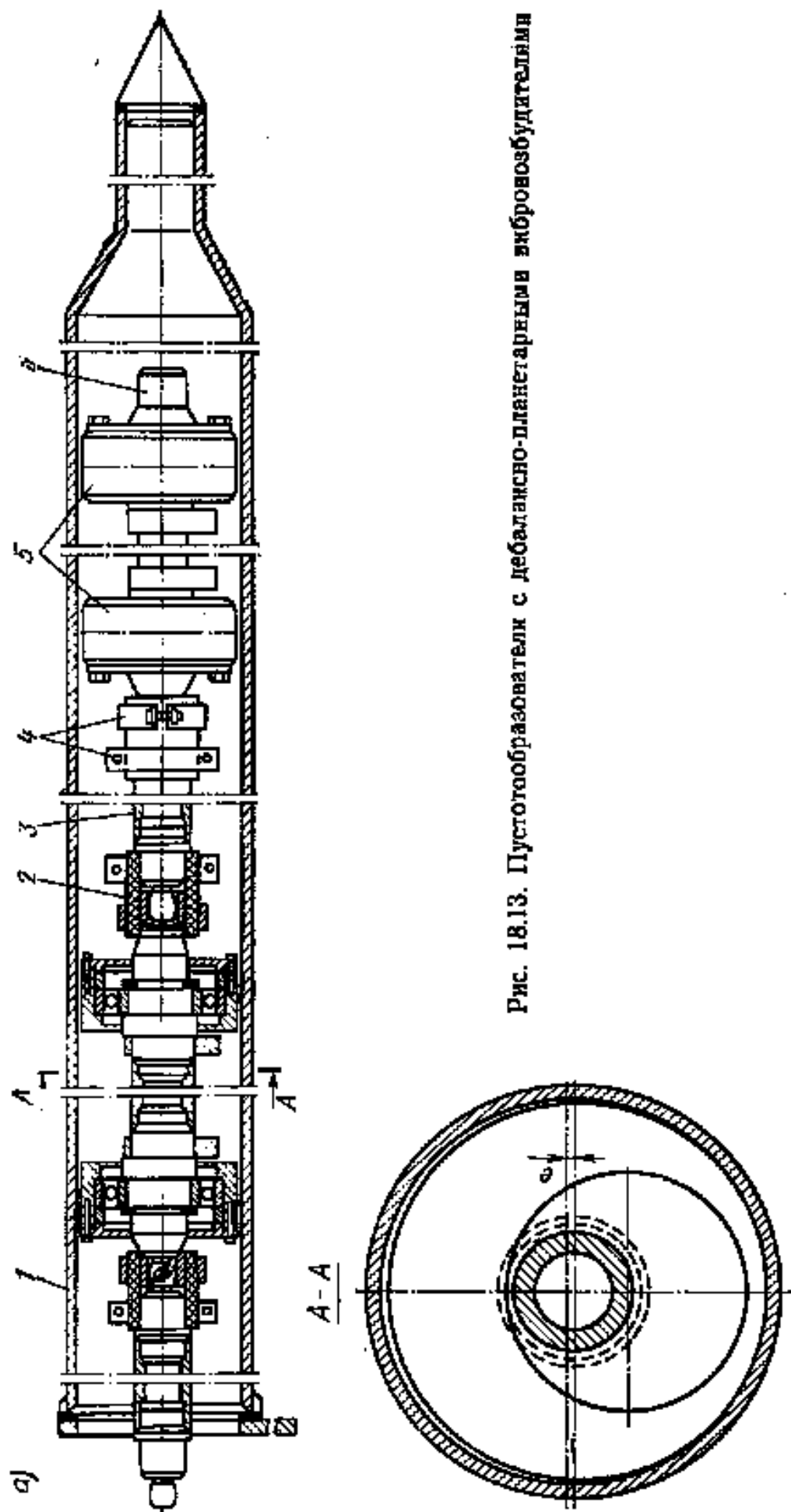


Рис. 18.13. Пустогообразователь с дебалансно-планетарным вибровозбудителем

Исходя из этого, необходимое для извлечения пустотообразователей усилие

$$F = pS, \quad (18.5)$$

где S —суммарная площадь контакта всех пустотообразователей с бетонной смесью.

При круглых пустотообразователях

$$S = \pi D_k L_z, \quad (18.6)$$

где D_k —диаметр пустот, или внешний диаметр пустотообразователей; L —длина плиты; z —число пустот.

Длина плит перекрытий примерно равна 6 м. Минимальное число пустот обычно бывает равным пяти при диаметре $D_k=180$ мм. Из этого легко подсчитать, руководствуясь выражениями (18.5) и (18.6), что минимальное усилие извлечения $F=80$ кН. Учитывая, что число пустот в плитах шириной более 2 м достигает 10 шт., приводу извлечения пустотообразователей приходится развивать весьма значительные усилия.

Для снижения усилия извлечения пустотообразователей их часто выполняют с небольшой конусностью (3 ... 5%). На концах пустотообразователей со стороны каретки иногда устанавливают вибровозбудители общего назначения, которые включаются при извлечении. Эти вибровозбудители приводят к возникновению изгибных колебаний пустотообразователя и, следовательно, возникновению относительных проскальзываний между его поверхностью и частицами бетонной смеси. Последнее вызывает существенное снижение усилия извлечения за счет линеаризации трения (см. § 1.5). Перед каждой формовкой пустотообразователи должны быть тщательно отчищены и смазаны,

Общий вид машины с активными пустотообразователями представлен на рис. 18.14,а. Машина состоит из каретки 2, которая движется по рельсовому пути 1. На каретке 2 установлены пустотообразователи 9 и их приводные электродвигатели 11. Привод пустотообразователей осуществляется через промежуточную опору 10. Кроме того, на каретке имеются продольные борта 7. Поддон 3 устанавливается на опоры 5. Машина снабжена откидными поперечными бортами 4 и 8. Схема канатного механизма открывания и закрывания переднего поперечного борта 8 показана на рис. 18.14,б, а заднего 4—на рис. 18.14, в. Перемещение каретки 2 осуществляется с помощью канатного механизма лебедкой 12. Схема канатного механизма перемещения каретки показана на рис. 18.14, в. Бетоноукладчик движется по рельсовым путям 6.

Формование многопустотных плит на такой машине осуществляется следующим образом. Поддон 3 с напряженной арматурой устанавливается на опоры 5. Включается лебедка 12, -и канатный механизм опускает на поддон поперечные борта 4 и 8. Одновременно с этим начинается движение каретки 2 с продольными бортами 7 и пустотообразователями 9. Когда каретка за-

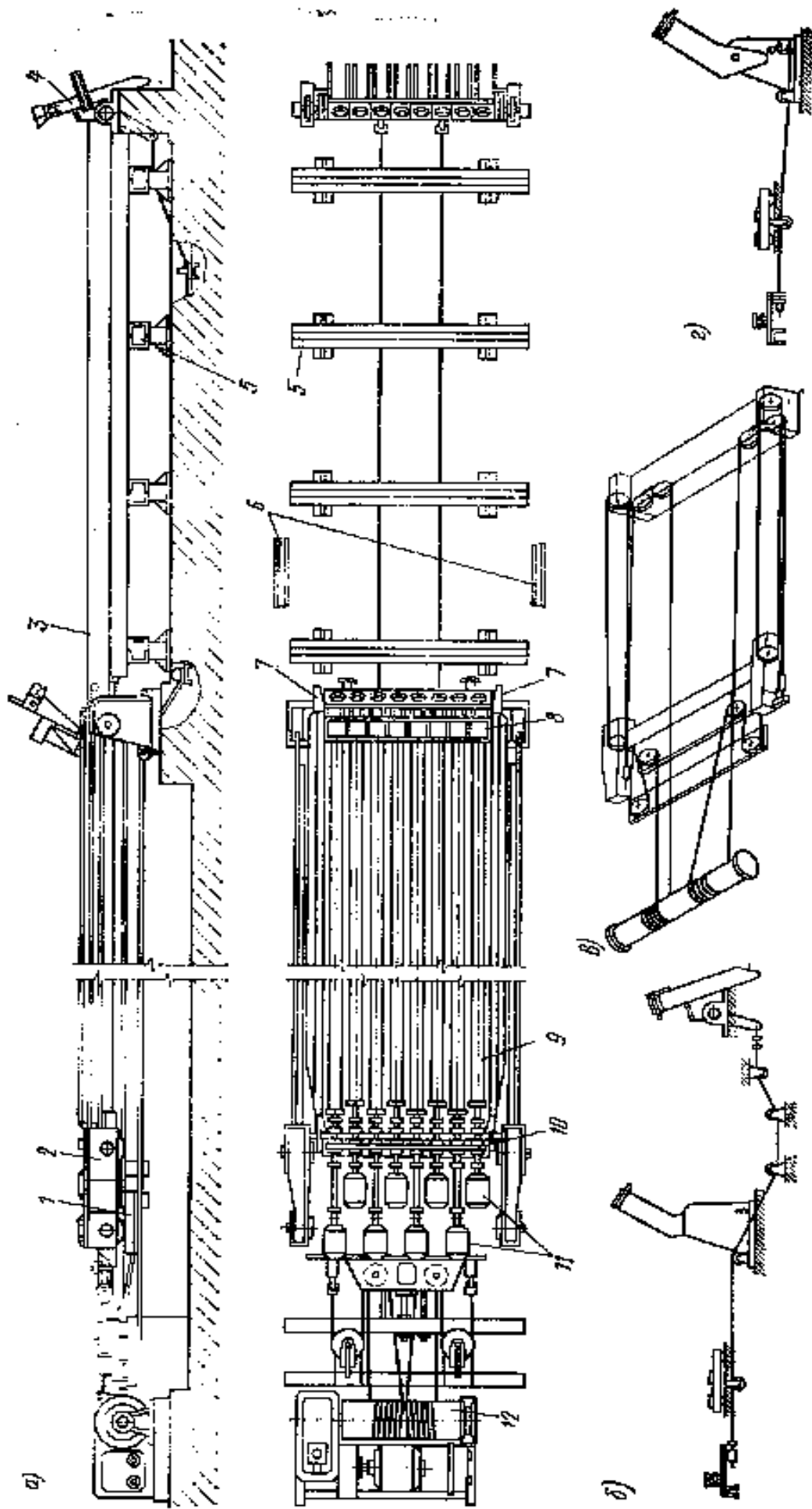


Рис. 18.14. Машина с активными лустообразователями

нимает крайнее правое положение (на рис. 18.14,а каретка показана в крайнем левом положении), поперечные борта 4 и 8, продольные борта 7 и поддон 3 образуют форму, в которую бетоноукладчик укладывает первый слой бетонной смеси. Смесь прорабатывается путем включения вибропривода пустотообразователей. Во время обратного хода бетоноукладчик окончательно заполняет форму. Далее на поверхность формируемой плиты каким-либо грузоподъемным устройством устанавливают щит вибропригруза и включают его вибропривод. Одновременно с этим повторно включают пустотообразователи. После окончания вибрационного уплотнения бетонной смеси снимают щит вибропригруза и включают лебедку 12 на режим извлечения пустотообразователей. Далее происходит все так же, как и при движении каретки в положение формирования плиты, но в обратном порядке. Поддон с отформованной плитой передается в пропарочную камеру. Перемещение поддона обычно производится с помощью формоукладчика.

Основным недостатком формирующих машин с активными пустотообразователями является их низкая уплотняющая способность. Такие машины позволяют формировать изделия лишь из пластичных бетонных смесей, которые не всегда обладают достаточной первоначальной прочностью, что приводит иногда к обрушению пустот в процессе извлечения пустотообразователей и недопустимым отклонениям геометрических размеров изделий при немедленной распалубке. В связи с этим иногда многопустотные плиты формируют на виброплощадках и, кроме того, для образования пустот используют активные пустотообразователи. Такое комбинированное воздействие на бетонную смесь позволяет повысить ее жесткость и за счет этого улучшить качество изделий.

Расчет машин с активными пустотообразователями производится по заданным геометрическим размерам изделий. Предварительно (см. § 1.4) задаются частотой колебаний пустотообразователей: $\omega = 280 \dots 300 \text{ с}^{-1}$ и амплитудой их колебаний $X_a = 6 \cdot 10^{-4} \dots 8 \cdot 10^{-4} \text{ м}$.

Расчет активных пустотообразователей производится так же и в той же последовательности, что и расчет глубинных вибровозбудителей. Необходимо лишь в выражении для тес (см. п. 1, § 17.3) считать L не длиной корпуса вибровозбудителя, а длиной формируемого изделия (м).

Расчет активных пустотообразователей с дебалансно-планетарными вибровозбудителями по изложенным выше причинам обладает некоторой спецификой (исключая определение значения $m_{\sigma c}$) и производится в следующем порядке.

1. Определяют статический момент массы дебалансно-планетарного привода одного пустотообразователя ($H \cdot m$), при котором

$$S = -x_a (M_{\sigma} + M_{\bar{\sigma}} + M_{no} + m_0 + m_{\sigma c}) / \cos \varphi$$

где M_{no} —масса корпуса пустотообразователя, кг; $\varphi=145 \dots 155^\circ$.

2. Задаются числом дебалансно-планетарных вибровозбудителей одного пустотообразователя (n_b) так, чтобы длина соединительных валов вибровозбудителей не превосходила 1 м, $S/n_b \leq 0,5$ Н.м,

3. Используя неравенство (18.4), определяют статический момент массы дебалансов (Н-м), при котором обеспечивается стационарный режим работы дебалансно-планетарного вибропривода:

$$S_\delta = m_0 r = 1,2 [S - (M_\epsilon + M_\delta + m_0)e].$$

4. По найденному значению S_δ вычисляют статический момент массы одного дебаланса (Н-м)

$$S_0 = S_\delta / (n_\delta n_\epsilon),$$

где n_δ —число дебалансов одного вибровозбудителя; $n_\delta=1$ или $n_\delta=2$.

5. Определяют мощность (Вт), необходимую для поддержания колебания:

$$N_{cp} = - \frac{\omega^3 S^2}{4(M_\epsilon + M_\delta + m_0 + m_{\delta c})} \sin 2\varphi$$

6. Находят мощность (Вт), необходимую для преодоления трения в подшипниках

$$N_{mp} = [m_0(r + e) + M_\epsilon e] \omega^3 \mu d_\epsilon / 2,$$

где μ —приведенный к валу коэффициент трения скольжения подшипника качения ($\mu=7 \cdot 10^{-3}$); d_ϵ —диаметр вала под подшипником.

7. Рассчитывают мощность (Вт), которая необходима для преодоления трения качения:

$$N_k = [(M_\epsilon + M_\delta)e + m_0(r + e)](D/d - 1)\omega^3 \mu_k,$$

где μ_k — коэффициент трения качения, при текстолитовом бегунке $\mu_k=2 \cdot 10^{-3}$ м.

8. Определяют мощность приводного электродвигателя (Вт):

$$N_{\text{ов}} = 2N_{cp} + N_{mp} + N_k.$$

При обоих типах вибрационного привода активных пустотообразователей мощность электродвигателя механизма извлечения рассчитывается с учетом (18.5) по следующему выражению:

$$N = pSv,$$

где v —скорость извлечения пустотообразователей ($v=0,1 \dots 0,16$ м/с).

18.7. КАССЕТНЫЕ ФОРМОВОЧНЫЕ УСТАНОВКИ

Кассетные установки получили широкое распространение для производства железобетонных панелей перекрытий, пола, внутренних стеновых панелей и перегородок и ряда других плоских изделий. Один из типов кассетно-формовочной установки показан на рис. 18.15. Такая установка состоит из многоместной формы кассеты 1 и машины для распалубки и сборки кассет 2.

Машина для распалубки и сборки кассет (рис. 18.16) имеет два жестких сварных портала 2. Верхние балки портала снабже-

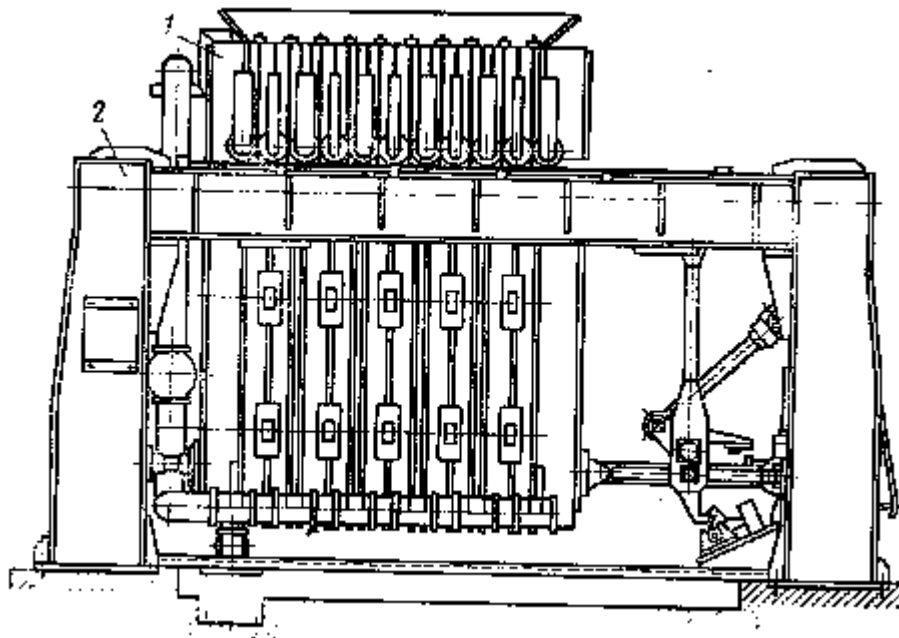
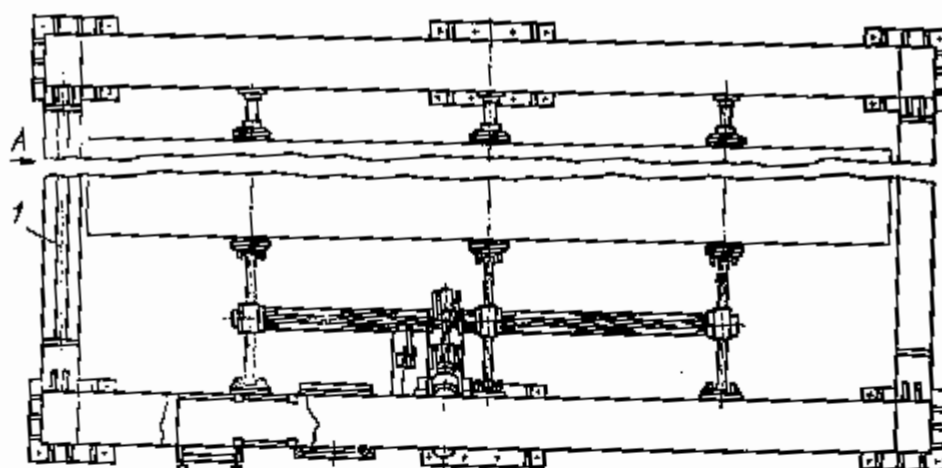


Рис. 18.15. Кассетно-формовочная установка

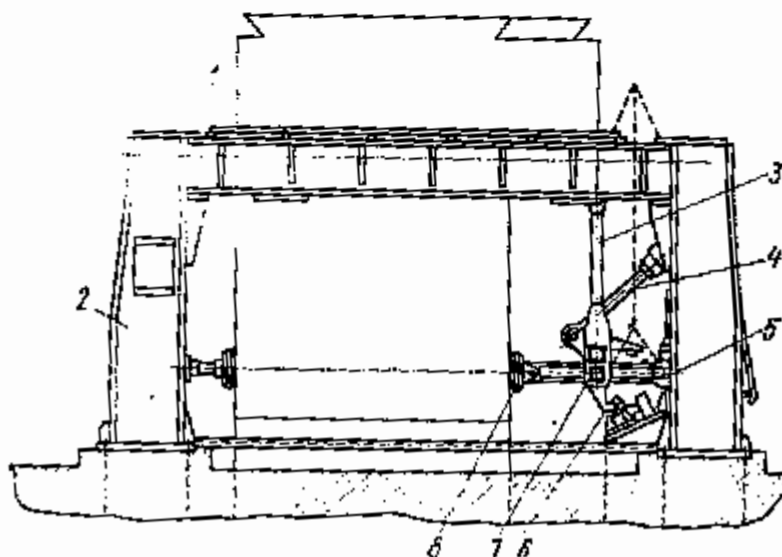
ны направляющими /. Для движения ребордных роликоопор стенок кассеты направляющая сделана призматической, а вторая—плоская. По ней движутся цилиндрические роликоопоры. Для снижения вибраций, передаваемых кассетой на металлоконструкцию машины при формовании изделий, между обеими направляющими и опорной конструкцией проложены резиновые прокладки. Неподвижная стенка упирается в амортизатор. Подвижная стенка шарнирно связана с силовой рычажной системой машины, которая обеспечивает перемещение подвижных стенок кассет по направляющим /. Полный ход подвижной стенки составляет 0,85 м. Привод рычажной системы осуществляется от гидроцилиндра 4. Положение рычажной системы при подвижной стенке, отведенной в крайнее правое положение, т. е. в положение распалубки, показано на рис. 18.16 пунктирными линиями.

Машина имеет два автоматических механизма запираания кассет, что исключает самопроизвольное раскрытие их в процессе

формования и тепловой обработки изделий. Первый механизм осуществляет запирање благодаря смещению центрального шарнира 7 вниз от горизонтальной оси, проходящей через крайние шарниры 5 и 8 рычажной системы до положения, при котором левый и правый рычаги упираются в упоры, которые исключают возможность их дальнейшего поворота относительно центрального шарнира 7. При этом горизонтальные силы от распора кассет удерживают рычаги от самопроизвольного складывания при снятом давлении в гидросистеме (при отключенном приводе насосной станции). Второй механизм представляет собой захват 6, который удерживает вертикальную стойку 3 рычажной системы в крайнем нижнем положении. При включении гидроцилиндра в начале хода распалубки захват 6 автоматически освобождает стойку 3.



Вид А



в 7 К

Рис. 18.16. Машина для распалубки и сборки кассет

В начале работы все стенки кассеты, кроме неподвижной, отведены в крайнее правое положение и соединены между собой замками. В этом положении очищается и смазывается первый рабочий отсек. В него закладываются арматура и необходимые закладные детали. Затем машина для распалубки и сборки кассет перемещает все стенки до упора с неподвижной. Неподвижная стенка соединяется замком с первой разделительной стенкой и открывается замок, соединяющий ее со следующей тепловой стенкой. Машина посредством рычажной системы вновь отводит в крайнее правое положение все стенки, связанные замками с подвижной. При этом открывается второй рабочий отсек. Описанный цикл повторяется до тех пор, пока все рабочие отсеки не будут очищены и оснащены арматурой. После этого кассеты сверху заполняются бетонной смесью. При заполнении кассет периодически включаются вибровозбудители для уплотнения бетонной смеси. Когда кассеты полностью заполнены бетонной смесью, в тепловые отсеки подают пар под давлением до 0,015 МПа. Готовые изделия снимаются краном. При этом кассетно-формовочная установка работает в обратной последовательности. Горизонтальное усилие (H), которое должна создавать рычажная система для перемещения кассет по направляющим,

$$P_1 = mg(d\mu / D_p + 2\mu_k / d_p)\beta, \quad (18.7)$$

где m —масса движущихся частей кассет, кг; d_p —диаметр оси, на которой вращается ролик, м; D_p —диаметр ролика, м; μ —приведенный к валу коэффициент трения скольжения подшипника качения. $\mu=0.01$; μ_k —коэффициент трения качения ролика по направляющей. $\mu_k \cong 0,001$ м; β —коэффициент, учитывающий трение реборд роликов о призматическую направляющую, $\beta=2,5$.

Эта сила приложена к подвижной стенке на высоте расположения направляющих 1 (см. рис. 18.16). После заполнения кассет бетонной смесью на подвижную стенку действуют силы гидростатического давления бетонной смеси, равнодействующая которых приложена к ней на высоте $1/3$ от нижней кромки формируемых изделий (H):

$$P_2 = \beta_2 \rho g H^2 B / 2, \quad (18.8)$$

где β_2 —коэффициент запаса, учитывающий действие инерционных сил на подвижную стенку при включенных вибровозбудителях, $\beta_2=2$; ρ —плотность бетонной смеси, кг/м³; H , B —высота и ширина изделия, м.

Силы, определяемые по (18.7) и (18.8), воспринимаются рычажной системой. Последняя рассчитывается по большей из них с учетом указанных точек приложения этих сил к подвижной стенке.

Основным недостатком кассетно-формирующих установок является их низкая уплотняющая способность, что приводит к необходимости применения пластичных бетонных смесей.

18.8. КОНВЕЙЕРЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Конвейерные линии обеспечивают непрерывное производство конструкций сборного железобетона и позволяют почти полностью исключить ручной труд. Наибольшее распространение получили вибропрокатные и двухъярусные конвейеры. Такие конвейеры предназначены для изготовления железобетонных и керамзитобетонных плоских изделий.

Вибропрокатные конвейеры (рис. 18.17) снабжены бетоносмесительным узлом непрерывного действия. Дозаторы / осуществляют дозировку компонентов смеси, которые перемешиваются в двухвальном бетоносмесителе непрерывного действия 2, из которого бетонная смесь поступает в бетоноукладчик 3. Кроме того, узел снабжен одновальным бетоносмесителем 16. При его работе бетонная смесь подается в бетоноукладчик 7. Последние две машины используются для приготовления и укладки фактурного слоя при формировании изделий из керамзитобетона. Готовая бетонная смесь поступает на непрерывную формующую ленту 19, на которую в начале конвейера укладывается арматура. Эта лента состоит из трех тяговых цепей, к которым шарнирно прикреплены стальные звенья. Конвейер снабжен технологической оснасткой, которая позволяет на поверхности формующей ленты подготовить места карты для формирования различных изделий. Движение ленты осуществляется приводом 21, который вращает приводную звездочку 9, а натяжение — натяжной станцией 4. Привод 21 в зависимости от формуемого изделия позволяет изменять скорость движения ленты 19 от 10 до 60 м/ч. Подача и распределение бетонной смеси производятся бетоноукладчиками 3 и 7 с плужковыми распределителями, которые совершают возвратнопоступательное движение в направлении, перпендикулярном оси ленты. Вибрационная балка 5 располагается под лентой и служит для уплотнения бетонной смеси. Ее привод осуществляется от трех соосно расположенных одновальных вибровозбудителей, которые обеспечивают колебания ленты, находящейся над балкой, с частотой $\omega=400\text{ с}^{-1}$ и амплитудой около 0,5 мм. Кроме того, балка снабжена шестью опорными лыжами, по которым скользит формующая лента. Поверхность отформованных изделий заглаживается вибрационными устройствами 6 и 15. Каждое из этих устройств состоит из двух балок, которые совершают противофазное возвратно-поступательное движение поперек ленты частотой около 9 с^{-1} . Одна из балок имеет ход 20 мм, а другая 10 мм и кроме того, каждая из них снабжена вибровозбудителем общего назначения.

После формирования и заглаживания изделия вместе с лентой поступают на тепловлажностную обработку в камеру 13, которая снабжена 5 ... 6 пригрузочными валиками 14, расположенными друг от друга на расстоянии 3 м. Подача пара в камеру 13 производится по трубопроводу 18 с коллекторами 22.

Верхняя

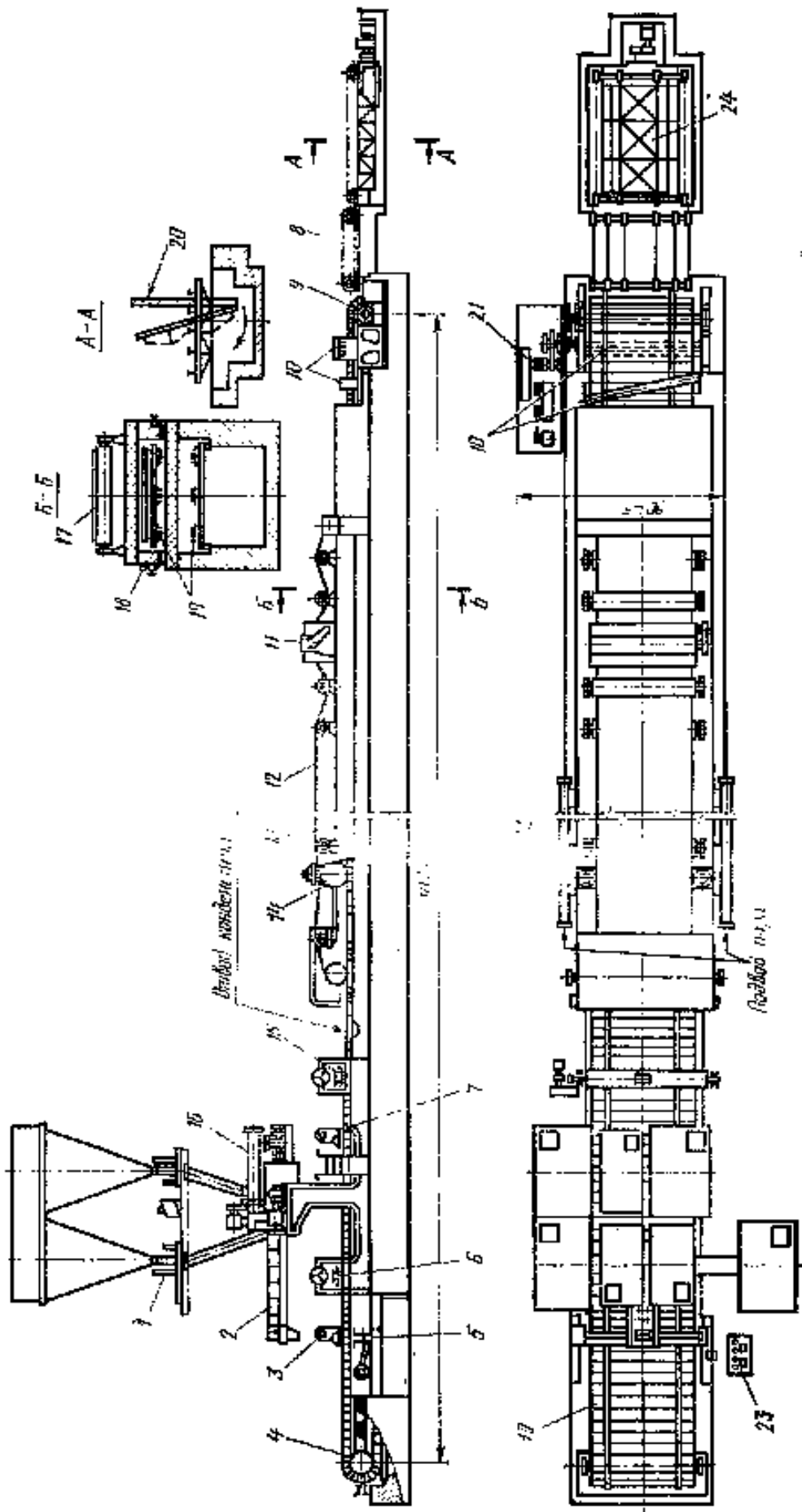


Рис. 18.17. Схема вибропротекатного конвейера

поверхность изделия, находящихся в камере, закрыта нижней ветвью бесконечной прорезиненной ленты 12, опирающейся на ролики 17. Это исключает непосредственное воздействие пара на поверхность пропариваемых изделий. Очистка ленты 12 осуществляется очистителем 11, который представляет собой горизонтальный вращающийся вал с закрепленными на нем резиновыми пластинами. В конце конвейера при выходе изделий из камеры 13 их поверхность шпаклюется шпаклевочной установкой 10. Готовое изделие 20 попадает на обгонный ролик 8, скорость движения по которому превышает скорость движения ленты. С ролика изделие попадает на кантователь 24, который переводит его в вертикальное положение.

Далее оно мостовым краном переносится на склад готовой продукции.

Управление вибропрокатным конвейером осуществляется с пульта 23.

Двухъярусный конвейер (рис. 18.18, и) состоит из нижнего и верхнего ярусов.

Формование изделий производится в формах-вагонетках с откидными продольными бортами. На соответствующих постах, расположенных на верхнем ярусе, производятся распалубка изделий и снятие их с форм-вагонеток, очистка и смазка последних, укладка арматурных каркасов, монтаж электропроводки и формование изделий. Кроме того, в конце верхнего яруса находится щелевая камера предварительной тепловой обработки, в которой производится нагрев изделий до 50 °С. Весь нижний ярус представляет собой щелевую камеру пропаривания, где температура изделий сначала доводится до 90 °С, а в конце камеры снижается до 40 °С. Теплоносителем является пар.

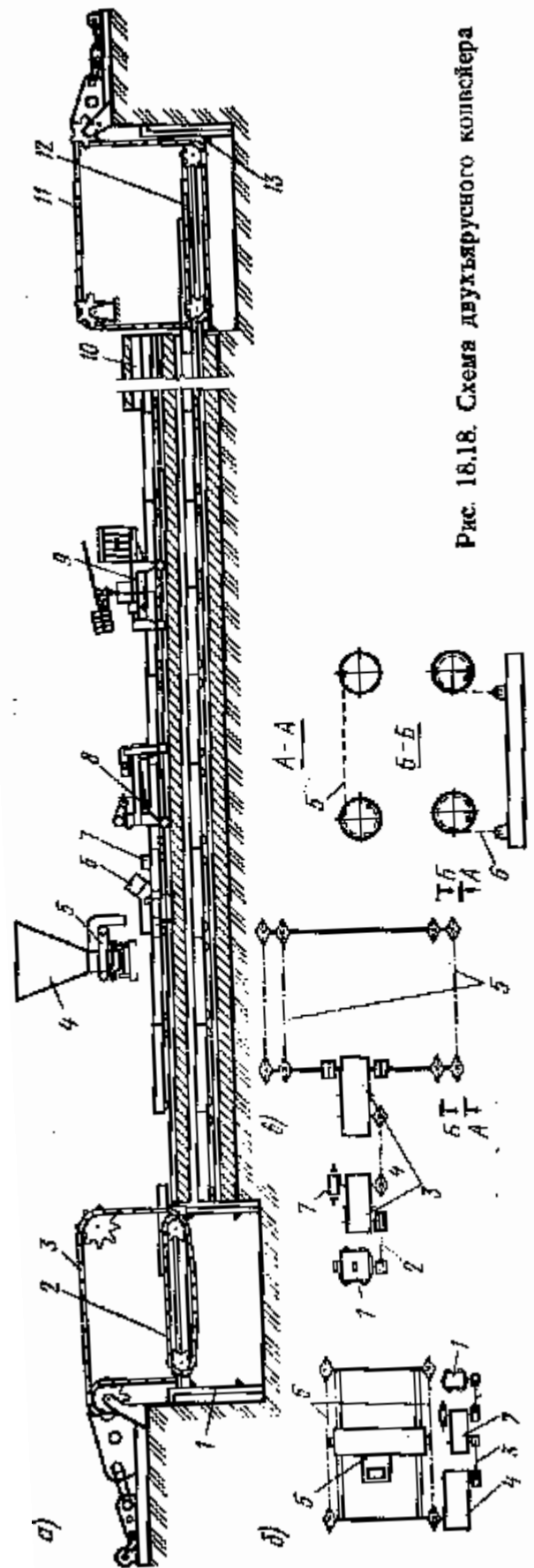


Рис. 18.18. Схема двухъярусного конвейера

Пост формовки состоит из бетоноукладчика, который снабжен бункером с копильником 4 и ленточным питателем 5. Бетоно-укладчик от привода по рельсовому пути перемещается в направлении, перпендикулярном движению форм-вагонеток. За счет этого движения бетонная смесь равномерно распределяется в приемном бункере неподвижного вибронасадка 6. При движении форм-вагонеток под вибронасадком 6 они равномерно заполняются бетонной смесью, которая одновременно и уплотняется. Уплотнение происходит за счет вибрации бункера и заглаживающей части вибронасадка от центробежных вибровозбудителей, которыми снабжен вибронасадок. Далее при своем движении форма поступает под заглаживающую рейку 7. Эта машина имеет две коробчатые балки, которые от кривошипно-шатунного привода совершают возвратно-поступательные движения в направлении, перпендикулярном оси конвейера. Затирочная машина 8 движется по рельсовому пути навстречу форме-вагонетке с изделием.

Она снабжена затирочным валиком, который опирается на борта формы-вагонетки и вращается с угловой скоростью 31 с^{-1} . Скорость движения затирочной машины составляет около 3 м/с . После затирки одного изделия машина возвращается в первоначальное положение для затирки следующего. Отделка поверхности изделий заканчивается на машине 9 с плоским диском диаметром $0,8 \text{ м}$, вращающимся с угловой скоростью 26 с^{-1} . Машина 9 передвигается навстречу формам-вагонеткам со скоростью $1,5 \text{ м/с}$.

После отделки поверхности изделий формы-вагонетки поступают в щелевую камеру предварительной тепловой обработки 10. После прохождения камеры 10 форма-вагонетка захватывается толкателем 12 снижателя 11 и устанавливается на его платформе, которая находится в этот момент на уровне верхнего яруса. Путем небольшого поднятия вверх платформа снимается с упоров 13 и опускается с формой-вагонеткой до уровня нижнего яруса. Далее толкатель 12 проталкивает стоящую на платформе снижателя форму-вагонетку в щелевую пропарочную камеру. При этом она упирается в уже стоящие в камере формы-вагонетки и проталкивает их по всей длине нижнего яруса. В это время платформа подъемника 3 находится на уровне нижнего яруса на упорах 1. Толкатель 2 подъемника 3 захватывает прошедшую весь нижний ярус (т. е. тепловлажностную обработку в щелевой камере) форму-вагонетку с готовым изделием и затаскивает ее на платформу, которая затем поднимается до уровня верхнего яруса.

Здесь производится распалубка изделия и съём его мостовым краном. После этого толкатель 2 проталкивает стоящую на платформе подъемника форму-вагонетку на пост чистки верхнего яруса. При этом одновременно происходит проталкивание всего ряда форм-вагонеток, находящихся на верхнем ярусе.

На рис. 18.18,6 показана кинематическая схема привода толкателя. Привод состоит из электродвигателя 1, крутящий момент которого клиноременной передачей передается на цилиндрические редукторы 2 и 4. Эти редукторы связаны между собой цепной передачей 3. Выходной вал последнего из редукторов связан с ведущим валом толкателя, на котором установлены ведущие звездочки двух грузовых цепей 6. На звеньях верхней ветви этих двух бесконечных цепей закреплен упор 5 толкателя.

Кинематические схемы снижателя и подъемника одинаковы и показаны на рис. 18.18,в. Момент от электродвигателя / через клиноременную передачу 2 передается на два связанных между собой цепной передачей 4 редуктора 3. На выходном валу первого редуктора установлен нормально закрытый тормоз 7. Выходной вал второго редуктора связан муфтами с валами ведущих звездочек приводных цепей 5 и подъемных цепей 6, поднимающих и опускающих платформу с формой-вагонеткой. На таком конвейере могут формироваться изделия с наибольшими размерами 4,95X2,52X0,14 м. Масса конвейера без форм вагонеток составляет 105000 кг, а мощность приводных электродвигателей — 69 кВт.

Основными недостатками описанных типов конвейеров являются их высокая стоимость и металлоемкость и низкая уплотняющая способность вибрационных устройств постов формовки. Последнее приводит к необходимости формования на таких конвейерах изделий из пластичных бетонных смесей.

18.9. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО СТЕНДОВОГО ФОРМОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Непрерывное формование железобетонных изделий осуществляется на стендах-полосах специальными машинами, которые перемещаются вдоль стенда. Таким образом зона формования перемещается с равномерной скоростью вдоль стенда, уплотнение бетонной смеси осуществляется в ограниченном объеме, а за движущейся машиной остается на основании стенда бетонная полоса заданного профиля с постоянным сечением. Таким методом чаще всего формируют многопустотные, сплошные и ребристые плиты перекрытия и покрытий и некоторые типы балок. Для получения изделий требуемой длины стенды снабжены механическими пилами с алмазными дисками диаметром 0,8 ... 1,1 м, которые разрезают после теплообработки отформованную железобетонную полосу протяженностью, равной длине стенда, на отрезки.

Обычно длина одной полосы-стенда составляет 100 ... 150 м и одна формирующая машина обслуживает 4 ... 6 таких стендов. Последовательно на каждом из них осуществляются сначала чистка и смазка поддона, раскладка и натяжение арматуры. После этого производится формирование бетонной смеси. Отформованная полоса закрывается специальной тканью или пленкой. Эту операцию чаще всего выполняет раскладчик, перемещающийся вслед за формирующей машиной. После этого в течение 8 ... 14 ч осуществляется теплообработка отформованной полосы. Для этой цели под поддоном располагаются ребристые трубы-радиаторы, по которым пропускают теплоноситель (пар, вода, масло). Далее рас-

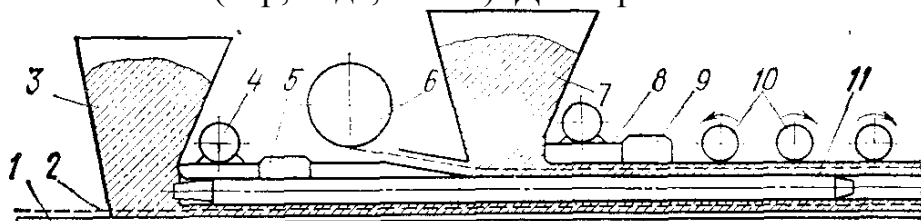


Рис. 18.19. Схема машины непрерывного формирования с двухступенчатым вибрационным поверхностным уплотнением и активными пустообразованием

кладчик снимает тканевое или пленочное покрытие полосы, сбрасывается натяжение арматуры и производится распиловка полосы механической пилой на требуемые отрезки.

Готовые изделия снимаются со стенда и на транспортных тележках вывозятся на склад готовой продукции. После этого стенд готов к следующему циклу формирования. Число полос-стендов и их длина подбираются таким образом, чтобы при выбранной скорости формирования (обычно 50 ... 100 м/ч) весь процесс происходил непрерывно. При этом весь комплект машин перемещается от стенда к стенду.

Каждый стенд состоит из монолитной железобетонной плиты, на которой закреплены анкерными болтами опорные балки (чаще швеллеры или двутавры). На этих балках свободно лежат сваренные между собой стальные листы-поддоны толщиной 15 ... 20 мм. Сварные швы между листами поддона зачищаются и шлифуются. Трубы-радиаторы располагаются между опорными балками.

Предприятия по непрерывному формированию железобетонных изделий всегда снабжаются автоматизированными бетоносмесительными узлами. Подача бетонной смеси от узла к формирующей машине производится мостовым краном с саморазгружающейся бадьей или бетоновозными тележками.

В комплексе машин для непрерывного формирования основной является формирующая. Существуют различные конструкции таких машин.

Применяется несколько методов уплотнения бетонной смеси: поверхностное вибрационное, глубинное вибрационное, ударно-вибрационное и экструзионное. В большинстве машин используются комбинации каких-либо двух или даже трех из упомянутых методов уплотнения.

На рис. 18.19 показана схема машины непрерывного формования с двумя поверхностными вибрационными уплотнителями и активными пустотообразователями. Формование осуществляется на поддоне 1, над которым натянуты пряди напряженной арма-

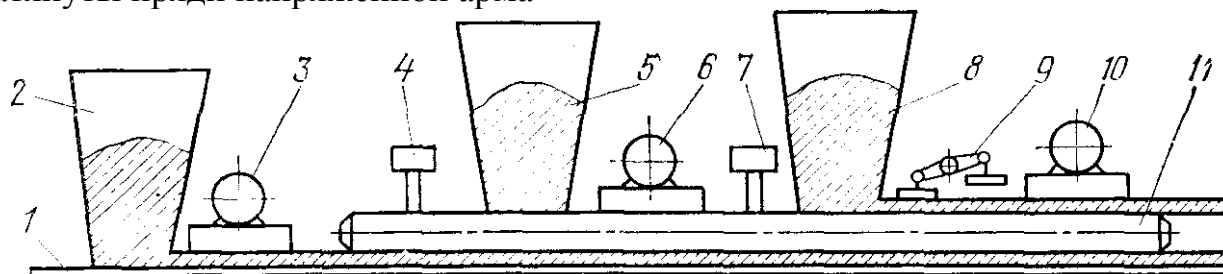


Рис. 18.20. Схема машины непрерывного формования с трехступенчатым вибрационным поверхностным уплотнением и ударно-вибрационной трамбовкой

туры 2. Нижний слой бетонной смеси при движении машины подается из бункера 3. Уплотнение бетонной смеси осуществляется поверхностным высокочастотным вибрационным уплотнителем 4 и активными пустотообразователями 11. С бункера 6 по направляющим подается арматурная сетка. Из бункера 7 в формовочную камеру поступает второй слой бетонной смеси, который уплотняется поверхностным высокочастотным уплотнителем 8. После обоих поверхностных уплотнителей установлены стабилизирующие плиты 5 и 9. Они улучшают уплотнение бетонной смеси и, кроме того, плита 9 исключает возможность выдавливания ее из-под уплотнителя 8, обеспечивая заданную толщину формуемой плиты. Отделка поверхности изделия производится заглаживающими валиками 10.

Машина, показанная на рис. 18.20, имеет три ступени уплотнения бетонной смеси. Из бункеров 2, 5 и 8 подаются первый, второй и третий слой бетонной смеси соответственно, которые уплотняются поверхностными высокочастотными вибрационными устройствами 3, 6 и 10. Дополнительно поверхность плиты уплотняется ударно-вибрационной трамбовкой 9. При формовании многопустотных плит на балках 4 и 7 устанавливаются пассивные пустотообразователи 11. Машина снабжена стабилизирующей плитой.

На рис. 18.21 показана схема машины с поршневым экструдером. Из бункера 3 поршень / экструдера под давлением подает в формовочную камеру бетонную смесь. Возвратно-поступательное движение поршня 1 обеспечивается рычажным механизмом и гидроцилиндром 2. В формующей камере осуществляется вы-

сокочастотное вибрационное воздействие на бетонную смесь от поверхностного уплотнителя 4 и жестко связанных с ним пустотообразователей 5.

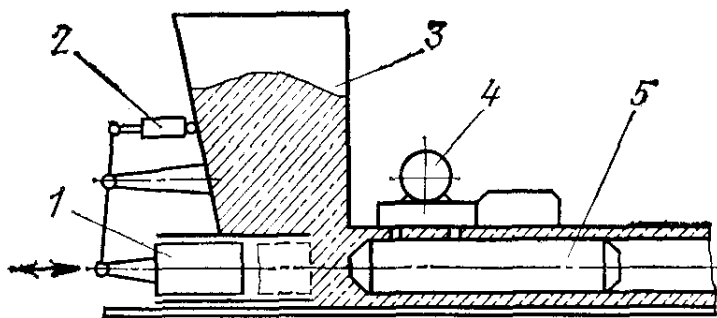


Рис. 18.21. Схема машины непрерывного формования с поршневым экструдером

постоянного шага. Все шнеки вращаются в одном направлении. Два смежных шнека имеют правое и левое направления винтовой линии. Вращение шнеков 8 осуществляется через цепные передачи от привода 3. Во внутренней полости части шнеков 8 установлены центробежные вибровозбудители 10. Они приводятся в вращение от высокочастотных электродвигателей через полые валы шнеков. Непосредственно за бункером 8 установлен высокочастотный поверхностный вибрационный уплотнитель 5, а за ним стабилизирующая плита 6. С основной частью шнеков 8 через упругие резиновые втулки 9 соединены их стабилизирующие части 7.

Бетонная смесь под действием собственного веса попадает на витки шнеков 8, которые нагнетают ее в формовочную камеру. Здесь под действием вибрации шнеков и поверхностного уплотнителя осуществляется уплотнение бетонной смеси. Невибрируемые стабилизирующие части пустотообразователей 7 и стабилизирующая плита 6 производят заглаживание поверхностей изделия.

Во всех машинах непрерывного формования (см. рис. 18.19... 18.22) формующие камеры образуются поддоном, скользящей бортоснасткой, которая крепится на раме машин, уплотняющими устройствами и пустотообразователями, если таковые используются. Все бункера, уплотнители и другие устройства смонтированы на раме, которая имеет ребордные колеса. Поддоны снабжены призматическими направляющими, по которым происходит движение машин вдоль стенда. В машинах, показанных на рис. 18.19... 18.21, их движение осуществляется от специальных приводов, которыми они снабжены. Машины со шнековыми экструдерами (см. рис. 18.22) чаще всего движутся за счет силы реакции, возникающей при нагнетании бетонной смеси в формующую камеру. В этом случае машины снабжаются тормозами, которые создают дополнительную силу сопротивления перемещению. Путем изменения значения этой силы регулируется скорость

движения машин и давление бетонной смеси в формующей камере. Способ непрерывного формования позволяет автоматизировать и механизировать все основные технологические операции и свести к минимуму ручной труд. Удельная металлоемкость оборудования при таком способе производства в 1,2 ... 1,7 раза ниже по сравнению с традиционными методами (агрегатно-поточным и конвейерным). Производительность на одного рабочего возрастает в среднем при непрерывном способе производства до 2,5 тыс. м³ в год отформованных изделий против 1,0 ... 1,1 тыс. м³ при агрегатно-поточной технологии и 1,5 1,6 тыс. м³—при конвейерной. Этот способ обеспечивает высокую точность геометрических размеров изделий и высокое качество их поверхности. Недостатками метода непрерывного формования являются большие производственные площади и ограниченность типов формуемых изделий. Например, таким способом невозможно формовать стеновые панели, имеющие оконные и дверные проемы, и др.

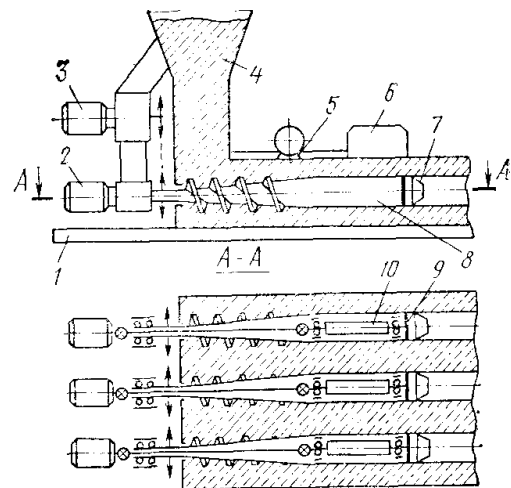


Рис. 18.22. Схема машины непрерывного формования с шнековыми экструдерами

18.10. УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИБРОПРЕССОВАНИЯ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Совместное действие вибрации и статического усилия при формовании различных мелкозернистых смесей с малой влажностью обеспечивает высокую степень их уплотнения. Поэтому для формования изделий из песчаных или мелкозернистых бетонных смесей, к которым по условиям эксплуатации предъявляются повышенные требования к морозостойкости, что диктует необходимость их формования из особо жестких бетонных смесей, часто применяют метод вибропрессования. Для этого разработаны формующие агрегаты—вибропрессы. Технические характеристики некоторых из них приведены ниже.

Способ формования	ВИП-5М	ВИП-7
Направление колебаний	вибропрессование	
Угловая частота колебаний, с ⁻¹	вертикально направленные	
Характер колебаний	150; 300	300
	гармонические	ударно-вибрационные

Амплитуда колебаний, мм	2,1 0,5	-
Статистическое давление, Мпа от веса пуансона	0,011	0,012....0,025
от усилия пневмоцилиндра	0,035	0,01.....0,035
Цикл формования, с	30	45
Установленная мощность электродвигателей, кВт	39	34,6
Масса, кг	2300	14.830

Вибропресс ВИП-5М предназначен для изготовления фигурных элементов мощения, тротуарных плит, плит полов промышленных зданий и других малогабаритных изделий из особо жесткого песчаного бетона с максимальными размерами 500X500 и толщиной 35 ... 100 мм. Вибропресс ВИП-7 предназначен для изготовления бортового камня, тротуарных плит, тюбингов и других изделий из особо жестких мелкозернистых бетонных смесей с высотой 200 ... 350 мм. Все вибропрессы ВИП аналогичны по конструктивному исполнению. Они состоят (рис. 18.23) из стальной станины 7, на которой установлены четыре колонны 5. На последних смонтирована матрица 4 и пневмоцилиндр 7 с пуансоном 6. В матрице 4 предусмотрена возможность установки сменных калибров, внутренние очертания которых соответствуют наружному контуру формируемого изделия. На станине / установлен пневмовыпрессовщик 12, который через штангу 10 может поднимать формовочную плиту 8. Ограничители хода 11 позволяют подниматься формовочной плите 8 точно до уровня верхней плоскости матрицы 4. Вибро-стол 9 с дзухвальными центробежными вибровозбудителями 13 опирается на станину 1 через пружины 14. Привод вибровозбудителей через упругие муфты осуществляется от двух соосно установленных электродвигателей 2 и 3. Электродвигатель 2 имеет угловую скорость вращения $\omega=300 \text{ с}^{-1}$, а у электродвигателя 3 $\omega=150 \text{ с}^{-1}$. Дозирующее устройство снабжено бункером 18 с бетонной смесью, мерным ящиком 15, перемещающимся посредством гидроцилиндра 17 по направляющим. Для съема готовых изделий мерный ящик снабжен упором 19. При перемещении мерного ящика в позицию формования горловина бункера 18 перекрывается шибером 16.

Вибропресс работает следующим образом. Первоначально пневмовыпрессовщик 12 поднят до упоров // и формовочная плита 8 с отформованным в предыдущем цикле изделием находится на уровне матрицы 4. Мерный ящик 15 находится под бункером 18 и заполнен бетонной смесью. При включении гидроцилиндра 17 мерный ящик 15 со смесью перемещается в позицию формования, закрывая одновременно шибером 16 горловину бункера 18. При этом упор 19 сталкивает готовое изделие в приемное устройство. Далее пневмовыпрессовщик 12 опускается в крайнее нижнее положение и формовочная плита 8 ложится на вибростол 9. На 2 ... 4 с включается вибровозбудитель с частотой колебаний

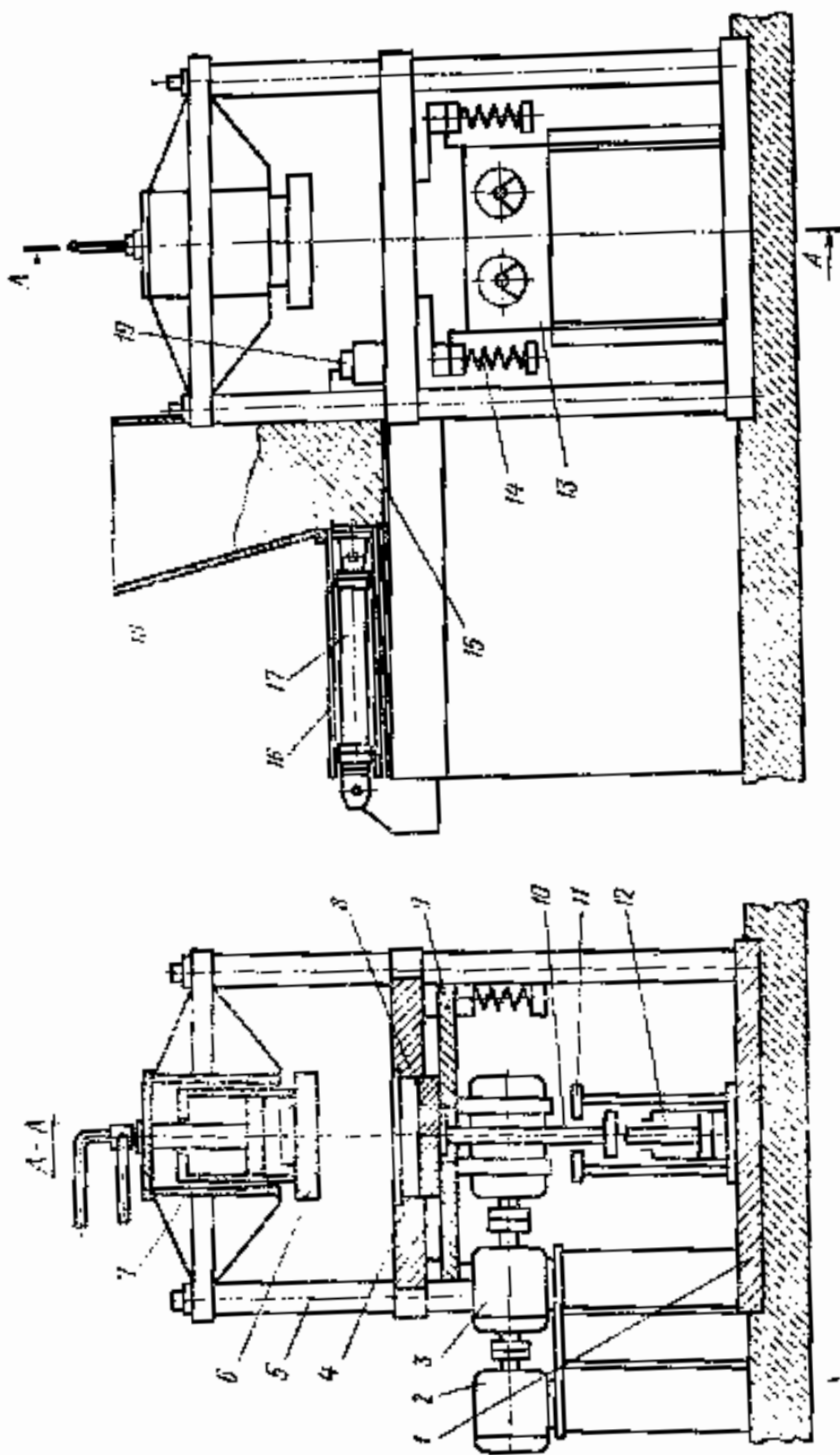


Рис. 18.23. Конструктивная схема вибропресса для формирования бетонных изделий

$\omega=300 \text{ с}^{-1}$. При этом бетонная смесь заполняет рабочую полость матрицы 4. Гидроцилиндр 17 возвращает мерный ящик 15 под горловину бункера 18. После этого пневмоцилиндр 7 опускает пуансон 6 и за счет силы тяжести пуансона и усилия, развиваемого пневмоцилиндром, происходит статическое воздействие на бетонную смесь. Одновременно на 4 ... 5 с включаются вибровозбудители с частотой колебаний $\omega=150 \text{ с}^{-1}$. При этом происходит уплотнение смеси. Далее вибровозбудители 13 переключают на 2 ... 4 с на частоту колебаний $\omega=150 \text{ с}^{-1}$. При этом обеспечивается стабилизация структуры изделия. Пневмоцилиндр 7 поднимает пуансон 6 в верхнее положение, а пневмовыпрессовщик 12 поднимает формовочную плиту 8 с готовым изделием до уровня верхней плоскости матрицы. Далее цикл повторяется вновь.

18.11. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОТДЕЛКИ, ОФАКТУРИВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ

Одним из основных требований, предъявляемых к предприятиям сборного железобетона, является требование максимальной заводской готовности изделий. С этой целью в настоящее время выпускаются линии и машины для офактуривания наружных поверхностей стеновых панелей, установки в них оконных и дверных рам, заглаживания и шпаклевки поверхностей железобетонных, керамзитобетонных и других панелей, внутренних перегородок, плит перекрытий и др.

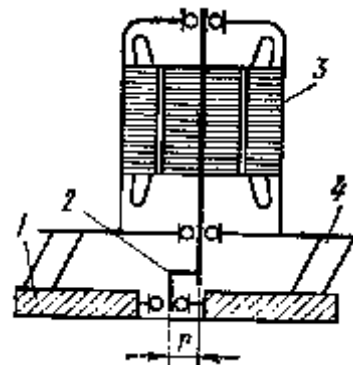
Первоначальное заглаживание поверхностей изделий производится затирочными устройствами непосредственно после формования. Эти устройства представляют собой затирочный валик, вращающийся с угловой скоростью около 30 с^{-1} , и диск, вращающийся примерно с той же угловой скоростью. При конвейерном способе производства затирочные устройства устанавливаются стационарно и под ними на конвейере движутся отформованные изделия. При других способах производства затирочные устройства устанавливаются либо на бетоноукладчик или бетонораздатчики, либо на самоходные порталы. Во всех случаях затирочные устройства снабжаются механизмом регулирования высоты их установки, что позволяет обрабатывать изделия различной высоты.

В последние годы применяются затирочные машины вибрационного действия (рис. 18.24). Затирочная плита 1 совершает круговые движения с амплитудой, равной эксцентриситету r вала 2. Угловая частота колебаний затирочной плиты 1 обычно составляет около 150 с^{-1} . Благодаря низким линейным скоростям рабочего органа такого рода затирочные устройства при их использовании значительно улучшают качество поверхностей изделий. Кроме того, затирочные машины этого типа могут обрабатывать поверхности затвердевших изделий. Для этого они снабжаются затирочными плитами с абразивными накладками.

Основные отделочные работы производятся после тепловлажностной обработки изделий на линии для отделки наружных стеновых панелей. Линия снабжена тремя технологическими постами. От поста к посту панели передвигаются на двухроликовых тележках, которые перемещаются бесконечной тяговой цепью. На первом посту устанавливаются оконные и дверные рамы и производится остекление. На втором посту устанавливаются подоконники, сливы и т. д. На третьем посту -

Рис. 18.24. Вибрационная затирочная машина:

1 — затирочная плита; 2 — эксцентрик; 3 — электродвигатель; 4 — упругий элемент



тельная доводка изделий. Все работы выполняются обслуживающим персоналом с подъемных тележек с использованием ручного механизированного инструмента. Отделка потолочных поверхностей многопустотных плит перекрытий и внутренних стен производится шпаклевочной машиной (рис. 18.25) с помощью кантователя панелей. Шпаклевочная машина состоит из самоходного портала 4. На нем установлены передняя и задняя шпательные балки 3 и затирочный механизм 8. Шпательные балки и затирочный механизм расположены на раме, которая подвешена к порталу 4 на цепях и имеет механизм опускания и поднятия рамы с ручным приводом. Машина комплектуется растворомасосом. Затирочный механизм 8 представляет собой две рейки, которые приводятся в противофазное возвратно-поступательное движение от эксцентриков, установленных на выходном валу редуктора.

Кантователь (рис. 18.26) состоит из левого кантователя 1 и правого 2 с гидроприводами соответственно 4 и 3. Управление кантователями производится с общего пульта управления. Мостовым краном панель подается на кантователь / при его горизонтальном положении лицевой поверхностью вниз. Платформа кантователя 2 устанавливается в вертикальное положение. После этого кантователь / переводит панель в вертикальное положение и передает на кантователь 2, который опускает ее в горизонтальное положение, но уже лицевой поверхностью вверх. Затем поверхность панели увлажняется водой и посредством растворонасоса с форсункой в поперечном направлении укладывается валик шпаклевочной массы. Первым проходом вперед шпаклевоч-

ной машины резиновые шпатели затирочного механизма, двигая перед собой валик шпаклевочной массы, растирают ее и втирают в поры и раковины лицевой поверхности изделия. При этом металлические шпатели задней шпательной балки предварительно заглаживают зашпаклеванную поверхность. При ускоренном обратном проходе машины затирочный механизм поднимается, передняя шпательная балка опускается и шпатели шпательных балок производят чистовое заглаживание поверхности изделий. После этого кантователь переводит панель сначала в вертикальное, затем в горизонтальное положение. Далее готовая панель снимается краном.

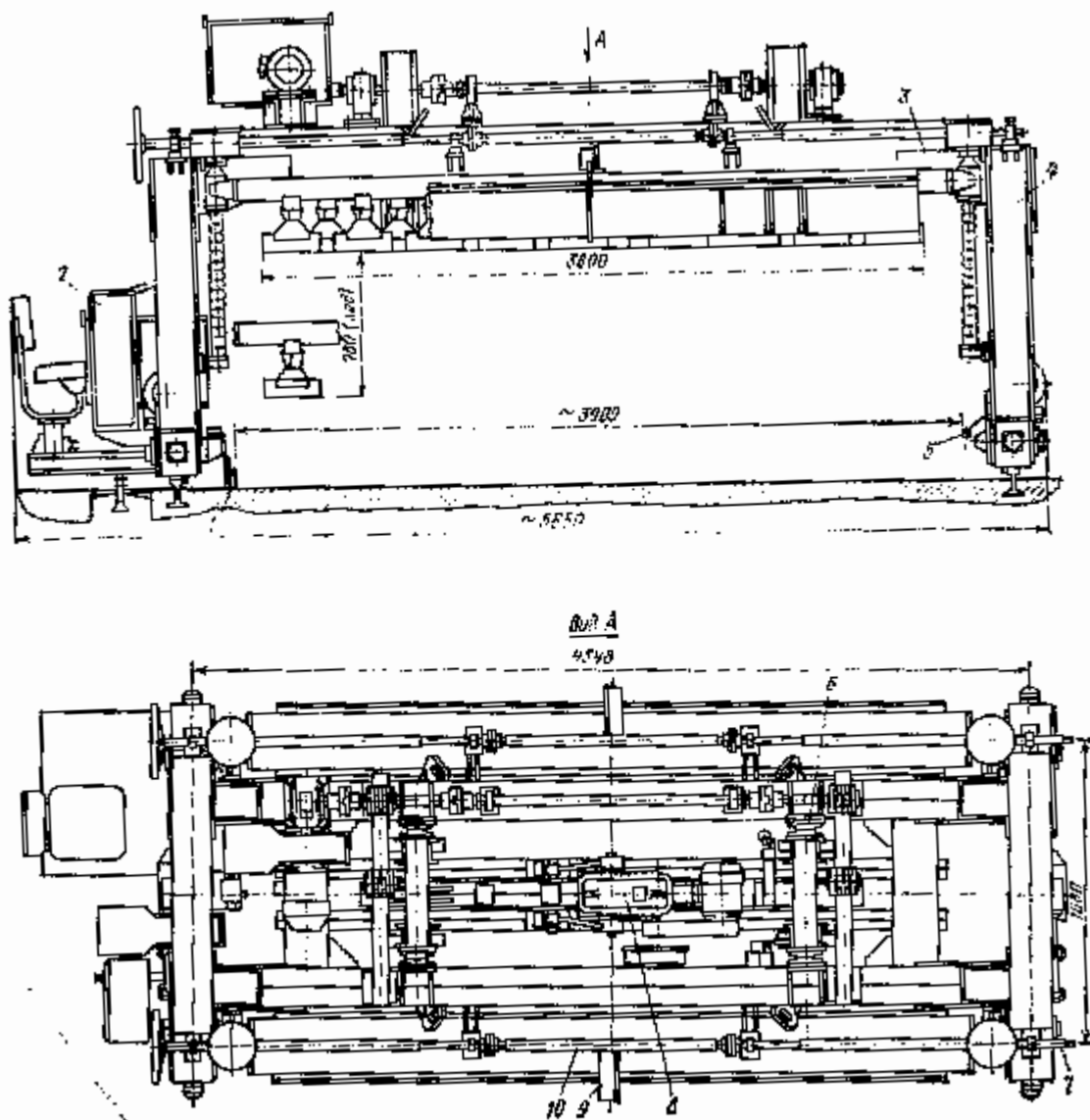


Рис. 18.25. Общий вид шпаклевочной машины:

1, 5, 9 — конечные выключатели; 2 — электрооборудование; 3 — шпательная балка; 4 — портал; 6 — направляющая; 7, 10 — валы; 8 — затирочный механизм

Наружная поверхность стеновых панелей часто облицовывается керамической или стеклянной плиткой. При этом изделия формуют следующим образом. Облицовочную плитку наклеивают на бумажные листы-карты, которые укладывают бумагой вниз на поддон формы. Далее форма заполняется бетонной смесью и уплотняется. После тепловлажностной обработки и съема изделий из формы с лицевой поверхности панелей удаляют бумагу и клей. Для этой цели используют моечные машины.

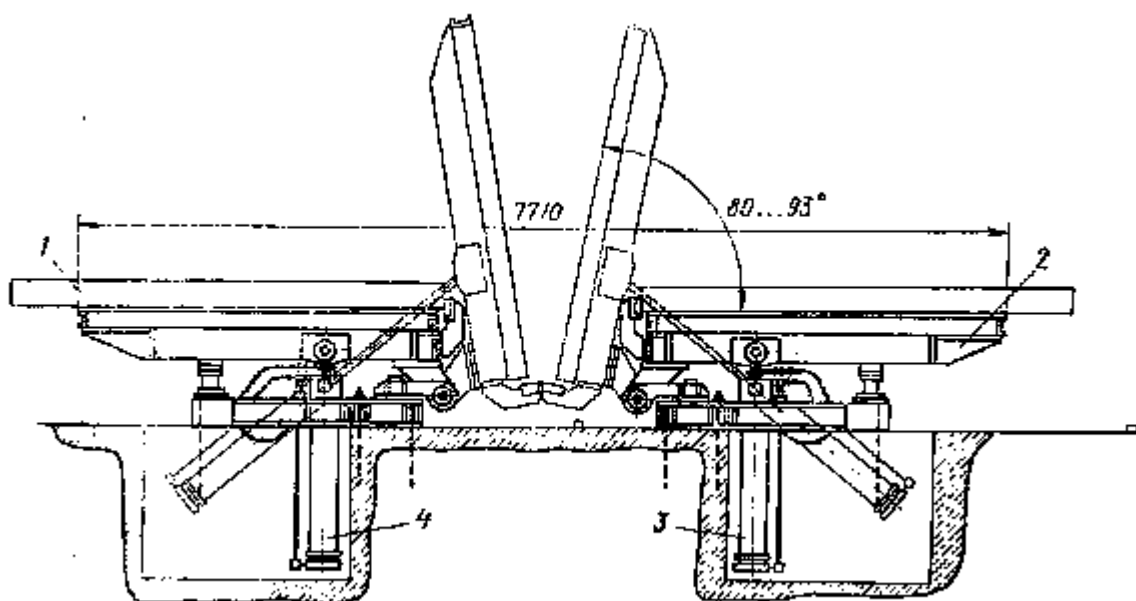


Рис. 18.26. Общий вид кантователя

Моечная машина представляет собой портал, на верхней балке которого установлена рабочая тележка. Она снабжена вертикальными направляющими, по которым перемещается (в вертикальном направлении) каретка с моющим диском-щеткой и соплом для подачи под давлением горячей воды. Панель устанавливают на транспортную тележку и подают под портал на пост мойки. К панели подводят моющий диск-щетку, которая, вращаясь и перемещаясь по вертикали (в направляющих каретки) и по горизонтали (вместе с тележкой по верхней балке портала), очищает лицевую сторону панели, смоченную горячей водой из сопла, от клея и бумаги.

В процессе производства сборных железобетонных конструкций важную роль играет контроль качества изделий. Он осуществляется на всех этапах технологического процесса и включает в себя контроль качества компонентов бетонной смеси, её состава, укладки и тепловлажностной обработки. Контролируется так-же качество арматурной стали, сварных соединений арматурных каркасов и их геометрические размеры. При этом проверяют со-

ответствие проекту размеров арматурных каркасов, расстояния между стержнями и закладными деталями.

Оперативный контроль прочности бетона осуществляется с помощью эталонных молотков с шариковым наконечником. Прочность бетона оценивается сравнением размера вмятин от удара по нему этим молотком с вмятинами на эталонном стержне.

Оценка плотности отформованного бетона осуществляется посредством специальных ультразвуковых приборов (с помощью методов неразрушающего контроля).

Готовые изделия контролируют путем измерения их геометрических размеров, проверки чистоты их лицевых поверхностей и правильности установки закладных деталей. Кроме этого, периодически проводятся испытания конструкций на прочность, трещиностойкость и жесткость. Для этой цели промышленностью выпускаются силовые стенды, которые позволяют осуществлять нагрузку панелей расчетными усилиями и производить замеры их деформаций при нагружениях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сборный железобетон в ближайшие годы не претерпит принципиальных изменений и его применение останется одним из важнейших направлений строительства. Однако конструкции из сборного железобетона, технология их производства и оборудование для их изготовления получают существенное развитие. Дальнейший рост объема производства сборного железобетона предусматривается не за счет ввода новых мощностей, а путем интенсификации производства на действующих предприятиях.

Наряду с отдельными видами машин и оборудования, предназначенных для реконструкции действующих и строительства новых заводов, предусматривается изготовление и поставка следующих комплексных гибких технологических линий: 1) оборудования для производства, отделки и комплектации наружных стеновых панелей; 2) комплектов оборудования для изготовления панелей перекрытий, внутренних стен, перегородок и объемных элементов; 3) для изготовления многопустотных панелей перекрытий; 4) комплектов оборудования для агрегатно-поточного производства плит размером 3X6 и 3X12 м; 5) комплектов оборудования для производства безнапорных и напорных труб; 6) автоматизированных линий для производства арматурных сеток шириной 745, 1450 и 5800 мм и т. п.

Вместе с выпуском горизонтальных конвейерных линий предусматривается расширение производства комплектов оборудования для вертикальных кассетно-конвейерных линий.

Для реконструкции и расширения действующих заводов круп-

нопанельного домостроения планируется поставка оборудования цехов по изготовлению объемных блоков для панельно-блочных домов. В промышленном строительстве найдут все большее применение новые комплекты оборудования непрерывного безопалубного и роликового формования. Применение гидропривода открывает возможность производства бетонных изделий из бетонных смесей повышенной жесткости. Для оперативных расчетов оптимальной структуры выпуска изделий в зависимости от потребности строительства и для регулирования технологических процессов приготовления бетонной смеси и ее твердения более широкое применение на заводах сборного железобетона найдет вычислительная техника. Шире начнут применяться для выполнения арматурных работ и формования железобетонных изделий роботы-манипуляторы и микропроцессорная техника. Обновление производства сборного железобетона на современной основе требует ускоренного развития машиностроительной базы, более рационального использования научных и конструкторских разработок. Внедрение фундаментальных достижений науки и техники на заводах железобетонных изделий и конструкций даст возможность значительно повысить производительность труда.

ЛИТЕРАТУРА

Материалы XXVII съезда Коммунистической партии Советского Союза. М., 1986.

Бауман В. А., Клушанцев Б. В., Мартынов В. Д. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. М., 1981.

Волков Л. А. Оборудование для производства арматуры железобетонных изделий. М., 1984.

Журавлев М. И., Фоломеев А. А. Механическое оборудование предприятий вяжущих материалов и изделий на базе их. М., 1983.

Колодзий И. И. Формование сборных железобетонных изделий и конструкций. М., 1983.

Машины и оборудование для производства сборного железобетона (отраслевой каталог)/ *Ф. А. Лапир, В. С. Нифонтов, Л. А. Волков* и др. М., 1983.

Справочник по производству сборных железобетонных изделий/ Под ред. *К. В. Михайлова, А. А. Фоломеева.* М., 1982.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
ГЛАВА 1. Основы теории обработки строительных материалов в машинах	6
1.1. Теории (законы) измельчения	6
1.2. Закономерности процессов грохочения и классификации	9
1.3. Кинетика смешения	13
1.4. Основы динамики вибрационных машин	15
1.5. Закономерности вибрационного формования бетонных смесей . .	20
1.6. Основы теории центрифугирования	27
1.7. Основы роликового формования	28
1.8. Общие закономерности прессования	30
1.9. Применение моделирования, планирования эксперимента и ЭВМ при оптимизации режима работы	34
ГЛАВА 2. Оборудование для дробления горных пород	38
2.1. Классификация дробилок	38
2.2. Щековые дробилки	38
2.3. Конусные дробилки	44
2.4. Дробилки ударного действия	48
2.5. Валковые дробилки	51
ГЛАВА 3. Машины для помола	53
3.1. Классификация мельниц	53
3.2. Барабанные мельницы	54
3.3. Вибрационные мельницы	60
3.4. Струйные мельницы	62
ГЛАВА 4. Машины и оборудование для классификации и обогащения нерудных строительных материалов	63
4.1. Оборудование для грохочения	63
4.2. Машины и оборудование для гидравлической классификации . .	70
4.3. Машины и оборудование для воздушной сепарации	72
4.4. Оборудование для обогащения	73
ГЛАВА 5. Дробильно-сортировочные заводы и установки	75
5.1. Классификация заводов и установок	75
5.2. Подбор и компоновка оборудования	75
ГЛАВА 6. Оборудование для очистки воздуха и газов от пыли ...	78
6.1. Классификация оборудования. Степень очистки	78
6.2. Пылеосадительные камеры	79
6.3. Циклоны	80
6.4. Тканевые рукавные фильтры	82
6.5. Электрофильтры	84
6.6. Установки для обеспыливания спецодежды	86

ГЛАВА 7. Комплекты оборудования технологических линий для производства железобетонных изделий	86
7.1. Технологические линии для производства железобетонных изделий	86
7.2. Комплект оборудования технологической линии для изготовления однослойных панелей наружных стен	91
7.3. Комплект оборудования технологической линии для изготовления многопустотных панелей перекрытий	94
7.4. Комплект оборудования для производства панелей перекрытий, внутренних стен и перегородок в кассетно-формовочных установках	95
7.5. Комплект оборудования для производства железобетонных изделий размером 3х6 м	97
7.6. Комплект оборудования для изготовления железобетонных изделий размером 3X12 м	98
7.7. Комплект оборудования технологической линии для производства железобетонных безнапорных труб способом центрифугирования	99
7.8. Комплект оборудования технологической линии для производства железобетонных безнапорных труб способом радиального прессования	100
7.9. Комплект оборудования технологической линии для изготовления железобетонных напорных труб	102
7.10. Комплект оборудования для производства изделий из ячеистого бетона	105
7.11. Комплект оборудования для производства сборных железобетонных изделий способом непрерывного формования	105
ГЛАВА 8. Бетонно-растворные заводы, цехи и установки	107
8.1. Классификация и технологические схемы заводов и установок	107
8.2. Оборудование складов цемента и заполнителей	112
8.3. Технические характеристики и компоновка оборудования бетонных заводов и установок	117
ГЛАВА 9. Дозаторы для сыпучих материалов и жидкостей	126
9.1. Типы дозаторов и области их применения	126
9.2. Циклические объемные дозаторы	127
9.3. Весовые дозаторы циклического действия	129
9.4. Весовые дозаторы непрерывного действия	136
9.5. Засыпные устройства	141
ГЛАВА 10. Бетонорастворосмесители	143
10.1. Классификация смесителей	143
10.2. Гравитационные бетоносмесители	145
10.3. Смесители принудительного действия	153
10.4. Смесители с горизонтальными смесительными валами	166
10.5. Растворосмесители с горизонтальными валами	169
ГЛАВА 11. Оборудование для транспортирования, подачи и укладки бетонных и растворных смесей	172
11.1. Классификация оборудования	172
11.2. Бадьи, раздаточные бункера, автобетопогрузочные машины и растворовозы и ленточные конвейеры	173
11.3. Бетонораздатчики и бетоноукладчики	178
11.4. Расчет бетонораздатчиков и бетоноукладчиков	197
11.5. Оборудование для транспортирования бетонных и растворных смесей по трубам	201
ГЛАВА 12. Машины и оборудование для правки, резки и гибки стержневой арматуры и арматурных сеток	204
12.1. Классификация оборудования. Виды арматурных сталей и изделий	204
12.2. Компоновка оборудования арматурного цеха	206
12.3. Правильно-отрезные станки	208
12.4. Станки для резки арматуры	219

12.5. Станки-автоматы для гибки стержневой арматуры	226
12.6. Станки для гибки арматурных сеток	230
ГЛАВА 13. Машины для контактной сварки арматурных стержней, сеток и каркасов	234
13.1. Классификация машин	234
13.2. Одноточечные сварочные машины	235
13.3. Многоточечные сварочные машины	235
13.4. Стыковсварочные машины	237
13.5. Подвесные сварочные машины	238
ГЛАВА 14. Автоматизированные линии, установки и машины для изготовления арматурных	
ссюк, закладных деталей и сборки объемных арматурных каркасов	240
14.1. Автоматизированные линии и оборудование для изготовления арматурных сеток	240
14.2. Установки и машины для сборки арматурных каркасов	246
14.3. Станки для изготовления закладных деталей	251
ГЛАВА 15. Оборудование для заготовки и натяжения арматуры предварительно	
напряженных железобетонных изделий	252
15.1. Оборудование для заготовки напрягаемой арматуры	252
15.2. Машины и установки для натяжения арматуры	255
15.3. Машины для непрерывной навивки (намотки) арматуры.....	258
ГЛАВА 16. Формы для изготовления железобетонных изделий.....	261
16.1. Классификация и конструкция форм	261
16.2. Направления совершенствования конструкций форм	274
ГЛАВА 17. Вибрационное оборудование для уплотнения бетонных смесей.....	276
17.1. Типы вибрационных уплотняющих машин и области их применения.....	276
17.2. Вибровозбудители общего назначения	279
17.3. Глубинные вибровозбудители	289
17.4. Виброплощадки с гармоническими вертикально направленными колебаниями	295
17.5. Резонансные виброплощадки с гармоническими горизонтально направленными	
колебаниями.....	305
17.6. Ударно-вибрационные площадки для уплотнения бетонных смесей.....	311
17.7. Импульсные установи и	317
17.8. Виброплощадки с пространственным движением рабочих механизмов	319
ГЛАВА 18. Механизированные линии и установки для производства бетонных и	
железобетонных изделий	320
18.1. Оборудование для радиального прессования железобетонных труб.....	320
18.2. Оборудование для центробежного проката железобетонных труб.....	320
18.3. Центрифуги для формования трубчатых железобетонных изделий.....	325
18.4. Установки для вибро-идропрессования железобетонных труб	330
18.5. Вибрационные установки для формования железобетонных труб и колец	334
18.6. Вибрационные установки для формования многопустотных плит.....	336
18.7. Кассетные формовочные установки	344
18.8. Конвейеры для производства сборного железобетона	347
18.9. Оборудование для непрерывного стандового формования железобетонных изделий	351
18.10. Установки для вибропрессования бетонных изделий	355
18.11. Оборудование для отделки, офактуривания и контроля изделий.....	358
Заключение	362
Литература	363
Предметный указатель	363

12.5. Станки-автоматы для гибки стержневой арматуры	226
12.6. Станки для губки арматурных сеток	230
ГЛАВА 13. Машины для контактной сварки арматурных стержней, сеток	
и каркасов	234
13.1 Классификация машин	234
132 Одноточечные сварочные машины.....	235
133. Многоточечные сварочные машины.....	235
13.4. Стыкосварочные машины	237
13.5. Подвесные сварочные машины	238
ГЛАВА 14 Автоматизированные линии, установки и машины для изготовления арматурных	
сеток, закладных деталей и сборки объемных арматурных каркасов,.....	240
14.1. Автоматизированные линии и оборудование для изготовления	
арматурных сеток закладных деталей и сборки объемных	
закладных каркасов.....	240
14.2. Установки и машины для сборки арматурных каркасов ..	246
14.3. Станки для изготовления закладных деталей.....	251
ГЛАВА 15. Оборудование для заготовки и натяжения арматуры предварительно	
напряженных железобетонных изделий	252
15.1. Оборудование для заготовки напрягаемой арматуры.....	252
15.2. Машины и установки для натяжения арматуры.....	255
15.3. Машины для непрерывной навивки (намотки) арматуры.....	258
ГЛАВА 16. Формы для изготовления железобетонных изделий	261
16.1. Классификация и конструкция форм.....	261
16. Направления совершенствования конструкций форм.....	274
ГЛАВА 17. Вибрационное оборудование для уплотнения бетонных смесей.....	276
17.1 Тисы вибрационных уплотняющих машин и области их применения.....	276
17.2. Вибровозбудители общего назначения.....	279
17.3. Глубинные вибровозбудители.....	289
17.4. Виброплощадки с гармоническими вертикально направленными	
колебаниями	295
17.5 Резонансные виброплощадки с гармоническими горизонтально	
направленными колебаниями	305
17.6. Ударно-вибрационные площадки для уплотнения бетонных смесей.....	311
17.7. Импульсные установки	317
17.8. Виброплощадки с пространственным движением рабочих механизмов.....	319
ГЛАВА 18. Механизированные линии и установки для производства бетонных и железобетонных	
изделий	520
18.1. Оборудование для радиального прессования железобетонных труб	320
18.2. Оборудование для центробежного проката железобетонных труб	324
18.3. Центрифуга для формования трубчатых железобетонных изделий	325
18.4. Установки для виброгидропрессования железобетонных труб.....	230
18.5. Вибрационные установки для формования железобетонных труб и колец.....	334
18.6. Вибрационные установки для формования многопустотных плит	336
18.7. Кассетные формовочные установки.....	344
18.8. Конвейеры для производства сборного железобетона....	347
18.9. Оборудование для непрерывного стандового формования железобетонных	
изделий.....	351
18.10. Установки для вибропрессования бетонных изделий.....	355
18.11. Оборудование для отделки, офактуривания и контроля изделий	358
Заключение.....	362
Литература.....	363