С-23

...яков

Основы гидромелиоративного строительства

Учебник

Ц-53
626.8

УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ
ДЛЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

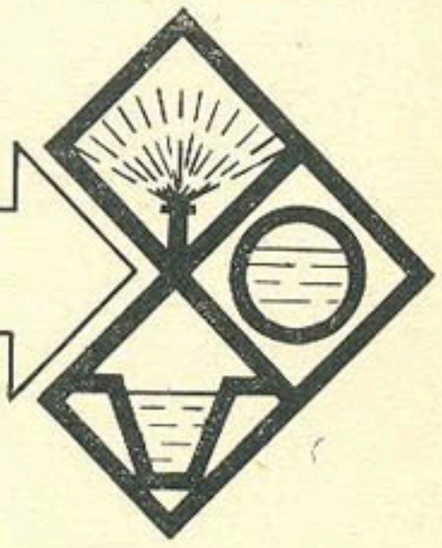
В.К.Синяков

Основы гидромелиоративного строительства

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

Искреннему другу
Духовному
Виктору
от автора
Синяк
13.08.86 г.

Москва Агропромиздат 1986



ББК 38.778
С38
УДК 626.8(075.8)

Рецензенты: *Е. Д. Томин*, профессор (Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова); *Х. А. Аскаров*, доцент (Ташкентский ордена Трудового Красного Знамени институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства)

Синяков В. К.

С 38 Основы гидромелиоративного строительства.— М: Агропромиздат, 1986.— 384 с., ил.— (Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений).

Описаны материалы и изделия, рекомендуемые для гидромелиоративного строительства, сырье для их производства, технология приготовления, основные строительно-технические свойства, область применения, способы транспортировки и хранения. Приведены общие сведения о зданиях и сооружениях гидромелиоративного назначения. Рассмотрены основы их проектирования и конструктивные элементы. Дана технология производства каменных, бетонных, железобетонных и гидроизоляционных работ.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Гидромелиорация».

С $\frac{3302000000-115}{035\,(01)-86}$ 133-85. ТП изд-ва «Стройиздат» ББК 38.778

© ВО «Агропромиздат», 1986

ПРЕДИСЛОВИЕ

В последовательной реализации Продовольственной программы нашей страны большое значение имеет дальнейшее комплексное развитие мелиорации. В проекте Основных направлений экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года намечено ввести за пятилетие в эксплуатацию за счет государственных капитальных вложений 3,3 млн. га орошаемых и 3,6 млн. га осушенных земель. В связи с этим возрастут объемы работ по устройству каналов разного порядка, плотин, дамб, оросительных и осушительных систем, дорог, промышленному и гражданскому строительству.

Решение всех этих задач должно основываться на самом широком внедрении в мелиорацию научно-технического прогресса в тесном сочетании с применением всех факторов интенсификации сельскохозяйственного производства. Так, для того чтобы выполнить намечаемые объемы работ, потребуется повысить уровень индустриализации в гидромелиоративном строительстве и степень заводской готовности строительных конструкций и изделий, шире внедрять блочно-комплектные насосные станции с заводским монтажом насосно-силового оборудования, провести реконструкцию и техническое перевооружение производственных баз, увеличить производство нерудных материалов, сборных бетонных и железобетонных изделий, напорных и низконапорных железобетонных труб, полимерных материалов, сборно-разборных зданий.

Техническое перевооружение и внедрение достижений науки и техники позволят увеличить выработку землеройных машин, повысить уровень механизации земляных, погрузочно-разгрузочных, бетонных, гидроизоляционных и отделочных работ.

При выполнении строительно-монтажных работ будут внедряться более прогрессивные строительные материалы, конструкции, проектные решения, коллективные формы организации и стимулирования труда, в том числе бригадный подряд, что позволит значительно сократить сроки строительства и повысить качество проектных разработок, строительных материалов и строительных работ.

В связи с этим потребуются высококвалифицированные инженерные кадры, которые смогли бы проектировать и строить различные здания и сооружения не только гидромелиоративного, но и сельскохозяйственного назначения, используя при этом достижения науки и техники. Будущие инженеры должны четко разбираться в современных строительных материалах и изделиях, строительстве зданий и сооружений водохозяйственного назначения, иметь общие представления о принципах и особенностях архитектурно-конструктивного проектирования, знать современные достижения в области использования комплексной механизации и автоматизации основных строительных процессов, обеспечивающих более высокую организацию и культуру производства. Только такой уровень знаний позволит им творчески подходить к выбору рациональных методов строительства.

Раздел I. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Глава 1. СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. Общие сведения

Строительные материалы характеризуются физическими, химическими, механическими, технологическими и другими свойствами.

Физические свойства: средняя, насыпная, истинная и относительная плотность, пористость, гигроскопичность, капиллярное всасывание, влажность, массовое и объемное водопоглощение, влагоотдача, водостойкость, стойкость к попеременному увлажнению и высыханию, водопроницаемость, теплопроводность, теплоемкость, линейная температурная деформативность, морозостойкость, огнеупорность, огнестойкость, газостойкость, звукопоглощаемость, звукопроводность, усадка, светостойкость.

Химические свойства: растворимость, диффузия, адгезия, когезия, вязкость, твердение, стойкость к агрессивной среде, атмосферостойкость, старение, горючесть, токсичность, контракция, стойкость против гниения.

Механические свойства: пределы прочности при сжатии, растяжении, изгибе, сдвиге, срезе, кручении, упругость, пластичность, хрупкость, жесткость, вязкость твердого тела, ползучесть, релаксация, усталость, ударная прочность, твердость, истираемость, износ.

Технологические свойства: удобоукладываемость, формуемость, дробимость, гвоздимость, укрываемость, теплоустойчивость, спекаемость, плавление, скорость затвердевания и высыхания.

Основные сведения о строительных материалах и изделиях, основные требования к их качеству и условия их применения излагаются в Строительных нормах и правилах (СНиП) и других нормативных документах. Требования к качеству материалов и изделий, методы их испытаний указываются в Государственных стандартах общесоюзного значения (ГОСТ), республиканских (РСТ) и

отраслевых (ОСТ) стандартах, в ведомственных (ВТУ) и межреспубликанских (МРТУ) технических условиях. Каждый нормативный документ, утверждаемый соответствующей организацией, обязателен для всех отраслей народного хозяйства. Он имеет номер, год утверждения и сведения о сроке его действия. Эти документы периодически обновляются с учетом изменения требований к материалам и изделиям, совершенствования технологии их изготовления и улучшения качества выпускаемой продукции.

Строительным материалам и изделиям, изготовленным промышленностью с высоким качеством, на основании результатов государственной аттестации присваивается государственный Знак качества, который ставится непосредственно на материале или изделии, на таре, упаковке, а также в сопроводительной документации.

Свойства строительных материалов определяют по специально отобранным пробам и образцам или непосредственно в конструкциях методами, указанными в соответствующих ГОСТах, инструкциях и других нормативных документах.

Строительные материалы характеризуются не только строительно-техническими свойствами, но также показателями надежности, экономичности, эстетичности и др.

2. Физические и химические свойства материалов

Средняя плотность ρ_0 — масса m единицы объема V_1 абсолютно сухого (если требует ГОСТ) материала в естественном состоянии (объем берется вместе с порами, пустотами, трещинами, газовоздушными включениями и т. п.); она выражается в г/см³, кг/л, кг/м³. По средней плотности можно судить о прочности, теплотехнических, звукоизоляционных и других свойствах материала.

Насыпная плотность сыпучих материалов $\rho_н$ — масса m единицы объема $V_н$ просушенного (если требует ГОСТ) свободно насыпанного материала; она выражается в г/см³, кг/л, кг/м³.

Истинная плотность ρ — масса m единицы объема V материала в абсолютно плотном состоянии (объем берется без пор и пустот); она выражается в г/см³, кг/л, кг/м³.

Относительная плотность P (%) — степень заполнения объема материала твердым веществом; она характеризуется отношением общего объема твердого вещества V в материале ко всему объему материала V_1 или отношением средней плотности материала ρ_0 к его истинной плотности ρ:

$$P = (V/V_1)\,100, \text{ или } P = (\rho_0/\rho)\,100. \quad (1.1)$$

Пористость $П$ — степень заполнения объема материала порами, пустотами, газовоздушными включениями:

для твердых материалов

$$П = [(\rho - \rho_0)/\rho]\,100; \quad (1.2)$$

для сыпучих материалов

$$П = [(\rho - \rho_н)/\rho]\,100. \quad (1.3)$$

По пористости можно судить о средней плотности материала, его прочности, водопоглощении, теплопроводности и др. Пористость выражается в процентах и колеблется от 0 (кварц) до 95% (минеральная вата).

Следует различать открытую и закрытую пористость. Открытая пористость характеризуется объемом открытых пор в виде сети капилляров, каналов и трещин, сообщающихся между собой и с поверхностью материала. Закрытая пористость характеризуется наличием в теле материала замкнутых пор и воздушных включений, не сообщающихся между собой.

Открытую пористость $П_0$ (%) определяют путем водонасыщения с использованием формулы

$$П_0 = [(m_н - m)/(m_н - m_ж)]\,100, \quad (1.4)$$

где $m_н$ — масса водонасыщенного образца, г; $m_ж$ — масса абсолютно сухого образца, г; $m_ж$ — масса водонасыщенного образца в воде при гидростатическом взвешивании, г.

По открытой пористости материала можно судить о его морозостойкости, водопроницаемости и т. д. На эти свойства в значительной степени влияет не только сама величина открытой пористости, но и размер пор, их распределение в теле материала (особенно важен этот показатель для гидротехнического бетона).

Строительные материалы при хранении, транспортировке и эксплуатации в сооружениях часто подвергаются воздействию водяных паров и воды. В результате они разрушаются, теряют свою активность, прочность, морозостойкость и т. д. Увлажненные материалы тяжелее и более теплопроводны, чем сухие.

Гигроскопичность — способность материала поглощать влагу (воду) из окружающей среды (сорбировать) и сту-

щать ее (концентрировать) в массе материала. Степень гигроскопичности зависит от величины открытой пористости, формы и размеров пор. К гигроскопичным материалам относят древесину, вяжущие материалы, шлакобетон, пено- и газобетон и др. Гигроскопичность влияет на физико-механические свойства материалов. Для защиты пористых материалов от проникания в них влаги их поверхность следует покрывать гидроизоляционными материалами (битумом, красками, лаками и др.), использовать гидрофобизацию.

Капиллярное всасывание — способность пористого материала при контакте с водой впитывать влагу и поднимать ее по капиллярам вверх. При этом влажность материала в различных сечениях по его высоте будет неодинаковой из-за разного сечения капилляров. Капиллярный подъем происходит под действием сил поверхностного натяжения, возникающих на границе раздела твердой и жидкой фаз (сред).

Высоту поднятия воды в капиллярах определяют по выражению

$$h = 2\sigma \cos\theta/(9{,}81 r \rho_в), \qquad (1.5)$$

где σ — поверхностное натяжение; θ — краевой угол смачивания; r — радиус капилляра; $\rho_в$ — истинная плотность воды.

Объем воды, поглощенной материалом, находят по формуле

$$V = \sqrt{\xi t}, \qquad (1.6)$$

где ξ — константа всасывания; t — время.

Влажность $W(\%)$ — отношение массы воды в материале $m_в = m_1 - m$ — к массе его в абсолютно сухом состоянии m:

$$W = [(m_1 - m)/m]\,100. \qquad (1.7)$$

Водопоглощение B характеризует способность материала при непосредственном соприкосновении с водой впитывать и удерживать ее в своей массе. Различают массовое $B_м$ и объемное B_0 водопоглощение. Массовое водопоглощение (%) — отношение массы поглощенной материалом воды $m_в$ к массе материала в абсолютно сухом состоянии m:

$$B_м = (m_в/m)\,100. \qquad (1.8)$$

Объемное водопоглощение (%) — отношение объема поглощенной материалом воды $m_в/\rho_в$ к его объему в водонасыщенном состоянии V_2:

$$B_0 = [m_в/(\rho_в V_2)]\,100. \qquad (1.9)$$

Влагоотдача — способность материала отдавать влагу. Характеризуется скоростью высыхания материала, то есть объемом воды, теряемой материалом в сутки при относительной влажности окружающего воздуха $\varphi = 60\%$ и нормальной температуре $t = 20 \pm 2°C$.

Бетонные и асфальтобетонные покрытия, а также стеновые материалы благодаря хорошей влагоотдаче быстро высыхают. У многих материалов по мере их высыхания восстанавливаются средняя плотность, теплопроводность, прочность и другие свойства.

Водостойкость — способность материала сохранять свои прочностные свойства в условиях полного водонасыщения. Водостойкость характеризуется коэффициентом размягчения

$$K_{рз} = R_{нас}/R_{сух}, \qquad (1.10)$$

где $R_{нас}$ и $R_{сух}$ — предел прочности при сжатии материала соответственно в водонасыщенном и воздушно-сухом состоянии.

Коэффициент размягчения изменяется от 0 (полностью размокающие материалы — глина) до 1 (абсолютно плотные неразмокающие материалы — битум, сталь).

Если коэффициент размягчения природных и искусственных каменных материалов меньше 0,8, их нельзя применять при строительстве конструкций, работающих в воде и сырых местах.

Стойкость материала к попеременному увлажнению и высыханию в условиях гидромелиоративного строительства имеет большое значение. Для некоторых материалов этот фактор является весьма существенным, так как он в значительной степени влияет на долговечность сооружения.

Водопроницаемость [г/(м·ч·Па)] — способность материала пропускать через свою толщу воду. Степень водопроницаемости характеризуют коэффициентом фильтрации $k_ф$. Коэффициент фильтрации — это количество воды $V_в\rho_в$, прошедшей за время $t = 1$ ч через образец площадью $S = 1$ м² и толщиной $a = 1$ м при разности давлений $\Delta p = 133{,}3$ Па:

$$k_ф = V_в a \rho_в/(S \Delta p t). \qquad (1.11)$$

Степень водопроницаемости материала зависит не столько от общей пористости, сколько от открытой пористости. Обычно $k_ф$ выражают в единицах скорости (м/сут, м/с).

Строительные материалы, имеющие в своей массе только замкнутые поры, а также абсолютно плотные материалы считают водонепроницаемыми.

Теплопроводность λ [Вт/(м·°С)] — способность материала передавать тепло через свою толщу. Она характеризуется количеством тепла, которое проходит через материал толщиной 1 м за 1 ч при разности температур на противоположных поверхностях 1°С. Для каменных материалов можно определить теплопроводность по эмпирической формуле, связывая ее со средней плотностью ρ_0:

$$\lambda = 1{,}16\sqrt{(0{,}0196 + 0{,}22)\,\rho_0^2} - 0{,}16. \qquad (1.12)$$

Теплопроводность материала зависит от его строения, пористости, влажности и состава. Ее используют в расчетах при назначении толщины наружных ограждающих конструкций (стен, покрытий), толщины теплоизоляционной засыпки на чердачных перекрытиях и в других случаях.

Теплоемкость — свойство материала поглощать при нагревании определенное количество тепла. Ее характеризуют удельной теплоемкостью, которая равна количеству тепла в джоулях, необходимого для нагревания 1 кг данного материала на 1°С. Теплоемкость особенно необходима при расчете подогрева материалов, применяемых при выполнении каменных, бетонных и железобетонных работ в зимнее время.

Линейная температурная деформативность — способность материала расширяться при нагревании. Ее характеризуют коэффициентом линейного расширения, который показывает, на какую долю первоначальной длины расширяется материал при повышении его температуры на 1°С. Это свойство имеет важное значение при назначении места устройства температурно-конструктивных деформационных швов в бетонных облицовках каналов, в гидротехнических сооружениях, зданиях большой протяженности и др. Близкие значения коэффициента линейного расширения строительных сталей и бетона позволили создать весьма конструктивный и прочный материал — железобетон.

Морозостойкость — способность насыщенного водой материала противостоять разрушающему действию замерзающей в его порах и трещинах воды при многократном попеременном замораживании и оттаивании (вода при замерзании увеличивается в объеме до 15%). Образцы

материала замораживают в воздушной среде при температуре от минус 15 до минус 20°С (в некоторых случаях до минус 50°С), а оттаивают в воде при температуре от 15 до 20°С. Морозостойкими считают те материалы, которые после установленного для них числа циклов попеременного замораживания и оттаивания не имеют признаков растрескивания, крошения, расслоения, теряют не более 5% массы и не понижают предела прочности при сжатии более чем на 25% (бетон 15%). Марки материалов по морозостойкости: Мрз 10, Мрз 15, Мрз 25, Мрз 35, Мрз 50, Мрз 100, Мрз 150, Мрз 200, Мрз 300 и т. д. (цифры определяют число циклов замораживания и оттаивания).

Огнеупорность характеризует способность строительных материалов противостоять длительному воздействию высоких температур без признаков разрушения и размягчения. По стойкости к высоким температурам строительные материалы подразделяют на огнеупорные, тугоплавкие и легкоплавкие. Огнеупорные выдерживают длительное воздействие температуры 1 580°С и выше, не размягчаясь и не деформируясь. К ним относится шамот, который используют для внутренней облицовки промышленных печей и труб. Тугоплавкие размягчаются при температуре в пределах 1 350...1 580°С. К таким материалам относятся используемые при кладке печей тугоплавкий гжельский белый кирпич и шамотный кирпич. Легкоплавкие размягчаются при температуре ниже 1 350°С (стекло).

Огнестойкость характеризуется степенью огнестойкости, по которой строительные материалы делят на несгораемые, трудносгораемые и сгораемые. Несгораемые не воспламеняются, не тлеют и не обугливаются под действием огня или высоких температур. Некоторые несгораемые материалы при пожаре сильно деформируются (гранит, металл и др.). Трудносгораемые с трудом воспламеняются, тлеют или обугливаются под действием огня или высоких температур (асфальтобетон и др.). Сгораемые горят открытым пламенем (дерево, бумага и др.).

Газостойкость характеризует способность материала не вступать во взаимодействие с газами, входящими в состав окружающей среды. При проникании газа в поры и трещины материала в результате их взаимодействия может происходить разрушение материала.

Звукопоглощаемость — способность материала поглощать звуковую энергию. Она зависит от строения материала (пористости), состояния его поверхности, толщины

За единицу звукопоглощения принимают поглощение звука 1 м² открытого окна. При открытом окне звук поглощается полностью и отражения его не происходит. Плохо поглощают звук материалы с гладкой поверхностью, хорошо — с шероховатой или пористой поверхностью (шлаковата, войлок и т. п.).

Звукопроводность — способность материала передавать шум и звук через свою толщу. Хорошо передают звук материалы большой плотности, прочности и упругости. Пористые и рыхлые материалы имеют незначительную звукопроводность. Уровень звуковой мощности измеряют в децибелах (дБ).

Растворимость — способность материала растворяться в жидкостных средах (воде, растворителях, масле, бензине и т. д.). Это свойство является положительным при изготовлении красочных составов, мастик, эмульсий и т. п. и отрицательным, когда материал, растворяясь, подвергается разрушению.

Диффузия — способность взаимного проникания соприкасающихся веществ друг в друга вследствие теплового движения частиц вещества (в газах, жидкостях и твердых телах). В процессе диффузии происходит равномерное распределение вещества по всему занимаемому им объему. Наиболее быстро диффузия происходит в газах, медленнее — в жидкостях, еще медленнее — в твердых телах. Диффузионное проникание веществ зависит от коэффициента диффузии (м²/с).

Адгезия — свойство одного материала прилипать к поверхности другого. Обычно адгезия характеризует вяжущее или клеящее свойство жидкости.

Когезия — связь (сцепление) между находящимися в контакте поверхностями двух однородных по составу (твердых или жидких) тел (фаз).

Вязкость — свойство жидкостей оказывать сопротивление перемещению одной их части относительно другой. Степень вязкости жидких или полужидких материалов определяется силами молекулярного притяжения и зависит от температуры и давления (с понижением температуры и повышением давления вязкость возрастает).

Твердение — свойство материала затвердевать (переходить из пластичного состояния в твердое) в результате физико-химических или химических процессов. Бетонная смесь в процессе твердения превращается в искусственный камень — бетон.

Стойкость к агрессивной среде — способность материала противостоять агрессивным водным средам (морской, минерализованной и другой воде). Эта стойкость очень важна в гидромелиоративном строительстве, где часто встречаются минерализованные оросительные, осушительные и грунтовые воды.

Атмосферостойкость — способность материалов при эксплуатации сопротивляться воздействию окружающей атмосферной среды. Особенно агрессивное воздействие на строительные материалы (бетон, каменные материалы, металл и др.) оказывают вредные газы, выделяемые промышленными предприятиями, а также котельными отопительных систем, автомобилями, двигателями внутреннего сгорания, электростанциями и др.

Увлажнение материала вследствие химических процессов происходит при взаимодействии различных соединений (CaO, $MgCl_2$, $CaCl_2$ и др.), входящих в состав материала (обычно при гигроскопическом увлажнении). Например, известковые растворы продолжительное время остаются на воздухе во влажном состоянии, несмотря на интенсивное испарение из них влаги. Этот процесс происходит вследствие того, что строительная известь постепенно поглощает двуокись углерода, содержащуюся в воздухе, вызывая увлажнение раствора.

3. Механические свойства материалов

Прочность строительных материалов имеет решающее значение для конструкций зданий и сооружений, особенно несущих. Материалы должны выдерживать напряжения, возникающие в процессе строительства и эксплуатации конструкций, поэтому необходимо знать механические свойства материалов, определяющие их способность к деформациям.

При действии внешних статических и динамических нагрузок, температурных перепадов и других факторов (усадка, деформации и т. п.) строительные материалы испытывают различные напряжения: сжатие, растяжение, изгиб, срез, кручение и т. д. Напряжение, соответствующее нагрузке, при которой происходит разрушение материала, называют пределом прочности и выражают в Па, МПа (в некоторых нормативных документах в кгс/см² $\approx$ $\approx 10^5$ Па).

Для установления пределов прочности материалов изготовляют образцы определенной формы и размеров в соответствии с требованиями ГОСТ.

Предел прочности при сжатии R — отношение разрушающей нагрузки P (Н) к площади сечения образца F (см²). Он зависит от размеров образца, скорости приложения нагрузки, формы образца, влажности, относительной плотности и других факторов. Хорошо работают на сжатие каменные материалы, бетон, древесина, металл и т. п.

Предел прочности при растяжении $R_р$ — отношение разрушающей нагрузки P к первоначальной площади сечения образца F. Растягивающие усилия хорошо воспринимают металлы, полимеры и т. п.

Предел прочности при изгибе $R_и$ определяют на специально изготовленных балочках. Схема приложения нагрузки к балочке зависит от вида строительного материала и размеров испытываемых образцов — балочек.

Прочностные свойства строительных материалов в значительной степени зависят от их структуры, качества и других факторов, поэтому их теоретическая прочность превышает фактическую на несколько порядков. Например, прочность цементного камня находится в прямой зависимости от степени гидратации цемента (фактор, влияющий на его структурообразование):

$$R_{ц.к} = R_ц \alpha^n, \qquad (1.13)$$

где $R_ц$ — активность цемента, при полной его гидратации равная 238 МПа; α — степень гидратации цемента (обычно $\alpha = 0{,}5 \ldots 0{,}6$); n — степенной показатель, равный в данном случае 3.

Поэтому фактическая прочность цементного камня значительно ниже теоретически возможной.

Материалы, изделия и конструкции при наличии нагрузок, температурных перепадов и других воздействий деформируются, изменяя свои размеры. В этих условиях наблюдается два вида деформаций: упругие — когда после снятия напряжений материал возвращается к своим первоначальным размерам и форме (каучук, дерево, резина) и пластические — материал после снятия напряжений навсегда остается в деформированном состоянии (сырая глина, бетонная смесь). Относительная деформация ε характеризуется отношением абсолютной деформации материала Δl к его первоначальному линейному размеру l.

Материалы, не способные под действием нагрузки изменять свою форму без образования трещин, называют хрупкими. Они разрушаются при очень малых деформациях (стекло).

Жесткость — свойство материала давать небольшие упругие деформации (металл, железобетон). Степень жесткости определяется модулем продольной упругости E (модуль Юнга) — отношением одноосного напряжения σ к относительной деформации ε (Па):

$$E = \sigma/\varepsilon. \qquad (1.14)$$

Вязкость твердого тела — свойство твердых тел под воздействием внешних сил необратимо поглощать механическую энергию при пластической деформации.

Ползучесть — медленно нарастающая во времени пластическая деформация незначительной величины, изменяющая размеры изделий и конструкций при длительно приложенных нагрузках (металлы, пластмассы).

Релаксация — медленное уменьшение напряжений в материале вследствие постепенного нарастания пластической деформации в процессе длительного воздействия на материал напряжений (металл, бетон, железобетон).

Усталость — неожиданное разрушение материала при действии на него знакопеременных напряжений, возникающих от его сжатия и расширения, значительно меньших его пределов прочности (бетон).

Ударная прочность (динамическая) — способность материала не разрушаться и не давать трещин при ударе (резина, пластобетоны).

Твердость — способность материала (металлов, бетона, древесины) сопротивляться прониканию в него под постоянной нагрузкой стального шарика или алмазного конуса. Глубина вдавливания шарика (конуса) в материал или диаметр полученного отпечатка характеризует твердость. В бетонных конструкциях существует определенная связь между твердостью и прочностью. Чем выше марка (прочность) гидротехнического бетона, тем выше его твердость.

Истираемость характеризуют потерей первоначальной массы и объема образца материала, подвергаемого истиранию другим материалом. Достаточно стойки к истиранию диабаз, пластобетоны, бетонные дорожные плиты, керамические плитки.

Износ — свойство материала изменять массу и объем при одновременном воздействии трения (истирания) и удара.

Физико-механические характеристики строительных материалов определяют в соответствии с методическими указаниями (ГОСТ, ТУ, ВТУ и др.). В настоящее время в строительной практике используют неразрушающие методы определения основных строительно-технических свойств материалов, основанные на физических методах. К неразрушающим (физическим) методам относятся радиационный, резонансный, ультразвуковой импульсный, электромагнитный и некоторые механические методы.

Радиационный метод применяют при определении средней плотности и влажности строительных материалов. Для этой цели используют поверхностные гамма-плотномеры и нейтронные влагомеры (ПНВ).

Принцип работы поверхностного гамма-плотномера основан на явлении ослабления и рассеивания материалом гамма-излучения радиоактивного изотопа. Среднюю плотность материала определяют по прилагаемому к прибору градуированному графику зависимости «средняя плотность — показания прибора» или непосредственно по шкале прибора, отградуированной в единицах средней плотности.

Влажность определяют нейтронным влагомером, принцип работы которого основан на явлении рассеивания и замедления нейтронов ядрами водорода воды, содержащейся в материале. Источник нейтронного излучения располагают на поверхности материала или заглубляют в его толщу. Влажность материала находят по тарировочному графику зависимости «объемная влажность — скорость счета импульсов». Тарировочную кривую строят по результатам лабораторных определений на контрольных образцах материала различной влажности.

Для одновременного измерения средней плотности и влажности материала применяют совмещенный радиоизотопный плотномер-влагомер, объединяющий одновременно гамма- и нейтронный методы.

Резонансный метод основан на измерении частоты собственных продольных колебаний образцов испытываемого материала, а также затухания этих колебаний в образце. По частоте собственных колебаний образца можно определить модуль упругости данного материала, а по затуханию колебаний — его вязкость. Испытание резонансным методом проводят с помощью специальных установок, со-

стоящих из систем возбуждения (генератор звуковых частот и возбудитель механических колебаний) и приема (приемник механических колебаний, усилитель и индикатор).

Ультразвуковой импульсный метод основан на зависимости скорости распространения ультразвука в материале от его физико-механических характеристик. Измеряя скорость распространения ультразвука в теле материала, можно дать качественную оценку его: установить дефекты в теле материала, глубину имеющихся в нем трещин, определить пористость, прочность и другие характеристики.

При ультразвуковом методе прочностные характеристики материала определяют по тарировочному графику зависимости «скорость ультразвука — прочность», который строят по результатам лабораторных определений скорости распространения ультразвука в образцах из данного материала и по их пределу прочности при сжатии, полученному путем раздавливания испытываемых образцов.

Для измерения продолжительности распространения через материал переднего фронта продольной ультразвуковой волны применяют способы сквозного и поверхностного прозвучивания — продольного профилирования. При сквозном прозвучивании ультразвуковые преобразователи устанавливают с противоположных сторон образца, изделия или конструкции, при поверхностном — с одной стороны. Поверхностное прозвучивание применяют при испытании изделий и конструкций, имеющих большие геометрические размеры и невозможный двухсторонний доступ к ним.

При измерении скорости распространения ультразвука методом продольного профилирования приемный преобразователь устанавливают последовательно на ряд позиций, расположенных на линии, соединяющей центры установки приемного и излучающего преобразователей.

При установке преобразователей с одной стороны исследуемого образца, изделия или конструкции скорость распространения ультразвука измеряют по способу его отражения.

Электромагнитный метод применяют для определения толщины защитного слоя бетона, диаметра арматуры и ее предварительного напряжения. В основу этого метода положен закон электромагнитной индукции.

Метод пластической деформации основан на вдавливании бойка молотка в поверхность исследуемого материала

с последующим измерением геометрических размеров вмятины. Кроме молотков, для определения прочности материала применяют гидравлические штампы, дисковые приборы. Прочность материала с помощью этих приборов определяют по тарировочному графику зависимости «размер отпечатка — прочность», который строят по результатам определения этой зависимости на специальных образцах.

Метод упругого отскока основан на определении размера отскока бойка, который ударяет по поверхности материала с постоянной силой. Чем больше размер упругого отскока, тем выше прочность материала.

Метод испытания на отрыв заключается в отрыве стального диска, предварительно приклеенного эпоксидным клеем к зачищенной поверхности материала (бетона). При отрыве вместе с диском отрывается часть материала. Прочность материала определяют по тарировочной зависимости «напряжение отрыва — прочность».

Метод испытания на отрыв со скалыванием основан на определении прочности по усилию, необходимому для отрыва и скалывания части материала с изделия или конструкции. Для этой цели в тело свежеуложенного бетона закладывают вырывной стержень, который после затвердевания и набора прочности бетона (в заданный срок) вырывают. При этом методе можно использовать также разжимной конус, который вставляют в пробуренный шпур, а затем вырывают. Прочность бетона определяют по тарировочной зависимости «усилие отрыва — прочность».

Глава 2. ПРИРОДНЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

4. Общие сведения

В качестве природных каменных материалов в строительстве используют горные породы, обладающие необходимыми строительными свойствами.

При добыче горных пород в карьерах проводят вскрышные работы, пробивают штольни, шахты, наклонные ходы. В процессе производства щебня и искусственного песка в карьере выполняют следующие операции: бурение скважин, их очистку, закладку взрывчатки, взрывные работы,

дробление негабаритных камней, погрузку и транспортировку камня на камнедробильный участок, дробление камня на фракции, фракционирование щебня и искусственного песка, складирование по фракциям, доставку готовой продукции на строительство. При добыче бутового камня состав операций значительно проще. Это — бурение скважин, их очистка, закладка взрывчатки, взрывные работы, дробление негабаритных камней, доставка готового бутового камня на строительство. При производстве штучных камней и изделий из камня технологический состав операций сложнее и состоит из бурения скважин для отделения камней больших размеров от горных массивов, колки камней на изделия, их околки и распиловки, обработки поверхности камней (обтеска, шлифование, полирование и др.), складирования готовой продукции, доставки штучных камней и изделий из камня на строительство. Для вырезки блоков из туфа, травертина, мрамора, мраморовидных известняков и других пород камня непосредственно в горном массиве применяют камнерезные машины. Базовый камнефрезерный станок БКС используют для обработки штучных стеновых и бордюрных камней различных пород.

Для дробления камня на щебень и песок применяют стационарные или передвижные щековые, конусные, короткоконусные и роторные камнедробильные установки. Сортировку продукции с разделением на фракции осуществляют с помощью грохотов — колосниковых виброгрохотов для первичного грохочения, вибрационных и эксцентриковых грохотов, виброгрохотов для отсева песка, барабанных грохотов.

5. Классификация и основные виды горных пород

Свойства горных пород отражены в геологической классификации, которая учитывает условия образования, строение и свойства их. По геологической классификации горные породы подразделяют на три типа: изверженные (первичные), осадочные (вторичные) и метаморфические (видоизмененные).

Изверженные (первичные) горные породы образовались при остывании поднимавшихся из глубин земли расплавленных магм, многообразных по составу. Строение и свойства изверженных горных пород в значительной сте-

пени зависят от условий остывания магмы, в связи с чем эти породы подразделяют на глубинные и излившиеся.

Глубинные (интрузивные) породы образовались при медленном остывании магмы в глубине земной коры при больших давлениях вышележащих слоев земли, что способствовало формированию пород с плотной зернисто-кристаллической структурой, большой средней плотностью, высоким пределом прочности при сжатии, небольшим пределом прочности при растяжении, достигающим обычно до $^1/_{40}$ предела прочности при сжатии. Эти породы обладают малым водопоглощением, высокой морозостойкостью, мало истираются, хорошо поддаются обработке — обтесываются, шлифуются, полируются. К этим породам относят гранит, сиенит, диорит, габбро и др.

Гранит содержит в своем составе 40...70% полевого шпата, 20...40% кварца и 5...15% слюды. Цвет его зависит от цвета полевого шпата — серый, голубовато-серый, темно-красный, красный, розовый. Средняя плотность 2 500...2 700 кг/м³, водопоглощение до 0,9%, предел прочности при сжатии 230...300 МПа. При высоких температурах (пожаре) гранит растрескивается вследствие значительного увеличения объема кварца. Гранитные плиты и блоки используют для облицовки наружных частей зданий и сооружений, набережных, устоев мостов и плотин, тоннелей и др. Кроме того, гранитные плиты применяют для устройства полов, ступеней и дорожных покрытий. Как бутовый камень гранит используют в строительстве, когда нет другого, более дешевого каменного материала. Гранитный щебень и гравий считают наилучшими.

Сиенит отличается от гранита тем, что он не содержит кварца. Сиенит состоит из полевого шпата (до 70%), роговой обманки (до 20%) и других минералов (до 10%). Цвет сиенита белый, сероватый, желтоватый, фиолетовый и красный. Средняя плотность 2600...2800 кг/м³, предел прочности при сжатии 150...250 МПа. Стойкость против выветривания у сиенита ниже, чем у гранита. Сиенит имеет то же применение, что и гранит.

Диорит состоит в основном из кварца, полевого шпата и слюды. Окраску ему придает полевой шпат; при большом содержании роговой обманки диорит имеет темно-зеленый цвет. Средняя плотность 2 800...2 900 кг/м³, предел прочности при сжатии 180...240 МПа. Диорит применяют как облицовочный материал.

Габбро состоит из полевых шпатов (до 50%), авгита и оливина. Цвет темный — от темно-серого и темно-зеленого до черного. Средняя плотность 2 800...3 000 кг/м³, предел прочности при сжатии 150...300 МПа. Используют габбро как облицовочный материал и для получения щебня. Для облицовки монументальных зданий и сооружений чаще всего используют разновидность габбро — лабрадорит, который после полировки имеет красивый вид с ярко-голубыми, ярко-синими, ярко-зелеными, ярко-фиолетовыми и ярко-золотистыми переливами.

Излившиеся (эффузивные) породы образовались в процессе выхода магмы на земную поверхность при сравнительно быстром и неравномерном охлаждении. Наиболее распространенными излившимися породами являются порфир, диабаз, базальт, вулканические рыхлые породы и вулканический туф, туфовая лава.

Порфир — порода, в которой в мелкозернистую или стекловидную массу черного, темно-коричневого или розового цвета вкраплены крупные зерна полевого шпата, кварца и других минералов. Средняя плотность 2 800—2 900 кг/м³, предел прочности при сжатии 150...250 МПа. Порфир используют как облицовочный материал, но из-за трудности его обработки (неравномерность вкраплений крупных зерен, хрупкость основной стекловидной массы) он имеет ограниченное применение.

Диабаз — плотная порода темного, иногда зеленого цвета, со средней плотностью 2 900...3 300 кг/м³, с высоким пределом прочности при сжатии — до 450 МПа и высокой ударной вязкостью. Диабаз сравнительно легко раскалывается на куски правильной формы, поэтому его широко используют при получении высококачественной брусчатки для мощения дорог, а также блоков для строительства подземных и гидротехнических сооружений.

Базальт — плотная, тяжелая, темная, почти черная порода, состоящая из полевого шпата, авгита и вулканического стекла. Средняя плотность 3 000...3 300 кг/м³, предел прочности при сжатии 100...500 МПа. Базальт очень трудно поддается обработке, поэтому его используют главным образом в виде щебня для приготовления бетонной смеси, для мощения откосов гидротехнических и транспортных сооружений. Реже базальт используют в виде облицовочных плит и блоков.

Диабаз и базальт плавятся при температуре 1 300... 1 350°С и служат хорошим сырьем для получения ка-

менного литья (плиты, трубы и т. п.) с очень высоким пределом прочности при сжатии (до 800 МПа).

Вулканические рыхлые породы образовались в результате выбрасывания вместе с газом в раздробленном твердом или в расплавленном состоянии отдельных кусков лавы. Они имеют пористое стекловатое строение и небольшую среднюю плотность. Порошкообразные частицы этих пород называют вулканическим пеплом, более крупные частицы (до 5 мм) — вулканическим песком, еще более крупные (более 5 мм) — пемзой. Вулканический пепел, измельченный вулканический песок и пемзу применяют в качестве активных добавок к извести и цементу. Эти добавки придают извести свойство твердеть в воде, а у цементов повышают стойкость в минерализованных водах. Пемзу используют как абразивный материал при отделочных работах, в качестве теплоизоляционной засыпки и сырья для производства легкого заполнителя бетонов.

Вулканический туф образовался в процессе уплотнения и цементации природным цементом вулканических пеплов и песков. Он имеет пористую структуру, среднюю плотность 750...1 400 кг/м³, предел прочности при сжатии 6...30 МПа, относительную плотность 0,30...0,54, теплопроводность меньшую, чем у обычного кирпича. Туф обладает хорошей морозостойкостью. Применяют его в виде стеновых камней, крупных стеновых блоков, а также как заполнитель для легкого бетона.

Туфовая лава образовалась при извержении магмы в тот период, когда к жидкой вулканической лаве примешивалось значительное количество вулканических пеплов и песков. Она имеет бóльшую пористость, легко обрабатывается.

Осадочные (вторичные) горные породы образовались из первичных (изверженных) горных пород под воздействием температурных перепадов, солнечной радиации, действием воды, атмосферных газов, жизнедеятельности организмов и др. В связи с этим осадочные горные породы подразделяют на обломочные (рыхлые и сцементированные), химические и органогенные.

Обломочные рыхлые горные породы образовались в результате механического осаждения продуктов выветривания первичных (изверженных) горных пород. К ним относят гравий, щебень, песок, глину. Эти породы имеют наибольшее применение в строительстве. Частицы крупнее

5 мм с окатанной формой зерен называют гравием, а с шероховатой остроугольной поверхностью — щебнем. Частицы размером 0,14...5 мм называют песком, а менее 0,14 мм — пылью, глиной.

Обломочные сцементированные горные породы образовались в результате уплотнения и цементации осадочных рыхлых горных пород природными вяжущими. К обломочным сцементированным горным породам относят песчаник, конгломерат, брекчию.

Песчаник состоит из кварцевых зерен, связанных между собой цементирующим природным веществом. Наиболее прочен кремнистый песчаник. Средняя плотность 2 400...2 700 кг/м³, предел прочности при сжатии 100...300 МПа. Многообразие расцветок и доступность обработке позволяют использовать песчаник в виде декоративного материала. Песчаник широко применяют в виде тесаных камней, блоков, плит, бутового камня и щебня.

Конгломерат — сцементированные в монолит природными цементирующими веществами отдельные окатанные частицы песка и гравия. В основном его применяют для производства облицовочных плит.

Брекчия — конгломерат, в монолите которого сцементированы крупные (более 1 см) частицы, имеющие не окатанную, а остроугольную форму (щебень). Имеет то же применение, что и конгломерат.

Химические осадочные горные породы образовались в результате растворения первичных горных пород и последующего выпадения из растворов химических соединений. К этим породам относят известняк, доломит, гипс, ангидрит.

Известняк — малопористая порода, состоящая из углекислого кальция $CaCO_3$ с примесью глины, кварца и т. п. В зависимости от содержания глины различают чистый известняк, мергелистый известняк, известковый мергель, мергель, глинистый мергель, мергелистую глину. Содержание глины и других примесей определяют цвет известняка. Обычно он имеет цвет от белого, желтоватого до бурого. Средняя плотность известняка до 2 600 кг/м³, предел прочности при сжатии до 250 МПа. Из плотных известняков изготовляют бут, щебень, стеновые камни и блоки для неотапливаемых зданий, облицовочные плиты и блоки, ступени, плиты для полов, тесаные камни для сухой кладки. Известняк широко используют при производстве известковых вяжущих и портландцемента.

Доломит — порода желтого, белого и серого цвета. Средняя плотность 2 400...2 800 кг/м³, предел прочности при сжатии 100...200 МПа. Применяют доломит для изготовления стеновых камней и блоков, щебня и др.

Гипс — мягкая и сравнительно легко растворимая в воде порода. Применяют гипс в виде вяжущего материала при штукатурных работах, для изготовления облицовочных плит, профильных элементов (внутри помещений). Гипсовый камень применяют в виде стеновых блоков и камней для неотапливаемых зданий с нормальной влажностью.

Ангидрит имеет большое разнообразие цветов с различными оттенками, легко обрабатывается столярным инструментом. В основном его используют при внутренней облицовке зданий.

Органогенные горные породы образовались при уплотнении и цементации остатков древних водорослей и животных организмов. К этим породам относят известняк — ракушечник, диатомит, мел.

Известняк-ракушечник целиком состоит из углекислого кальция. Средняя плотность 1 000...1800 кг/м³, предел прочности при сжатии 0,6...30,0 МПа. Применяют известняк-ракушечник в виде камней правильной формы для кладки стен. Из плотного ракушечника изготовляют облицовочные плиты, бут для фундаментов, щебень для бетона и др.

Диатомит содержит остатки микроскопических кремнеземистых панцирей, водорослей. Средняя плотность 300...1 200 кг/м³. С течением времени диатомит под воздействием различных факторов преобразуется в трепел. Уплотненный диатомит-трепел называют опокой. Трепел, опоку и диатомит в виде тонкоизмельченного порошка используют как активную добавку к цементам, растворам, бетонам.

Мел — рыхлый известняк. Средняя плотность до 1 800 кг/м³, предел прочности при сжатии 0,1...0,2 МПа. Применяют мел как сырье для приготовления красок, вяжущих веществ и замазки.

Метаморфические (видоизмененные) горные породы образовались из изверженных и осадочных горных пород под влиянием высоких температур и давлений в процессе поднятия и опускания земной коры, а иногда при длительном химическом воздействии. К этим породам относят гнейс, глинистый сланец, мрамор, кварцит.

Гнейс образовался из гранита и отличается от него слоистостью, легко раскалываясь по слоям. Используют гнейс в виде бутового камня для кладки фундаментов, в виде плит или каменной шашки для устройства тротуаров.

Глинистый сланец образовался из глин. Он имеет большую плотность и слоистость, легко раскалываясь на тонкие (3...4 мм) плитки. Глинистый сланец обладает большой прочностью и водостойкостью.

Мрамор образовался из известняков и доломитов. Средняя плотность 2 400...2 800 кг/м³, предел прочности при сжатии 100...120 МПа. Мрамор имеет хороший текстурный рисунок и различный цвет: белый, серый, желтый, красный и др. Он хорошо обрабатывается, является превосходным облицовочным материалом. Для наружной облицовки мрамор применять нецелесообразно, так как он легко поддается выветриванию под действием газов, воды и т. п.

Кварцит образовался из песчаников. Он целиком состоит из кварца. Отличается стойкостью к атмосферным воздействиям. Средняя плотность 2 500...2 800 кг/м³, предел прочности при сжатии 150...400 МПа. Цвет белый, красный, фиолетовый, вишневый, зеленоватый, в зависимости от имеющихся примесей. Применяют кварцит при изготовлении облицовочных плит и огнеупорных изделий.

6. Классификация и основные виды природных каменных материалов

Природные каменные материалы и изделия получают путем обработки горных пород.

По *способу получения* каменные материалы подразделяют на рваный камень (бут) — добывают взрыванием; грубоколотый камень — получают раскалыванием без обработки; колотый каменный материал — получают раскалыванием с последующей обработкой инструментом (плиты, тесаные камни, брусчатка); пиленый — получают распиливанием (стеновые блоки, камни и плиты облицовочные); дробленый — получают дроблением (щебень, искусственный песок); сортированный камень (валуны, булыжник, гравий); молотый каменный материал — получают размалыванием (каменная мука).

Поверхность каменных материалов, обрабатываемая инструментами, по фактуре может быть в виде бугристого

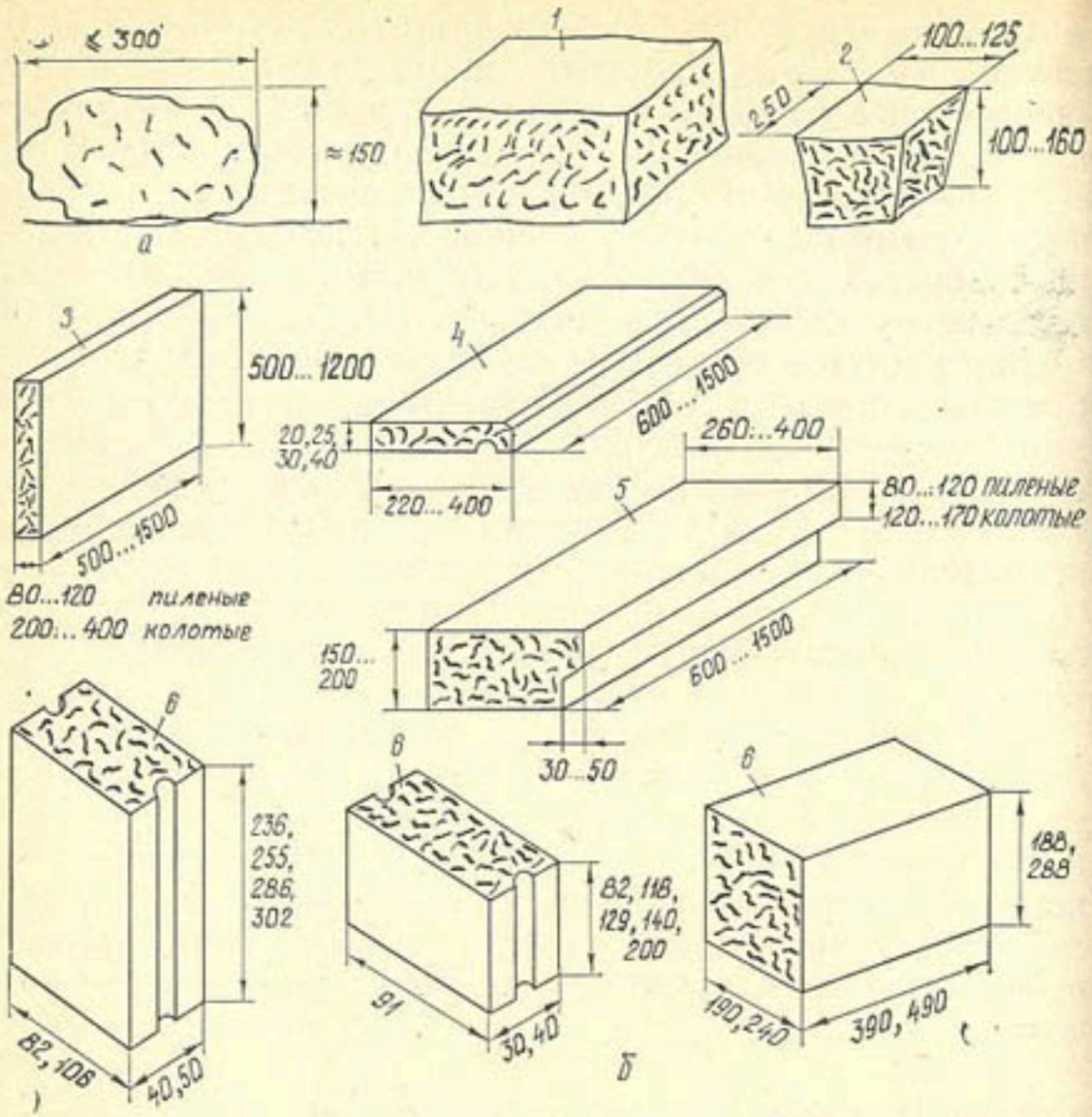


Рис. 2.1. Виды каменных материалов и изделий, используемых в строительстве:

а — бутовый камень (бут); *б* — изделия: *1* — стеновой камень; *2* — брусчатка; *3* — облицовочная плита; *4* — подоконная плита; *5* — цельная ступень; *6* — стеновые каменные блоки. (Размеры в мм.)

скола; рифленой — с правильным чередованием гребней и впадин глубиной до 2 мм; бороздчатой — равномерно шероховатой с прерывистыми бороздками глубиной от 0,5 до 1 мм; точечной — равномерно шероховатой с точечными углублениями глубиной 0,5...2 мм.

Поверхность каменных материалов, обрабатываемая абразивами, по фактуре может быть пиленой — после распиловки; шлифованной — равномерно шероховатой с глубиной рельефа до 0,5 мм; лощеной — гладкой, бархатистоматовой с выявленным рисунком камня; зеркальной — гладкой, с зеркальным блеском, дающей четкое отражение.

В зависимости от *средней плотности* природные каменные материалы подразделяют на легкие (пористые) (средняя плотность меньше 1 500 кг/м³) и тяжелые (средняя плотность больше 1 800 кг/м³).

По *пределу прочности при сжатии* образцов (цилиндров или кубков) установлены следующие марки каменных материалов: 1 000, 800, 600, 500, 400, 300, 200, 150, 100— для тяжелых пород; 150, 100, 75, 50, 35 — для легких пород; 50, 35, 25, 15, 10, 7, 4 — для ракушечника, идущего на кладку стен. Цифры даны в 10^5 Па.

По *морозостойкости* установлены следующие марки каменных материалов: Мрз 10, Мрз 15, Мрз 25, Мрз 50, Мрз 100, Мрз 150, Мрз 200, Мрз 300 и Мрз 500. Цифры показывают число циклов замораживания и оттаивания.

Для определения строительных свойств природного камня от каждой партии камня (объемом не более 50 м³) отбирают среднюю пробу из пяти камней. Из них изготовляют образцы — кубы размером ребер 5, 7, 10, 15, 20 см или цилиндры, высота которых равна их диаметру. По образцам определяют среднюю плотность, водопоглощение, морозостойкость, предел прочности и другие строительно-технические свойства камня.

Каменные материалы по форме делят на камни неправильной формы (бутовый, булыжный и валунный камни, щебень, гравий) и штучные изделия, имеющие правильную форму (брусчатый и бордюрный камни, плиты, блоки, фасонные изделия).

Бутовый камень (рис. 2.1, *а*) — куски горных пород неправильной формы подразделяют на рваный и постелистый бут. Рваный бут получают при разработке взрывами горных пород. Постелистый бут (плитняк) представляет плиты неправильной формы.

Булыжный камень (рис. 2.1, *а*) — окатанные куски горных пород, образованные в результате их выветривания.

Щебень — остроугольные куски горных пород размером от 5 до 70 мм, получаемые при механическом или природном дроблении бута или естественных камней (гравия, валунов и т. п.). Щебень имеет неправильную угловатую форму зерен с невыветрившейся свежей поверхностью. Его используют в качестве крупного заполнителя для приготовления бетонных смесей, устройства оснований.

Гравий — окатанные куски горных пород размером от 5 до 120 мм, образованные в результате их выветривания.

В гидромелиоративном строительстве применяют гравий как естественного образования, так и получаемый после рассева природных гравийно-песчаных смесей. Гравий имеет то же применение, что и щебень, а также используется для приготовления искусственных гравийно-щебеночных смесей.

Песок — рыхлая смесь зерен горных пород размером от 0,14 до 5 мм. Он образуется обычно в результате выветривания горных пород, но может быть получен и искусственным путем — дроблением гравия, щебня и кусков горных пород. Песок по насыпной плотности делят на тяжелый (насыпная плотность более 1 200 кг/м³) и легкий (насыпная плотность 1 200 кг/м³ и менее). По крупности зерен песок делят на четыре группы: крупный, средней крупности, мелкий и очень мелкий.

Природный песок в зависимости от его происхождения и условий естественного залегания подразделяют на горный (овражный), речной и морской. Горный песок имеет остроугольную форму зерен, речной и морской — окатанную. Различают песок природный, природно-фракционированный и природный обогащенный. Природно-фракционированный песок получают двух фракций (крупной и мелкой). Обогащенный природный песок получают путем удаления из песка с помощью обогатительного оборудования частиц мелких фракций после отсева от него зерен крупнее 5 мм.

Искусственный песок подразделяют на дробленый (без разделения на фракции) и фракционированный дробленый (разделенный обычно на крупную и мелкую фракции).

Песок не должен содержать в своем составе больше допустимого ГОСТом количества гравийных, пылевидных, глинистых и илистых частиц, а также посторонних засоряющих примесей.

7. Изделия и профилированные детали из природного камня

В строительстве используют следующие изделия и профилированные детали из природного камня: штучный камень и плиты — камни правильной формы с обработанными поверхностями (грубо околотые, тесаные, пиленые, шлифованные, полированные) — для крепления откосов, устройства набережных; штучные фасонные (профилированные) изделия — ступени, подоконники, профилированные камни, наличники, пояски; плитки для полов; плиты и камни для облицовок; камни и блоки для стен, водоподпорных стен, набережных, гидротехнических и гидромелиоративных сооружений (рис. 2.1, *б*).

По методу изготовления плиты делят на колотые (тесаные), получаемые выколкой из породы и обработкой ударными инструментами, и пиленые, получаемые распиловкой блоков на станках. Для облицовки стен и полов плиты иногда выполняют с декоративной отделкой.

Камни и блоки из пористых пород для стен изготовляют правильной формы и разных размеров. Средняя плотность их не превышает 1 300 кг/м³, водопоглощение — 30%, предел прочности при сжатии 10...15 МПа.

Для гидротехнических и гидромелиоративных сооружений применяют обычно облицовочные плиты, изготовляемые из горных пород марки не ниже 600, с коэффициентом размягчения не менее 0,8 и степенью морозостойкости не менее 50 циклов. При сухой кладке рекомендуется применять камень правильной формы, а для набросных гидротехнических сооружений (плотин) — камень остроугольной формы из пород с большой вязкостью (предотвращение раскалывания).

8. Защита, хранение и транспортировка каменных материалов

В процессе эксплуатации каменные материалы подвергаются физическому, химическому и механическому разрушению, которое называют выветриванием. Выветривание каменных материалов происходит в результате действия на них атмосферных осадков, грунтовых или проточных вод, кислорода воздуха, химических соединений, выделяемых промышленными предприятиями, пыли и сажи, содержащихся в воздухе, резких колебаний температуры, солнечной радиации, микроорганизмов, растений и др. Для предохранения каменных материалов от разрушения принимают различные, в зависимости от их минералогического состава, структуры, текстуры и других факторов, меры защиты. Для защиты камней от действия воды и агрессивных сред поверхностные поры их заделывают жидкими составами (жидким стеклом, полимерными смолами и пастами, солями кремнефтористоводородной кислоты и т. п.), поверхностям их придают гладкую фактуру, устраивают хороший сток воды, форму их делают

обтекаемой и т. п. Известняковые каменные материалы обычно пропитывают магниевой солью кремнефтористоводородной кислоты (флюатирование), в результате чего в поверхностном слое камня образуются нерастворимые кремнезем и фтористые соединения.

Применяемые в строительстве камни и плиты не должны иметь признаков выветривания, прослоек мягких пород (глин, гипса и т. п.), а также видимых расслоений и трещин. Известняк при изготовлении плит рекомендуется применять подсохшим, пролежавшим лето в карьере.

Бутовый камень хранят навалом на открытой площадке в прямоугольных штабелях объемом до 200 м³ и высотой 1 м. Стенки штабелей следует выкладывать из более крупных камней вперевязку, укладывая их постелистой стороной вниз. Мелкие камни засыпают внутрь штабеля.

Облицовочные плиты перевозят в прочной таре, приспособленной для механизированной погрузки и разгрузки. При транспортировке плиты следует устанавливать в вертикальном положении попарно лицевыми поверхностями внутрь с прокладкой между ними бумаги и закреплять клиньями.

Плиты со шлифованной, точечной и бороздчатой фактурами лицевых поверхностей (гранитные) транспортируют и хранят без тары, устанавливая их на ребро в вертикальном положении.

Изделия из природного камня при перевозке и хранении предохраняют от механических повреждений, загрязнений и намокания. Хранить их следует в закрытых складах или под навесами в рассортированном виде.

При хранении пиленых, тесаных и бортовых камней, а также облицовочных плит их укладывают в правильные ряды штабелями высотой не более 1 м.

Камни облицовочные и ступени укладывают рядами, используя деревянные прокладки. Плиты для полов хранят уложенными на длинное ребро в один ряд по высоте.

Не допускаются перевозка облицовочных плит, камней и других изделий из природного камня навалом и разгрузка их с транспортных средств сбрасыванием.

9. Грунт как природный строительный материал

Грунт как природный материал широко используют при строительстве каналов, водохранилищ, земляных насыпных, намывных, каменно-набросных плотин, дамб, перемычек, полотна дорог и т. п. Наряду с использованием в земляных и других сооружениях грунт и его разновидности используют при изготовлении строительной керамики (кирпич, фаянс, облицовочная плитка и др.), грунтовых стеновых камней (кирпич-сырец, саман, грунтоблоки, грунтоцементный камень и т. п.), приготовлении грунтоцементных, растворных, бетонных смесей.

Грунты подразделяют на скальные и нескальные. К скальным относят грунт с жесткой связью между зернами (спаянные и сцементированные) — изверженные, осадочные и метаморфические породы. К нескальным грунтам относят: крупнообломочные — несцементированные грунты, содержащие более 50% по массе обломков кристаллических или осадочных пород крупнее 2 мм; песчаные (сыпучие), содержащие менее 50% по массе частиц крупнее 2 мм и не обладающие свойством пластичности; глинистые (связные), обладающие пластичными свойствами и характеризующиеся числом пластичности I_p.

Число пластичности глинистого грунта I_p, выражаемое в долях единицы,— разность влажностей, соответствующих двум состояниям грунта: на границе текучести W_L и на границе раскатывания W_p. Граница раскатывания W_p характеризуется влажностью, при которой грунт переходит из пластичного состояния в полутвердое. Граница текучести W_L характеризуется влажностью, при которой грунт переходит из пластичного состояния в текучее.

Скальные грунты подразделяют:

по *пределу прочности при сжатии* R на очень прочные ($R>120$ МПа); прочные (120 МПа$\geqslant R>50$ МПа); средней прочности (50 МПа$\geqslant R>15$ МПа); малопрочные (15 МПа$\geqslant \geqslant R\geqslant 5$ МПа); полускальные (низкопрочные) ($R<5$ МПа);

по *коэффициенту размягчаемости* $K_{рз}$ на неразмягчаемые ($K_{рз}\geqslant 0{,}75$) и размягчаемые ($K_{рз}<0{,}75$);

по *степени выветрелости* $K_{в.\,с}$ (отношению средней плотности образца выветрелого грунта к средней плотности невыветрелого образца того же грунта) на невыветрелые (монолитные) породы, залегающие в виде сплошного массива ($K_{в.\,с}=1$); слабовыветрелые (трещиноватые) породы, залегающие в виде несмещенных отдельностей (глыб) ($1>K_{в.\,с}\geqslant 0{,}9$); выветрелые породы, залегающие в виде скопления кусков, переходящие в трещиноватую скалу ($0{,}9>K_{в.\,с}\geqslant 0{,}8$); сильновыветрелые (рухляки) по-

роды, залегающие во всем массиве в виде отдельных кусков ($K_{в.с}<0,8$);

по *растворимости в воде* на нерастворимые магматические, метаморфические и осадочные, сцементированные кремнистым цементом; труднорастворимые, растворимость которых составляет от нескольких десятков до нескольких сотен миллиграммов на литр (известняки, доломиты и т. п.); среднерастворимые, растворимость которых составляет несколько граммов на литр (гипсовый камень, ангидрит и т. п.); легкорастворимые с растворимостью более 100 г/л (каменная соль и т. п.).

Крупнообломочные грунты подразделяют в зависимости от *зернового состава* на валунный грунт (при преобладании неокатанных частиц — глыбовый); галечниковый грунт (при преобладании неокатанных частиц — щебенистый); гравийный грунт (при преобладании неокатанных частиц — дресвяный).

Песчаные грунты подразделяют на песок гравелистый, крупный, средней крупности, мелкий и пылеватый.

Глинистые грунты подразделяют по числу пластичности I_p: супеси I_p=0,01...0,07; суглинки I_p=0,07...0,17; глины $I_p>0,17$. Их вид характеризуется показателем консистенции I_L (табл. 2.1).

2.1. Характеристика глинистых грунтов

Грунт	Вид	I_L
Супеси	Твердые	<0
	Пластичные	0...1
	Текучие	>1
Суглинки и глины	Твердые	<0
	Полутвердые	0...0,25
	Тугопластичные	0,25...0,05
	Мягкопластичные	0,5...0,75
	Текучепластичные	0,75...1
	Текучие	>1

Разновидность глинистых грунтов по прочности характеризуют по удельному сопротивлению пенетрации ($P_п$): очень прочные $P_п\geqslant 0,2$; прочные $P_п$=0,2...0,1; средней прочности $P_п$=0,1...0,05; слабые $P_п<0,05$.

Каждому несвязному и связному грунту соответствует определенная истинная плотность (табл. 2.2).

2.2. Ориентировочные значения плотности и коэффициента пористости грунтов

Грунт	Плотность, г/см³		Коэффициент пористости e
	истинная	средняя	
Песок	2,66	1,6...2,0	0,55...0,8
Супесь	2,70	1,5...1,7	$\geqslant$9
Суглинок	2,71	1,4...1,8	>1,0
Глина	2,74	1,7...2,0	$\geqslant$1,9

Большое влияние на прочностные свойства грунтов, особенно на связность глинистых грунтов, оказывает влажность. Грунты в естественном залегании имеют некоторую природную влажность W. Обычно природная влажность песка 8...12%, супеси 10...15%, суглинка 20...28%, глины 25...35%. Очень твердые и плотные сухие глинистые грунты при значительном увлажнении становятся текучими. При уплотнении грунта его наибольшая плотность с затратой минимальной работы достигается при оптимальной влажности (табл. 2.3).

2.3. Ориентировочные значения оптимальной влажности грунтов и плотности сухого грунта

Грунт	Оптимальная влажность, %	Плотность грунта, г/см³
Песок	8...12	1,77...1,92
Супесь	9...22	1,81...2,13
Суглинок	12...22	1,75...1,96
Глина	16...30	1,50...1,80

В зависимости от степени влажности G крупнообломочные и песчаные грунты подразделяют на маловлажные ($0<G\leqslant 0,5$), очень влажные ($0,5<G\leqslant 0,8$) и насыщенные водой ($0,8<G\leqslant 1,0$). Степень влажности определяют по формуле

$$G = W\rho/(e\rho_в), \qquad (2.1)$$

где ρ — истинная плотность грунта; e — коэффициент пористости грунта природного сложения (табл. 2.4) и W — влажности; $\rho_в$ — истинная плотность воды.

В процессе строительства земляных сооружений грунт деформируется (уплотняется) вследствие сближения частиц между собой под влиянием нагрузки. В связи с этим

2.4. Значения коэффициента *e*

Песок	Сложение песка		
	плотное	средней плотности	рыхлое
Гравелистый, крупный и средней крупности	0,55	0,55...0,70	0,70
Мелкий	0,60	0,60...0,75	0,75
Пылеватый	0,60	0,60...0,80	0,80

сжимаемость грунтов оценивают изменением коэффициента пористости при изменении напряжения сжатия. Зависимость между коэффициентом пористости и напряжением сжатия устанавливают на компрессионных приборах.

Прочность грунтов характеризуется способностью сопротивляться сдвигающим усилиям. Сопротивлением сдвигу называется минимальное касательное напряжение, вызывающее процесс деформации и разрушения грунта вследствие смещения одной его части относительно другой. К числу показателей прочностных свойств грунта относят сцепление c и угол внутреннего трения φ, используемые при расчетах его несущей способности и устойчивости. На величины c и φ в значительной степени влияют плотность и влажность грунта, скорость приложения нагрузок и наличие водооттока (дренированности), поэтому условия испытания на сдвиговых приборах должны назначаться с учетом условий работы грунта в основаниях сооружений, откосах выемок и т. д.

Грунты при природной влажности обладают хорошей несущей способностью, которая с увеличением влажности в большинстве случаев уменьшается (табл. 2.5).

2.5. Предел прочности (МПа) грунтов при сжатии

Грунт	Влажность грунта	
	природная	высокая
Песок:		
крупный	0,35...0,45	0,35...0,45
средней крупности	0,25...0,35	0,25...0,35
мелкий	0,20...0,30	0,15...0,25
Супесь	0,25...0,30	0,20...0,30
Суглинок	0,20...0,30	0,10...0,25
Глина	0,25...0,60	0,10...0,40

При строительстве земляных сооружений с использованием землеройных машин трудность разработки грунта определяют сопротивлением грунта резанию $K_р$ и копанию $K_к$ (табл. 2.6).

2.6. Сопротивления (МПа) грунта резанию $K_р$ и копанию $K_к$

Грунт	$K_р$	$K_к$ при копании		
		драглайном	прямой лопатой	скрепером
Песок, супесь, влажный легкий суглинок	0,03...0,05	0,06...0,12	0,03...0,07	0,053...0,105
Суглинок, легкая, влажная, разрыхленная глина	0,05...0,10	0,10...0,19	0,06...0,13	0,095...0,180
Тяжелый суглинок, разрыхленная глина	0,10...0,18	0,16...0,26	0,115...0,195	0,15...0,25
Тяжелая глина	0,20...0,30	0,26...0,40	0,20...0,30	0,25...0,39
Взорванная скальная порода	—	0,28...0,60	0,225...0,470	—

В практике строительства земляных сооружений гидромелиоративного назначения часто следует учитывать отношение грунтов к воде, в связи с чем их классифицируют по степени водопроницаемости, которая характеризуется удельным водопоглощением q и коэффициентом фильтрации $k_ф$ (табл. 2.7).

2.7. Подразделение грунтов по степени водопроницаемости

Грунт	Степень водопроницаемости	Удельное водопоглощение q, л/мин	Коэффициент фильтрации, м/сут
Глина	Практически водонепроницаемая	<0,01	<0,001
Суглинок	Слабоводопроницаемая	0,01...0,1	0,005...0,4
Супесь	Водопроницаемая	0,1...1,0	0,4...1,0
Мелкий песок	Сильноводопроницаемая	1,0...10,0	0,5...15
Крупный песок, гравий, галечник	Очень сильноводопроницаемая	>10	15...75

При строительстве каналов и других земляных сооружений надо учитывать допускаемые скорости течения воды:

Грунт	Допускаемая неразмывающая скорость (м/с)
Илистый	0,1
Песок:	
мелкий	0,15...0,25
средней крупности	0,4...0,5
крупный	0,5...0,8
Гравий крупный (15...50 мм)	0,8...1,0
Галька (75...100 мм)	1,2...1,5
Глина плотная	1,5
Каменистый	3,0

Для укладки в тело земляных насыпных плотин допускаются грунты всех видов, за исключением грунтов, содержащих водорастворимые включения хлоридных, сульфатно-хлоридных и сульфатных солей, а также состоящих из не полностью или полностью разложившихся органических веществ и т. п. Для образования грунтовых экранов, ядер, понуров, зубьев следует применять водонепроницаемые или слабоводопроницаемые грунты. Тело намывных земляных плотин возводят из гравийных (щебенистых), песчаных, супесчаных и суглинистых грунтов. Ядро таких плотин намывают из глинистых грунтов с содержанием глинистых частиц мельче 0,005 мм в количестве не более 20%.

При возведении каменно-земляных и каменно-набросных плотин в зоне ниже поверхности воды и в зоне попеременного смачивания используют камень горных пород с коэффициентом размягчения $K_{рз} > 0{,}9$ (изверженные и метаморфические породы) или $K_{рз} > 0{,}8$ (осадочные породы). Камень должен иметь достаточную прочность, морозостойкость и водостойкость. Противофильтрационную часть тела (ядро или экран) каменно-земляных плотин выполняют из грунтовых водонепроницаемых материалов.

Глава 3. ГИДРАТАЦИОННЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

10. Общие сведения

Гидратационными вяжущими веществами называют тонкоизмельченные материалы (порошки), которые при смешивании с водой образуют пластичное тесто, способное в

процессе химического взаимодействия с ней затвердевать, набирать прочность, связывая при этом в единый монолит введенные в него заполнители, обычно каменные материалы (песок, щебень, гравий и т. п.), образуя искусственный камень типа песчаника, конгломерата или брекчии.

Гидратационные вяжущие подразделяют на воздушные (окислы $CaO \cdot H_2O$ и т. д.), твердеющие и набирающие прочность только в воздушной среде (строительная воздушная известь и гипсовые вяжущие), и гидравлические, твердеющие во влажной воздушной среде и под водой (гидравлическая известь, портландцемент и его разновидности, глиноземистый и специальные цементы).

В качестве воздушного вяжущего вещества используют поликонденсационное вяжущее вещество — растворимое (жидкое) стекло. Жидкое стекло способно затвердевать под воздействием углекислого газа CO_2 воздуха.

Гидравлические вяжущие содержат безводные клинкерные соединения типа силикатов кальция $n\,CaO \cdot SiO_2$, алюминатов кальция $n\,CaO \cdot Al_2O_3$, ферритов кальция $n\,CaO \cdot Fe_2O_3$ и комплексные соединения типа алюмоферритов кальция $n\,CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ и т. п., способные твердеть во влажном воздухе и воде вследствие их химического взаимодействия с водой, в результате чего они превращаются в кристаллогидраты — гидросиликаты, гидроалюминаты и гидроферриты кальция, образуя цементный камень.

11. Воздушные вяжущие вещества

Строительная воздушная известь CaO (ГОСТ 9179—77)— продукт умеренного обжига при 900...1 300°С природных карбонатных пород $CaCO_3$, содержащих до 8% глинистых примесей (известняк, доломит, мергелистый известняк, мел и т. д.). Обжиг осуществляют в шахтных и вращающихся печах, в печах с кипящим слоем, а также во взвешенном состоянии в машинах с вращающейся колосниковой решеткой.

Наиболее широкое распространение получили шахтные печи. При обжиге известняка в шахтной печи движущийся в шахте сверху вниз материал проходит последовательно три зоны: зону подогрева (сушка сырья и выделение летучих веществ), зону обжига (разложение веществ) и зону охлаждения. В зоне подогрева известняк нагревается до 900°С за счет тепла, поступающего из зоны об-

жига от газообразных продуктов горения. В зоне обжига происходит горение топлива и разложение известняка $CaCO_3$ на известь CaO и двуокись углерода CO_2 при 1 000... 1 200°С (иногда до 1 300°С). В зоне охлаждения обожженный известняк охлаждается до 80...100°С движущимся снизу вверх холодным воздухом.

В результате обжига полностью теряется двуокись углерода и получается комовая негашеная известь в виде кусков белого или серого цвета. Комовая негашеная известь является продуктом, из которого получают разные виды строительной воздушной извести: молотую порошкообразную негашеную, порошкообразную гидратную (пушонку), известковое тесто. Негашеную комовую или молотую строительную известь по продолжительности гашения подразделяют на быстрогасящуюся (гашение не более 8 мин), среднегасящуюся (гашение не более 25 мин) и медленногасящуюся (гашение не менее 25 мин).

При взаимодействии комовой извести с водой (гашении) окись кальция CaO переходит в гидрат окиси кальция $Ca(OH)_2$, при этом комки извести распадаются, превращаясь в тонкий порошок (известь-пушонка).

Порошкообразная строительная негашеная известь получается в процессе тонкого измельчения комовой извести и представляет белый порошок с площадью удельной поверхности 3 500...4 000 см²/г. При смешивании ее с песком или шлаком и водой образуется быстротвердеющая смесь (раствор). Высококачественная растворная смесь из негашеной порошкообразной извести получается только при правильном подборе соотношения воды и извести ($В/И$ = =0,9...1,5), обеспечивающего процесс схватывания и твердения раствора или бетонной смеси без образования трещин (от гашения). В результате химической реакции между порошком негашеной извести и водой выделяется большое количество тепла, которое разогревает раствор, что способствует ускорению его твердения. Это особенно важно при работе в зимнее и холодное время года.

Несмотря на значительные преимущества негашеной порошкообразной извести, в строительстве широко используют известковое тесто и известь гидратную (пушонку). Известковое тесто получают путем гашения комовой негашеной извести избыточным количеством воды, в результате чего происходит взаимодействие извести с водой и она сначала превращается в порошок (пушонку), а затем образует известковое тесто. Гашение извести сопровождается значительным выделением тепла — внутри гасящейся известковой массы температура может доходить до 100°С. Для создания оптимальных условий гашения извести температуру гасящейся массы поддерживают в пределах 50...80°С путем перемешивания извести в процессе гашения. Чтобы получить пластичное известковое тесто, количество воды для гашения, как правило, должно составлять 200...300% массы комовой негашеной извести. Если при гашении извести было залито избыточное количество воды, то избыток ее после нескольких дней отстаивания жидкого теста выделяется на его поверхности. Таким образом, известковое тесто само удерживает оптимальное количество воды. Приготовленное известковое тесто выдерживают в творильных емкостях от недели до нескольких месяцев, чтобы все зерна извести погасились в тесте и известковое тесто превратилось в однородную пластичную массу. Чем длительней выдержка известкового теста, тем лучше его качество. Перед употреблением известкового теста воду с его поверхности сливают.

Важным показателем качества строительной воздушной извести является выход известкового теста — объем известкового теста в литрах, полученного при гашении 1 кг извести. Высококачественные извести имеют выход теста до 2,5...3,5 л; их называют «жирными». Твердение растворов и бетонов, приготовленных на гашеной извести, идет медленно, особенно в массивных конструкциях.

В заводских условиях известь гасят в гидраторах периодического и непрерывного действия, во вращающихся барабанах и в специальных известегасильных установках. Известь-пушонку можно также получить путем гашения комовой или молотой негашеной извести влажным паром в герметически закрывающихся котлах.

Смешивая известь-пушонку с водой, получают известковое тесто или молоко (тесто, сильно разведенное водой). Известковое молоко используют при побелке и приготовлении цементно-известковых растворов.

Строительную негашеную (кальциевую, магнезиальную и доломитовую) воздушную известь выпускают I, II и III сорта, гидратную известь (пушонку) — I и II сорта. Себестоимость строительной негашеной комовой извести составляет 13 р. за 1 т, молотой — 14 р. за 1 т.

Строительную воздушную известь различного вида используют при приготовлении кладочных и штукатурных растворов, бетонов низких марок (работающих в воздушно-

сухих условиях), изготовлении плотных и ячеистых автоклавных силикатных изделий (кирпича, крупных блоков, панелей, теплоизоляционных материалов), получении смешанных цементов.

Гипсовые вяжущие вещества (ГОСТ 125—79) получают путем тепловой обработки природного двуводного гипсового камня $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ с измельчением его в тонкий порошок (до или после термообработки). По условиям тепловой обработки, а также по скорости схватывания и твердения гипсовые вяжущие делят на низкообжиговые быстросхватывающиеся и быстротвердеющие (строительный, формовочный и высокопрочный гипсы) и высокообжиговые медленносхватывающиеся и медленнотвердеющие (высокообжиговый и другие гипсы).

В строительной практике в качестве гипсового вяжущего используют тонкоизмельченный ангидрит с добавками-катализаторами (сульфаты,) а также гипсосодержащие отходы предприятий химической промышленности (фосфогипс, борогипс и т. п.).

Низкообжиговые гипсовые вяжущие подразделяют в зависимости от степени помола (табл. 3.1) и сроков схватывания (табл. 3.2).

3.1. Вид гипсовых вяжущих в зависимости от степени помола

Вид гипсового вяжущего	Индекс степени помола	Максимальный остаток на сите с размером ячеек 0,2 мм, % (не более)
Грубый	I	23
Средний	II	14
Тонкий	III	2

3.2. Вид гипсовых вяжущих в зависимости от сроков схватывания

Вид гипсового вяжущего	Индекс схватывания	Срок схватывания, мин	
		начало, не ранее	конец, не позднее
Быстро твердеющий	А	2	15
Нормально твердеющий	Б	6	30
Медленно твердеющий	В	20	Не нормируется

По пределу прочности при сжатии низкообжиговых установлены следующие марки гипсовых вяжущих: Г-2, Г-3, Г-4, Г-5, Г-6, Г-10, Г-13, Г-16, Г-19, Г-22, Г-25. Цифры даны в 10^5 Па.

Строительный гипс получают в процессе тепловой обработки природного гипса при 100...180°С, в результате чего он переходит в полуводный $CaSO_4 \cdot 0{,}5H_2O$ гипс, который в тонкоизмельченном виде является вяжущим материалом. При затворении водой строительный гипс быстро схватывается, твердеет и набирает прочность, превращаясь снова в гипсовый камень.

Формовочный гипс получают при тепловой обработке гипсового камня в варочных котлах. Этот гипс имеет более тонкий помол, чем строительный, обладает большей прочностью (марка до Г-50), постоянством свойств, быстрее схватывается, имеет объемное расширение не более 0,15%.

Высокопрочный (технический) гипс получают путем термической обработки природного гипсового камня в герметичных аппаратах паром под давлением 0,13 МПа при 124°С, с последующей продувкой перегретым паром и сушкой горячим воздухом при 140...160°С (или кипячением в водяных растворах некоторых солей). После тепловой обработки гипс измельчают в тонкий порошок. Этот гипс имеет повышенный предел прочности при сжатии и повышенную водостойкость по сравнению со строительным гипсом.

Для удлинения срока схватывания гипса в гипсовое тесто добавляют до 5% извести или 0,2...0,5% мездрового клея. Затворение гипса водой с температурой 65°С также удлиняет срок схватывания.

Низкообжиговые гипсы применяют для изготовления гипсовых строительных изделий всех видов (гипсы марок Г-2...Г-7), тонкостенных строительных изделий, декоративных (архитектурных) деталей, форм и моделей (гипсы марок Г-5...Г-25 тонкого помола с нормальными сроками твердения), при производстве штукатурных работ и заделке швов и трещин.

Высокообжиговый гипс получают путем обжига природного двуводного гипса или ангидрита при 800...1000°С с последующим измельчением. Начало схватывания не ранее чем через 120 мин от момента затворения, конец схватывания не нормируется. Марки высокообжигового гипса: 100, 150 и 200. Применяют его для приготовления штукатурных и кладочных растворов, при устройстве бесшовных полов и подготовок под линолеум. Твердение вы-

сокообжигового гипса проходит лучше, если его раствор держать первое время во влажной среде.

Ангидритовый цемент получают путем обжига двуводного гипсового камня при 600...800°С. Полученный продукт измельчают в тонкий порошок вместе с различными минеральными активизирующими добавками (известью, бисульфатом, сульфатом натрия в смеси с купоросом, обожженным доломитом, гранулированными доменными шлаками и др.). Начало схватывания не ранее 30 мин, конец — не позднее 24 ч. Ангидритовый цемент не обладает гидравлическими свойствами, наиболее быстрое его твердение происходит в воздушно-влажной среде. Марки ангидритового цемента: 50, 100, 150 и 200. Применяют его при устройстве бесшовных полов и подготовок, стяжек под линолеум, для приготовления легких бетонов, изготовления изделий с фактурой искусственного мрамора.

Кроме гипсового камня и ангидрита, для производства гипсового вяжущего используют отходы предприятий химической промышленности, получаемые в процессе сернокислотной переработки природных фосфоритов в фосфорную кислоту, суперфосфат и другие фосфорные удобрения. К таким вяжущим относят фосфогипс (альфа-гипс). Из фосфогипса получают гипсовое вяжущее марок 150, 200, 300, 400. Его изготовляют путем непрерывной гидротермической обработки фосфогипса в жидкой среде с добавкой поверхностно-активных веществ. Фосфогипс обрабатывают в системе автоклавов, непрерывно перемещая материал из одной зоны в другую. Его применяют для изготовления гипсовых изделий, панелей и т. п. (себестоимость гипса составляет в среднем около 8,7 р. за 1 т).

Введение в гипсовые растворные смеси полимерных добавок (латекса и др.) значительно повышает их морозо- и водостойкость, что позволяет использовать их при отделке фасадов зданий. Повысить водостойкость гипсовых вяжущих можно также путем применения добавок в виде портландцемента, нефелитового шлама (побочный продукт глиноземного производства).

Растворимое стекло получают путем обжига (варки) смеси кварцевого песка с содой или сульфатом натрия при 1 300...1 400°С. При охлаждении расплава образуется прозрачная стекловидная твердая масса — силикат-глыба синевато-зеленоватого или желтоватого цвета. Из образовавшейся силикат-глыбы приготовляют жидкое стекло путем растворения ее острым паром в специальных автоклавах под давлением 0,3...0,8 МПа. Качество жидкого стекла характеризует силикатный модуль, представляющий отношение числа молекул окиси кремния к числу молекул окиси натрия или окиси калия. Чем выше силикатный модуль жидкого стекла, тем больше в нем коллоидного кремнезема и тем выше его клеящие свойства. В гидромелиоративном строительстве применяют жидкое натриевое стекло с модулем 2,5...3,2, плотностью 1,43...1,58 г/см³ и жидкое калиевое стекло с модулем 3...4, плотностью 1,40...1,42 г/см³. Жидкое стекло затвердевает только на воздухе, в результате испарения воды и взаимодействия его с двуокисью углерода, находящейся в окружающем воздухе. Значительно ускоряет твердение жидкого стекла добавка кремнефтористого натрия $NaSiF_6$. Растворимое стекло употребляют при приготовлении различного вида замазок и красок, при силикатизации грунтов, исправлении дефектов бетонных, железобетонных и каменных конструкций и сооружений.

12. Гидравлические вяжущие вещества

Гидротехнические и гидромелиоративные сооружения и конструкции работают в условиях постоянного или периодического воздействия воды, попеременного замораживания и оттаивания, а часто и при воздействии агрессивной среды. Эти специфические тяжелые условия эксплуатации конструкций и сооружений требуют применения вяжущих веществ, обладающих не только необходимыми прочностными свойствами, но и водостойкостью, морозостойкостью и коррозионной стойкостью. Такими свойствами обладают гидравлические вяжущие вещества.

Гидравлическую известь получают умеренным (не до спекания) обжигом природных мергелей и мергелистых известняков при 900...1 100°С. Мергель и мергелистый известняк, идущие для производства гидравлической извести, содержат от 6 до 25% глинистых и тонкодисперсных песчаных примесей. Ее гидравлические свойства характеризуются гидравлическим (или основным) модулем (m), представляющим отношение в процентах содержания окислов кальция к содержанию суммы окислов кремния, алюминия и железа:

$$m = \frac{\%CaO}{\%\,(SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3)}.$$

Гидравлический модуль слабогидравлической извести составляет 5...9, а сильногидравлической — 1,6...4,0. Твердение гидравлической извести в течение одной — трех недель должно происходить только на воздухе, а затем этот процесс может продолжаться в воде. Гидравлическая известь — медленносхватывающееся и медленнотвердеющее вяжущее вещество. Предел прочности при изгибе (через 28 сут твердения) слабогидравлической извести не менее 0,4 МПа, сильногидравлической — 1,0 МПа; предел прочности при сжатии — соответственно 1,7 и 5,0 МПа. Гидравлическую известь применяют для приготовления строительных растворов, низкомарочных бетонов, легких бетонов, при получении смешанных цементов, производстве автоклавных силикатных изделий.

Портландцемент (ГОСТ 10178—76 *) — гидравлическое вяжущее вещество, получаемое путем совместного тонкого помола клинкера и двуводного гипса (от 1,5 до 3,5%). Клинкер — продукт обжига до спекания (при температуре свыше 1 480°С) тонкодисперсной, однородной, определенного состава природной или искусственной сырьевой смеси известняка и глины. Сырьевую массу (шлам) обжигают во вращающихся печах. В зависимости от вида подготовки сырья на обжиг различают мокрый, сухой, полусухой и комбинированный способы производства портландцементного клинкера. При мокром способе помол, смешивание и корректировку сырьевых материалов осуществляют в процессе их разбалтывания в воде, что облегчает измельчение сырьевых материалов (глины и известняка) и упрощает достижение однородности смеси. Однако при этом способе расход тепла на обжиг сырьевой смеси значительно больше, чем при других способах. При сухом способе помол, смешивание и корректировку сырьевых материалов проводят при их влажности 8...10%. При полусухом способе сухую сырьевую смесь при гранулировании увлажняют необходимым количеством воды. Суть комбинированного способа заключается в том, что сырьевую смесь приготовляют по мокрому способу, а затем максимально обезвоживают на специальных установках.

С точки зрения экономии топливно-энергетических ресурсов наиболее эффективен сухой способ, позволяющий снизить расход тепла на обжиг до 40% по сравнению с мокрым способом. При природной влажности сырьевых материалов более 8...10% целесообразен мокрый способ,

который преобладает в настоящее время на предприятиях цементной промышленности нашей страны.

При обжиге из шлама вначале испаряется свободная вода, при температуре около 500°С удаляется химически связанная вода, при температуре 900...1 000°С из известняка удаляется двуокись углерода и начинаются реакции между составляющими клинкер окислами с образованием гранул разного размера; в интервале температур 900... 1 200°С начинается образование основных клинкерных минералов — силикатов, алюминатов и ферритов кальция, которое заканчивается при температуре спекания. На участке печи, где происходит спекание материалов, образуются трехкальциевый силикат (алит) и двухкальциевый силикат (белит).

После спекания обжигаемые в печи материалы переходят в зону охлаждения. От скорости охлаждения полученного клинкера портландцемента зависят равномерность изменения объема цемента, его активность, экзотермия и другие свойства.

Главные клинкерообразующие окислы, определяющие химический состав клинкера: окись кальция CaO (известь) — 60...70%; двуокись кремния SiO_2 (кремнезем) — 19...25%; окись алюминия Al_2O_3 (глинозем) — 4...8%; окись железа Fe_2O_3—2...6%. В состав клинкера, кроме того, могут входить окись магния MgO (до 5%), ангидрит серной кислоты SiO_3 (до 1%), щелочи Na_2O, K_2O и другие окислы, которые являются вредными примесями, понижающими активность (марку) цемента.

Входящие в клинкер перечисленные главные окислы образуют четыре основных клинкерных минерала, определяющих свойства портландцемента (табл. 3.3), причем два

3.3. Предельно допустимое содержание минералов в клинкере

Минерал	Химическая формула	Сокращенное обозначение	Предельное содержание, %
Трехкальциевый силикат (алит)	$3CaO \cdot SiO_2$	C_3S	45...60
Двухкальциевый силикат (белит)	$2CaO \cdot SiO_2$	C_2S	20...30
Трехкальциевый алюминат	$3CaO \cdot Al_2O_3$	C_3A	7...15
Четырехкальциевый алюмоферрит	$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$	C_4AF	10...18

первых — алит и белит — занимают в составе клинкера 70...80%. Алит является быстротвердеющим веществом высокой прочности. Белит — медленнотвердеющее вещество средней прочности. Трехкальциевый алюминат — быстротвердеющее вещество низкой прочности. Алюмоферриты кальция — малоактивные клинкерные минералы.

Трехкальциевый и двухкальциевый силикаты определяют в основном прочностные свойства цемента (активность). Повышенное содержание C_3S (высокоалитовые цементы с более 60% C_3S) при малом содержании C_2S приводит к получению весьма быстротвердеющего цемента с высокой прочностью и экзотермией. Обратное же соотношение (белитовые цементы с 35...40% C_2S) приводит к получению медленнотвердеющего белитового цемента с низкой прочностью в раннем возрасте и умеренной экзотермией.

При затворении портландцемента водой образуется клейкое цементное тесто, в котором происходит сложный химический процесс, в результате чего оно постепенно густеет (схватывается) и отвердевает, превращаясь в цементный камень. В процессе схватывания и твердения цементного камня образуются новые химические соединения, которые отсутствовали в портландцементе (клинкере).

Основное химическое соединение цемента C_3S в процессе затворения подвергается разложению водой (гидролизу) и в то же время соединению с водой (гидратации), то есть

$$3CaO \cdot SiO_2 + (n+1)\,H_2O = 2CaO \cdot SiO_2 \cdot nH_2O + Ca(OH)_2. \quad (3.1)$$

В результате этой реакции образуются два новых химических соединения — двухкальциевый гидросиликат и гидрат окиси кальция.

В то же время C_2S медленно гидратирует по следующей схеме:

$$2CaO \cdot SiO_2 + mH_2O = 2CaO \cdot SiO_2 mH_2O. \quad (3.2)$$

Следовательно, образуется известное соединение — двухкальциевый гидросиликат, который почти нерастворим в воде и выделяется в процессе реакции в коллоидном состоянии.

Гидратация трехкальциевого алюмината C_3A протекает после того, как израсходуется в растворной части гипс,

входящий в состав портландцемента, который притормаживает быструю реакционную способность C_3A. Замедление реакционной способности C_3A происходит вследствие его химического связывания гипсом по следующей схеме:

$$3CaO \cdot Al_2O_3 + 3(CaSO_4 \cdot 2H_2O) + \\ + 25\,(26)\,H_2O = 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31\,(32)\,H_2O. \quad (3.3)$$

В результате выделяется труднорастворимый гидросульфоалюминат кальция. Лишь через несколько часов свободный после реакции с гипсом C_3A вступает в реакцию с водой по схеме

$$3CaO \cdot Al_2O_3 + 6H_2O = 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O, \quad (3.4)$$

образуя гидроалюминат кальция, и цементное тесто начинает схватываться.

Имеющийся в составе цемента C_4AF при взаимодействии с водой гидролитически расщепляется по схеме

$$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3 + (m+6)\,H_2O = \\ = 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O + CaO \cdot Fe_2O_3 \cdot mH_2O, \quad (3.5)$$

образуя гидроалюминат и гидроферрит, который реагирует с $Ca(OH)_2$.

Гидрат окиси кальция и трехкальциевый гидроалюминат в воде растворимы незначительно, поэтому их растворы быстро становятся перенасыщенными и выделяются в коллоидном состоянии. Полученные коллоиды образуют вокруг частицы цемента оболочку в виде студня, которую называют гелем. Гель является склеивающим веществом. В результате образования геля цементное тесто начинает густеть и терять пластичность, начинается процесс схватывания. В дальнейшем гидрат окиси кальция и трехкальциевый гидроалюминат переходят в кристаллическое состояние; образующиеся микрокристаллы пронизывают гель и срастаются. Одновременно гель, состоящий из двухкальциевого гидросиликата, уплотняется и спустя значительное время перекристаллизовывается. При твердении цемента содержащиеся в воздухе двуокись углерода CO_2 вступает в химическую реакцию с гидратом окиси кальция (карбонизация), образуя на поверхности цементного камня или бетона корку из углекислого кальция:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O. \quad (3.6)$$

Процессы образования геля, кристаллизация, уплотнение геля и карбонизация проходят интенсивно в первые 3...7 сут, затем они замедляются. Спустя 3 мес эти процессы протекают очень медленно. В нормальных условиях (t=20°С φ>85%) нарастание прочности цементного камня (хотя и медленное) длится много лет. В возрасте 1 года прочность цементного камня может превосходить прочность его в 28-суточном возрасте в 1,5 раза, а в возрасте 10...20 лет — в 2,0 раза и более.

В процессе схватывания и твердения цемента выделяется значительное количество тепла, которое способствует интенсивному образованию в цементном камне трещин вследствие изменения линейных (объемных) размеров. Больше всего тепла выделяет C_3A, за ним следует C_3S. Остальные соединения выделяют незначительное количество тепла. Наибольшее количество тепла выделяется в первые 3 сут, затем его выделение замедляется. При бетонировании массивных конструкций толщиной 3...4 м температура внутри бетона может достигать 60...70°С и снижается только в течение нескольких месяцев. Так как гидратация цемента начинается с поверхности частиц цемента (за 28 сут вступает в реакцию примерно 10...15% объема частицы), то тонкость помола цемента в значительной степени влияет на скорость гидратации и прочность (активность) цемента, которые увеличиваются с увеличением тонкости помола. Тонкость помола портландцемента определяют путем просеивания просушенного цемента через сито 008. Площадь удельной поверхности цемента, прошедшего через сито 008, превышает 2800 см²/г. На сроках схватывания и прочности цементного камня существенно сказывается количество воды, взятой при затворении цементного теста. При избыточном количестве воды сроки схватывания увеличиваются, а прочность цементного камня снижается. Обычно это количество воды для портландцементов колеблется в пределах 22...26%. Для получения портландцемента с нормативными сроками схватывания в его состав вводят определенное количество двуводного гипса.

Начало схватывания портландцемента должно наступать не ранее 45 мин, конец — не позднее 10 ч от момента затворения.

Часто цементные смеси загустевают («ложное схватывание») до нормативного схватывания цементного теста вследствие обезвоживания гипсового камня при его помоле с клинкером или при длительном хранении цемента. «Ложное схватывание» определяют на приборе Вика по тесту нормальной густоты.

Удобоукладываемость и формуемость цементного теста характеризуется пластифицирующей способностью цемента. Ее определяют испытанием изготовленного на стандартном нормальном песке цементно-песчаного раствора состава 1 : 3 по массе при $B/Ц$=0,4. Стандартный нормальный кварцевый песок (вольский) должен содержать не менее 96% двуокиси кремния, не более 1% глинистых, илистых и пылевидных примесей и не более 0,5% прочих примесей. При просеивании нормального песка остаток на сите 09 должен составлять не более 3%, а через сито 05 должно проходить не более 8% взятой навески.

В процессе твердения цементного теста происходит изменение его объема. В первые часы схватывания происходит уменьшение объема (усадка), а затем начинается увеличение объема, и через сутки оно достигает 0,1...1% первоначального объема. Портландцемент при твердении должен характеризоваться равномерностью изменения объема, так как неравномерность его приводит к снижению прочности и даже к разрушению цементного камня.

Для определения равномерности изменения объема из цементного теста нормальной густоты изготовляют лепешки. При постукивании хорошие лепешки после определенных условий твердения издают звонкий звук и имеют только усадочные трещины. Большое влияние на схватывание, твердение и нарастание прочности цементного камня оказывает окружающая среда.

Активность (марка) портландцемента характеризуется прочностными свойствами, которые оцениваются пределами прочности при изгибе и сжатии образцов-балочек. Предел прочности при изгибе определяют по трем образцам-балочкам размером 40×40×160 мм, изготовленным из цементно-песчаного раствора состава 1 : 3 по массе.

В первые 24±2 ч балочки хранят при температуре 20±2°С в формах в ванне с гидравлическим затвором. По истечении этого времени балочки освобождают от форм и осторожно укладывают в бассейн с водой в горизонтальном положении, где хранят при той же температуре до момента испытаний (27 сут).

Для проведения испытаний балочки вынимают из воды, вытирают тканью насухо и не позднее чем через 10 мин

испытывают на рычажном приборе типа Михаэлиса или на машине МИИ-100.

Полученные после испытания балочек на изгиб шесть половинок балочек сразу же подвергают испытанию на сжатие. Предел прочности при сжатии в возрасте 28 сут характеризует активность цемента $R_ц$, которая и определяет марку цемента.

Балочки и их половинки в зависимости от вида и марки цемента при испытании должны иметь пределы прочности при изгибе и сжатии не ниже величин, указанных в таблице 3.4.

3.4. Пределы прочности цемента при изгибе и сжатии

Цемент	Марка	Предел прочности (МПа) через 28 сут	
		при изгибе	при сжатии R
Портландцемент и портландцемент с минеральными добавками	400	5,5	40
	500	6,0	50
	550	6,2	55
	600	6,5	60
Сульфатостойкий портландцемент	400	5,5	40
Сульфатостойкий портландцемент с минеральными добавками	400	5,5	40
	500	6,0	50
Шлакопортландцемент	300	4,5	30
	400	5,5	40
	500	6,0	50
Пуццолановый портландцемент	300	4,5	30
	400	5,5	40

Портландцемент как вяжущее вещество, используемое при приготовлении цементных растворов и бетонов, характеризуют не только прочностными свойствами, но и стойкостью при взаимодействии с окружающей средой. Бетонные и железобетонные конструкции часто подвергаются воздействию агрессивной воздушной среды, пресной, морской, минерализованной воды. Эти воздействия значительно снижают прочность, повреждают или полностью разрушают цементный камень, а следовательно, бетонную конструкцию или сооружение. Совокупность этих явлений носит название коррозии цементного камня. Различают коррозионные процессы трех видов. Коррозия первого вида характеризуется выщелачиванием растворимых веществ цементного камня фильтрующейся через

бетон водой. Коррозия второго вида происходит вследствие обменных реакций между химическими составляющими цементного камня и жидкой агрессивной средой, в результате чего образуются растворимые соединения или продукты, не обладающие вяжущими свойствами. Коррозия третьего вида сопровождается образованием и накоплением в цементном камне раствора или бетона малорастворимых солей, увеличивающихся в объеме при переходе в твердую фазу.

Коррозия выщелачивания (первый вид). При твердении портландцемента в процессе гидролиза трехкальциевого силиката образуется гидрат окиси кальция $Ca(OH)_2$, который обладает большой растворимостью в воде. В результате проникания пресной воды диффузионным путем при длительном ее воздействии на бетон (цементный камень) понижается содержание $Ca(OH)_2$ в бетоне, происходит выщелачивание, начинают разлагаться другие гидратные соединения и цементный камень бетона становится пористым, понижается его прочность (особенно после выноса 25% CaO). Наиболее сильную коррозию наблюдают при действии мягкой природной, дистиллированной и конденсационной воды.

Магнезиальная и магнезиально-сульфатная коррозия (второй вид). Морские и некоторые грунтовые воды содержат в своем составе магнезиальные соли, которые вызывают магнезиальную коррозию цементного камня. Магнезиальные соли вступают во взаимодействие с $Ca(OH)_2$, образуя растворимую, хорошо вымывающуюся водой кальциевую соль и плохо растворимый гидрат окиси магния $Mg(OH)_2$ в виде рыхлой массы.

Наиболее сильное агрессивное воздействие на цементный камень оказывают сульфаты магния, так как они реагируют не только с $Ca(OH)_2$ и гидроалюминатами, но и с гидросиликатами, вызывая магнезиально-сульфатную агрессию, которая быстро разрушает бетон.

Углекислая коррозия (второй вид). При длительной фильтрации воды, содержащей CO_2, через бетон в первый период происходит взаимодействие между $Ca(OH)_2$ и CO_2 с образованием нерастворимого $CaCO_3$, который, отлагаясь в порах цементного камня, уплотняет бетон. При дальнейшем воздействии новых порций CO_2 на $CaCO_3$ образуется гидрокарбонат $Ca(HCO_3)_2$, который, вымываясь водой, разрушает бетон.

Сульфатная коррозия (третий вид). В минерализованных и морских водах встречаются растворы сульфатов. При

действии таких вод на цементный камень бетона они вступают во взаимодействие с трехкальциевым алюминатом по схеме

$$3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O + 3(CaSO_4 \cdot 2H_2O) + \\ + 19H_2O = 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O, \qquad (3.7)$$

образуя малорастворимый гидросульфоалюминат кальция, который увеличивает первоначальный объем цементного камня в 2,5 раза. В результате этого в цементном камне бетона появляются внутренние напряжения, вызывающие образование трещин. Растрескивание цементного камня приводит к разрушению бетона.

Коррозия, вызываемая щелочами цемента (третий вид). С течением времени содержащиеся в цементе щелочи вступают во взаимодействие с активным кремнеземом заполнителя бетона, вызывая его коррозию. При этой коррозии в порах и во внутренних слоях бетона вокруг реакционноспособного заполнителя появляются студнеобразные отложения, вызывающие расширение бетона, затем эти отложения исчезают, образуя трещины, после чего происходит разрушение бетона.

К активным кремнеземам относятся опал, вулканическое стекло, трепел, опока, глиеж и др., которые встречаются в горных породах, используемых в качестве заполнителя бетона.

Для защиты бетонных и железобетонных конструкций и сооружений от агрессивного воздействия окружающей среды применяют следующие мероприятия.

От действия минерализованных и пресных вод (коррозия выщелачивания, сульфатная): создают хорошие условия для карбонизации гидрата окиси кальция, в результате чего образуется углекислый кальций, который имеет растворимость, в 100 раз меньшую, чем $Ca(OH)_2$ (для этого бетонные и железобетонные блоки и изделия выдерживают 2...3 мес на воздухе с целью создания водостойкой корки из углекислого кальция толщиной в несколько миллиметров); вводят в цемент гидравлические добавки или применяют специальные цементы (глиноземистый, пуццолановые, шлаковые и др.), которые позволяют при твердении цементного камня не образовывать свободного $Ca(OH)_2$ или образовывать его в очень малых количествах; устраивают дренажи и водоотводы, которые ослабляют или исключают действие агрессивных грунтовых вод на цементный камень бетона;

применяют бетон высокой плотности; наносят на бетонную поверхность защитные покрытия (обмазки).

Для предотвращения углекислотной коррозии вокруг бетонных сооружений или конструкций устраивают засыпки из карбонатных пород, которые смягчают агрессивность воды в процессе ее фильтрации через материал засыпки.

Для предупреждения коррозии, вызываемой щелочами цемента, ограничивают количество щелочей в бетоне, вводят тонкомолотые, гидрофобизующие и воздухововлекающие добавки, исключают применение заполнителей, содержащих реакционноспособный кремнезем.

Портландцемент широко применяют в гидромелиоративном и гидротехническом строительстве при приготовлении строительных растворов, возведении монолитных бетонных и железобетонных конструкций и сооружений, производстве сборных бетонных и железобетонных конструкций. Использование портландцемента целесообразно в тех случаях, когда конструкции и сооружения не подвергаются агрессивному воздействию окружающей среды. Себестоимость портландцемента колеблется в широких пределах (от 8 до 29 р. за 1 т). При применении портландцемента следует учитывать снижение его активности при хранении (свойственно всем видам цемента) — после 3 мес хранения на 8...20%, после 6 мес на 14...29%, после года на 18...39%. Портландцемент высоких марок (500, 550 и 600) применяют в тех случаях, когда необходимо получить бетон с высокой прочностью в раннем возрасте.

Для удовлетворения специфических требований строительства (стойкость к агрессивной среде и др.), повышения долговечности сооружений и конструкций, сокращения стоимости их и расхода цемента промышленность выпускает целый ряд разновидностей портландцемента.

Гидрофобный портландцемент получают путем введения в обычный портландцемент при его помоле гидрофобизующих добавок в виде мылонафта, асидола, асидол-мылонафта, окисленного петролатума, олеиновой кислоты, ГКЖ-10, ГКЖ-11, ГКЖ-94 в количестве 0,06...0,3% массы цемента в пересчете на сухое вещество (см. гл. 4). Основное назначение гидрофобизации — повышение сохранности цемента при хранении и перевозке в условиях воздушно-влажной среды. Этот цемент имеет пониженную гигроскопичность (в 3...5 раз), малый капиллярный подсос (в 1,5...2 раза), хорошо сохраняется во влажной атмосфере. Он не впитывает воду в течение 5 мин от момента нанесения ее капли на

его поверхность (обычный цемент впитывает воду за 1...2 с). Применение синтетических поверхностно-активных добавок (ЛЭГФ, ОП и К) позволяет сохранить активность гидрофобного цемента в течение длительного времени. Гидрофобный цемент применяют в гидромелиоративном, гидротехническом, дорожном, аэродромном и других видах строительства. Бетон на гидрофобном цементе обладает низким водопоглощением, повышенной морозостойкостью, водонепроницаемостью, хорошей стойкостью к попеременному увлажнению и высыханию. Гидрофобный цемент позволяет сократить расход цемента на 5...8% по сравнению с обычным портландцементом.

Пластифицированный портландцемент получают при совместном помоле клинкера портландцемента, гипса и минеральных добавок с введением пластифицирующей поверхностно-активной добавки обычно в виде концентрата сульфитно-дрожжевой бражки (СДБ) в количестве 0,15...0,25% массы цемента в пересчете на сухое вещество (см. гл. 4). Применение этого цемента в растворах и бетонах придает им повышенную подвижность и удобоукладываемость, морозостойкость, водонепроницаемость, стойкость к многократному попеременному увлажнению и высыханию (в пресной воде). Благодаря хорошей удобоукладываемости пластифицированный портландцемент позволяет сократить расход цемента до 10%, не понижая прочности бетона. При повышенной дозировке СДБ проявляется замедление гидратации, твердение цементного камня, воздухововлечение с понижением прочности.

Быстротвердеющий портландцемент (ГОСТ 10178—76 *) имеет повышенное содержание C_3S и C_3A. Его получают при совместном тонком помоле портландцементного клинкера и гипса с введением не более 10% активных минеральных добавок и не более 15% доменных гранулированных шлаков. Обжиг клинкера ведут при более высоких температурах. Тонкость помола выше, чем у портландцемента, она колеблется в пределах 3500...4000 см²/г (у обычного цемента 2800...3000 см²/г). Этот цемент интенсивно твердеет в первые 3 сут. Через 1 сут он набирает 30...40% марочной прочности, через 3 сут — 60...70%. При температуре пропарки 70...80°С через 4...6 ч прочность цемента возрастает до 80% марочной (28-суточной), что позволяет сократить продолжительность изотермического прогрева. Применение этого цемента позволяет увеличить оборачиваемость опалубки и производительность пропарочных камер, изготовлять высокопрочные и предварительно напряженные железобетонные изделия и конструкции.

Особобыстротвердеющий портландцемент имеет еще более высокое содержание C_3S и C_3A. Его используют в жестких бетонных смесях при чистых заполнителях для изготовления высокопрочных бетонов. Прочность его интенсивно нарастает в ранние сроки твердения (через 3 сут). Бетоны, изготовленные на этом цементе, достигают после 3-суточного твердения в обычных условиях или после 12...14-часового пропаривания в камере прочности более 40 МПа.

Водонепроницаемый расширяющийся портландцемент получают при совместном помоле портландцементного клинкера (82%), двуводного гипса (10%) и богатого кремнеземом алунита, обожженного при 600...700°С (18%).

Напрягающий цемент (НЦ) — продукт тонкого помола портландцементного клинкера (65...70%), высокоглиноземистого шлака (16...20%) и двуводного или строительного гипса (14...16%). Линейное расширение — 3...4% в свободном состоянии, 0,25...0,79% — в упругоограниченном состоянии. Возникающие в процессе линейного расширения при схватывании и твердении растягивающие напряжения передаются арматуре, которая при этом процессе предварительно напрягается. Напрягающий цемент применяют при изготовлении предварительно напряженных конструкций, труб, строительстве резервуаров и др.

Высокопрочный портландцемент (табл. 3.5) — это цемент с активностью более 60 МПа. Клинкер для высокопрочного портландцемента должен быть высококачественным. Содержание активных минеральных добавок допускается не более 5...8%.

3.5. **Гранулометрический состав высокопрочного портландцемента**

Марка портландцемента	Площадь удельной поверхности, см²/г	Содержание (% по массе) частиц размером, мкм			
		<5	5...30	30...60	>60
600	3000	5...12	30...50	30...45	15
700	3200...4000	15...25	45...70	20...35	10
800	<6000	15...30	55...75	3...25	1

Высокопрочный портландцемент обеспечивает получение в стандартных условиях изделий с высокой механической прочностью, позволяет сократить расход цемента.

Сульфатостойкий цемент (ГОСТ 22266—76) изготовляют из клинкера портландцемента с определенным минералогическим составом (табл. 3.6).

3.6. Содержание минералов (% по массе) в клинкере сульфатостойких цементов

Минерал	Сульфатостойкий портландцемент	Сульфатостойкий портландцемент с минеральными добавками	Сульфатостойкий шлакопортландцемент
Трехкальциевый силикат C_3S	50	Не нормируются	
Трехкальциевый алюминат C_3A	5	5	8
C_3A+C_4AF	22	22	Не нормируется
MgO	5	5	5

Для улучшения пластификации и гидрофобности в сульфатостойкий портландцемент вводят СДБ, сульфитно-спиртовую барду (ССБ), мылонафт и другие добавки. Этот цемент имеет пониженную экзотермию при твердении и высокую стойкость в сульфатных водах. Применяют его для изготовления конструкций наружных зон гидромелиоративных, гидротехнических и других сооружений, подвергающихся агрессивному воздействию сульфатных вод при одновременном систематическом многократном замораживании и оттаивании, увлажнении и высыхании. Его также широко применяют при возведении бетонных и железобетонных конструкций, работающих в подводных и подземных частях сооружений в условиях сульфатной агрессии.

Тампонажный портландцемент (ГОСТ 1581—78) получают путем совместного тонкого помола клинкера портландцемента и различных добавок. Состав тампонажного цемента зависит от конкретных условий его использования. В утяжеленном цементе в качестве добавок применяют гипсовый камень (3...5%) и утяжеляющие породы — магнезит, гематит, баритовый шпат, свинецсодержащие породы (до 60%); в песчанистом — кварцевый песок (до 50%); в солестойком — доменный гранулированный шлак (не менее 35 и не более 50%) или активные минеральные добавки — трепел, вспученный перлит и т. п. (не более 20%). В низкогигроскопичный цемент в процессе помола клинкера добавляют поверхностно-активные добавки триэтаноламина (от

0,025 до 0,05% массы цемента). Расширяющийся тампонажный цемент получают путем тонкого помола портландцементного клинкера или доменного шлака (88...95%) и окиси каустического магния (5...12%).

Тампонажный цемент предназначается для «холодных» с температурой до 40°С и «горячих» скважин с температурой 40...90°С. Начало схватывания тампонажных цементов для холодных скважин должно наступать не ранее чем через 2 ч, для горячих — через 1 ч 45 мин.

Для холодных скважин конец схватывания утяжеленного, песчанистого и низкогигроскопичного цемента не позднее 12 ч, солестойкого — 20 ч, а для горячих скважин солестойкого цемента — 10 ч, остального — 5 ч.

Тампонажный цемент предназначается для цементации пластов, крепления обсадных колонн, цементации скважин в процессе их бурения и эксплуатации, применяется также при строительстве глубинных подземных сооружений.

Пуццолановый портландцемент состоит из портландцемента и гидравлических добавок (см. гл. 4). Его изготовляют путем совместного помола смеси из клинкера портландцемента (не менее 45%), гипса (не более 3,5%) и активных добавок (не менее 20 и не более 40%). Осадочных добавок должно быть не менее 20 и не более 30%, вулканических — не менее 25 и не более 40% массы цемента. Пуццолановый портландцемент имеет пониженное тепловыделение. Морозостойкость и атмосферостойкость бетона на этом цементе ниже, чем у бетона на обычном портландцементе. Этот цемент имеет повышенную водостойкость и стойкость к агрессивной среде. Применяют его только в конструкциях и сооружениях, работающих в подземных и подводных средах, подвергающихся действию пресных и минерализованных вод. Разновидность пуццоланового портландцемента — глиежпортландцемент, выпускаемый цементными заводами Узбекистана.

Шлакопортландцемент в своем составе имеет гидравлическую добавку в виде гранулированного доменного или электротермофосфорного шлака, охлаждаемого по специальному режиму (см. гл. 4). Его получают путем совместного помола портландцементного клинкера (не менее 30%), шлака (20...80%) и гипсового камня (до 3,5%). Обычное содержание основных гранулированных шлаков 50...60%, а кислых 30...40%. Иногда до 8...15% шлака заменяют активной кремнеземистой добавкой (трепел, опока и др.), что способствует повышению прочностных качеств цемента.

Высокопрочные шлакопортландцементы марки 500 и выше получают путем совместного помола порошка портландцемента с гранулированным доменным шлаком. Шлакопортландцемент имеет медленное нарастание прочности в начальные сроки твердения (до 60 сут), однако в дальнейшем скорость нарастания прочности возрастает. Он чувствителен к окружающей температуре (термообработка допускается при 90...95°С), стоек при воздействии на него мягких и сульфатных вод, имеет пониженную морозостойкость. Изделия, изготовляемые на основе шлакопортландцемента, следует подвергать тепловлажностной обработке в пропарочных камерах и автоклавах. Ускоряют процесс его твердения также путем введения добавок типа хлористых солей натрия, кальция, железа или 2...5% свежеобожженной извести.

Быстротвердеющий шлакопортландцемент обладает более интенсивным нарастанием прочности в начальный период твердения. Количество доменного гранулированного шлака в таком цементе составляет не менее 30 и не более 50% массы цемента. В 3-суточном возрасте в условиях нормального твердения быстротвердеющий шлакопортландцемент имеет марку 200. Шлакопортландцемент широко применяют при строительстве массивных бетонных гидротехнических сооружений. Не рекомендуется применять его в конструкциях, подвергающихся систематическому замораживанию и оттаиванию, увлажнению и высыханию. Стоимость шлакопортландцемента на 15...20% ниже стоимости портландцемента. В настоящее время около 25% всего выпускаемого цемента в нашей стране приходится на шлакопортландцемент.

Карбонатный портландцемент получают путем совместного помола цементного клинкера с 30% известняка. Он обладает пониженным тепловыделением при твердении, повышенной стойкостью в условиях углекислой агрессии.

Белый и цветной портландцементы изготовляют из маложелезистого клинкера, содержащего 23,5...25,5% SiO_2, 5,5...7% Al_2O_3 и до 0,5% Fe_2O_3. Для изготовления этих цементов используют наиболее чистое карбонатное и песчано-глинистое сырье (чистые известняки и др.).

Белый портландцемент (ГОСТ 965—78) получают при тонком помоле белого маложелезистого цементного клинкера совместно с добавкой белого диатомита (до 6%) и гипса (до 3,5%). Он имеет высокую степень белизны. По степени

белизны белый портландцемент выпускают трех сортов. Активность его клинкера до 50 МПа.

Цветной портландцемент (ГОСТ 15825—80) получают путем тонкого помола белого (или цветного) маложелезистого клинкера, активной минеральной добавки (не более 6%), белого диатомита, чистого гипсового камня (до 3,5%) и специальных красящих синтетических или природных добавок — пигмента (не более 15%). При изготовлении желтого цемента применяют охру, красного — железный сурик, черного (коричневого) — двуокись марганца, зеленого — окись хрома, голубого — кобальт, ультрамарин.

Белый и цветной цементы являются эффектным отделочным материалом, обладают хорошей цветоустойчивостью, адгезионной способностью, повышенной усадкой при твердении и пониженной коррозионной стойкостью и морозостойкостью. Их применяют для приготовления бетонных смесей и растворов для отделочных работ, при изготовлении архитектурных деталей, изделий и элементов конструкций

Глиноземистый цемент (ГОСТ 969—77) — быстротвердеющее гидравлическое вяжущее вещество. Этот цемент получают обжигом до плавления или спекания при 1500...1650°С смеси извести и бокситов. Клинкер глиноземистого цемента получают как шлак при выплавке чугуна в доменных печах из бокситовой железной руды с добавкой известняка и железного лома. Глиноземистый цемент имеет более высокую стоимость (в 5...6 раз), чем портландцемент. Основные клинкерные минералы глиноземистого цемента — алюминаты кальция (30...35%), главным из которых является однокальциевый алюминат. Твердение глиноземистого цемента при затворении его водой происходит вследствие гидратации алюминатов кальция. При этом процессы кристаллизации и уплотнения геля происходят гораздо быстрее, чем геля портландцемента, с бо́льшим выделением тепла. Марку глиноземистого цемента определяют в возрасте 3 сут. Начало схватывания наступает не ранее 30 мин, а конец — не позднее 12 ч от момента затворения. Сроки схватывания глиноземистого цемента можно сократить введением в него 8...10% извести или портландцемента, однако при этом существенно снижается прочность цементного камня. Выделение тепла при твердении может быть уменьшено введением в цемент до 25...30% ангидрита. Марки глиноземистого цемента: 400, 500 и 600. Особенность глиноземистого цемента — снижение его прочности во время твердения при температуре выше +25°С вследствие

образования трехкальциевого гидросиликата и шестиводного гидроалюмината. Этот цемент нельзя применять при тепловой обработке изделий, в бетонных конструкциях, подвергающихся действию вод, содержащих щелочи, а также в массивных конструкциях, поскольку он обладает большой экзотермией. Бетон на глиноземистом цементе обладает высокой водостойкостью, морозостойкостью, стойкостью к растворам сульфатов кальция и магния, а также к воздействию высоких температур. Иногда в глиноземистый цемент вводят до 30% кислого доменного гранулированного шлака, что способствует уменьшению усадки цементного камня, снижению экзотермии и стоимости цемента. Глиноземистый цемент целесообразно применять при аварийных и ремонтных работах, когда необходимо получить высокую прочность бетонируемой конструкции в короткий срок, возведении конструкций, подверженных систематическому замораживанию и оттаиванию, увлажнению и высыханию в зимнее время, или при пониженных температурах эксплуатации сооружений в морской воде и в водных растворах сульфатов. Его также применяют при изготовлении различных видов расширяющихся цементов.

Водонепроницаемый расширяющийся гипсоглиноземистый цемент получают путем совместного помола или смешения тонкоизмельченных глиноземистого цемента (70%), гипса (до 20%) и четырехкальциевого алюмината (до 10%). Начало схватывания наступает не ранее чем через 4 мин, конец — не позднее 10 мин. При твердении он расширяется на 0,5...0,7%. Для замедления сроков схватывания добавляют 0,12...0,20% виннокаменной кислоты. Марка этого цемента 500. Все виды расширяющихся цементов применяют для зачеканки швов тюбингов, раструбных соединений труб, деформационных швов, заделки стыков сборных бетонных и железобетонных конструкций, трещин, при приготовлении гидроизоляционных штукатурок.

Гипсоглиноземистый расширяющийся цемент (ГРЦ) получают при совместном помоле высокоглиноземистых шлаков (70%) и двуводного гипса (30%). Этот цемент имеет хорошее сцепление со старым бетоном, обладает высокой сульфатостойкостью. Цементный камень из этого цемента через 28 сут увеличивается в объеме на 0,3...1%.

Гипсошлакоглиноземистый цемент получают путем смешивания тонкомолотых глиноземистого цемента (45%), доменного гранулированного шлака (25%) и двуводного гипса (30%).

Водонепроницаемый безусадочный цемент (ВБЦ) — тщательно перемешанная или совместно тонкомолотая смесь глиноземистого цемента (не менее 85%), гипса и извести с соотношением 0,5 : 1. Этот цемент быстросхватывающийся и быстротвердеющий. Его применяют только в условиях повышенной влажности для устройства торкретных облицовок бетонных и железобетонных подземных сооружений.

Вяжущие вещества автоклавного твердения: известково-кварцевый цемент (совместный помол 30...50% извести и 50...70% кварцевого песка); шлаковое вяжущее вещество, получаемое путем совместного тонкого помола нестандартных гранулированных шлаков, медленно охлажденных шлаков черной и цветной металлургии, шлаков электротермической возгонки фосфора, а также золы с активизаторами твердения. В качестве активизаторов твердения применяют портландцементный клинкер, цемент или известь (10...20%), гипс (3...5%), иногда кварцевый песок (до 10...15%). Цементы автоклавного твердения применяют при изготовлении изделий и конструкций из плотных и ячеистых бетонов, подвергающихся обработке паром с температурой 175...200°С под давлением 0,75...1,2 МПа в автоклавах.

Нефелиновый цемент представляет тонкомолотое вяжущее, состоящее из смеси нефелинового шлама — продукта комплексной переработки нефелиновых пород (до 40%), извести или портландцементного клинкера и гипса. Наиболее целесообразно использовать нефелиновый цемент при изготовлении изделий автоклавного производства.

Для приготовления кладочных и штукатурных растворов используют цементы, которые должны обеспечивать хорошую пластичность цементного теста, сцепление с кирпичом (камнем), минимум усадки. Для этой цели используют тонкоизмельченные смеси: 30% портландцементного клинкера, до 70% извести; не менее 25% клинкера, до 25% активных минеральных добавок, 45% кварцевого песка или известняка; до 20% клинкера, не более 50% гранулированного шлака, 30% активных минеральных добавок; не менее 30% клинкера, до 30% пыли электрофильтров клинкерообжиговых печей, 40% трепела.

Для экономного расходования цемента необходимо: применять цемент (по виду, минералогическому составу) в соответствии с нормативными документами; определять требуемый расход цемента, его активность и состав растворов и бетонов согласно действующим рекомендациям; шире

использовать пластифицирующие и гидрофобизующие добавки как в самом цементе, так и в процессе приготовления растворов и бетонной смеси; хранить цементы в соответствии с требованиями по хранению вяжущих веществ; тщательно очищать силосы и складские емкости от вяжущих (не оставлять в них остатков).

13. Упаковка, транспортировка и хранение вяжущих веществ

Строительный гипс обычно транспортируют без тары в закрытых и соответствующим образом оборудованных автомобилях и вагонах. При транспортировке гипса в неприспособленном транспорте его упаковывают в бумажные четырех-шестислойные мешки. При хранении гипса необходимо защищать его от увлажнения и загрязнения посторонними примесями. Предельный срок хранения гипса 2,5...3,0 мес.

Комовую воздушную негашеную известь транспортируют навалом или в контейнерах. Порошкообразную воздушную негашеную известь транспортируют в цементовозах, контейнерах или в бумажных битуминизированных мешках из крафт-целлюлозы. Известь гидратную (пушонку) транспортируют в цементовозах, контейнерах или в непропитанных бумажных мешках из крафт-целлюлозы. При транспортировке, хранении, погрузке и разгрузке негашеную известь необходимо предохранять от распыления, увлажнения и загрязнения посторонними примесями. Порошкообразную негашеную известь в бумажных мешках хранят в сухих закрытых помещениях не более 15 сут с момента ее изготовления. Мешки с известью следует укладывать в штабель высотой до 1,5...2 м. Пол склада должен быть приподнят над уровнем земли не менее чем на 50 см. Срок хранения негашеной молотой извести в герметичной таре не ограничен.

Цемент транспортируют в контейнерах, цементовозах, закрытых, специально оборудованных вагонах и автомобилях. При отсутствии специального транспорта цемент транспортируют в многослойных бумажных мешках. При хранении и транспортировке цемента соблюдают меры по его предохранению от увлажнения и загрязнения посторонними примесями. Цемент транспортируют и хранят раздельно по видам и маркам. Для хранения цемента следует, как правило, применять силосные склады. Нельзя хранить цемент в одном помещении с известью, гипсом, мелом и другими пылевидными материалами. Цемент, упакованный

в мешках, следует хранить в штабелях высотой по шесть-восемь рядов. Высота складирования цемента в силосах не ограничивается при условии периодической перекачки его. Цемент высоких марок следует хранить не более двух-трех недель.

Глава 4. СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ

14. Общие сведения

Строительные растворы представляют тщательно отдозированные вяжущие мелкозернистые смеси, состоящие из неорганического вяжущего вещества (цемент, известь, гипс, глина), мелкого заполнителя (песка, дробленого шлака и т. п.), воды и в необходимых случаях добавок (неорганических или органических). В свежеприготовленном состоянии их можно укладывать на основание тонким слоем, заполняя все его неровности. Они не расслаиваются, схватываются, твердеют и набирают прочность, превращаясь в камневидный материал.

Строительные растворы используют при каменных кладках, отделочных, гидроизоляционных, ремонтных и других работах. Их классифицируют по средней плотности: тяжелые со средней плотностью 1500 кг/м³ и более, легкие со средней плотностью менее 1500 кг/м³; виду вяжущего: цементные, известковые, гипсовые, глиняные, цементно-известковые и т. п.; назначению: гидроизоляционные, тампонажные, инъекционные, кладочные, отделочные, акустические и др.; пределу прочности при сжатии: марки 4, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200 и 300 (цифры даны в 10^5 Па); морозостойкости: марки Мрз 10, Мрз15, Мрз 25, Мрз 35, Мрз 50, Мрз 100, Мрз 150, Мрз 200, Мрз 300 (цифры определяют число циклов замораживания и оттаивания).

Растворы, приготовленные на одном виде вяжущего вещества, называют простыми, из нескольких вяжущих веществ — смешанными (цементно-известковый и т. п.). Строительные растворы, приготовленные на воздушных вяжущих, называют воздушными (глиняные, известковые, гипсовые и др.), на гидравлических — гидравлическими (цементные). Состав растворов выражают двумя (простые 1 : 4) или тремя (смешанные 1 : 0,5 : 4) числами, показывающими объемное (или массовое) соотношение количества вя-

жущего и мелкого заполнителя. В смешанных растворах первое число выражает объемную (или массовую) часть основного вяжущего вещества, второе — объемную (или массовую) часть дополнительного вяжущего вещества по отношению к основному. В зависимости от соотношения количества вяжущего вещества и мелкого заполнителя растворные смеси подразделяют на жирные — с содержанием большого количества вяжущего вещества (обладают большой пластичностью и значительной усадкой), нормальные — с обычным содержанием вяжущего вещества (нормальнопластичные), тощие, содержащие относительно небольшое количество вяжущего вещества (малопластичные с незначительной усадкой).

Для приготовления строительных растворов лучше использовать песок с зернами, имеющими шероховатую поверхность, содержащий не более 5% глинистых частиц и пыли. Песок предохраняет раствор от растрескивания при твердении (меньшая усадка), снижает его стоимость. Для затворения растворных смесей применяют обычную питьевую воду из водопровода или воду из природных источников.

Состав растворов назначают или подбирают в зависимости от области их использования. Подобранный состав раствора должен обеспечивать необходимую подвижность и прочность его без расслоения и водоотделения при минимальном расходе вяжущего вещества. Известковые и цементные растворы при твердении уменьшаются в объеме (дают усадку), гипсовые — увеличиваются. Чтобы уменьшить или исключить изменение объема, применяют специальные расширяющиеся или безусадочные цементы, полимерные и другие добавки. Марку растворов по пределу прочности определяют по образцам-балочкам размером $4\times4\times16$ см или образцам-кубам размером $7{,}07\times7{,}07\times7{,}07$ см после 28-суточного твердения при температуре 20 ± 3°С.

15. Растворы

Гидроизоляционные растворы (водонепроницаемые) — цементные растворы состава 1 : 1—1 : 3,5 (обычно жирные), в которые добавляют церезит, алюминат натрия, растворимое стекло, хлоралюмокальций, нитрат кальция, хлористое железо, битумную эмульсию, полимеры и т. п.

Церезит представляет сметанообразную массу белого или желтого цвета, получаемую из анилиновой кислоты, извести, аммиака, водного раствора сульфата аммония. Церезит заполняет мелкие поры, увеличивает плотность раствора, делая его водонепроницаемым.

Для заделки трещин в каменных конструкциях, устройства водонепроницаемых покрытий по сырым поверхностям применяют растворные смеси с алюминатом натрия. Растворы с добавкой алюмината натрия имеют повышенную стойкость против размыва водой.

Растворы с добавкой растворимого стекла быстро схватываются и создают прочные, водонепроницаемые покрытия. Их используют при заделке трещин и раковин, из которых сочится вода.

Растворы с добавкой хлоралюмокальция (2,5...5% массы цемента) могут твердеть при низких температурах, имеют повышенные водонепроницаемость и прочность.

Растворы с добавкой нитрата кальция укладывают (наносят) только при положительных температурах (не ниже +5°С). Они требуют в течение первых 5...7 сут периодического увлажнения или специального ухода с целью их предохранения от быстрого высыхания.

Растворы с добавкой хлористого железа применяют для устройства гидроизоляционных стяжек и покрытий повышенной прочности.

Растворы с добавкой битумной эмульсии или полимеров имеют повышенный предел прочности при растяжении.

Для приготовления гидроизоляционных растворов используют портландцемент, пуццолановый, сульфатостойкий и гидрофобный портландцементы, глиноземистый, водонепроницаемый расширяющийся (ВРЦ) и безусадочный (ВБЦ) цементы марки не ниже 400. В качестве мелкого заполнителя в гидроизоляционных растворах используют песок с модулем крупности 2...3 для стяжек, 2,5...3,5 для торкретных работ.

Тампонажные растворы применяют для заделки водоносных трещин и пустот в горных породах, а также для заполнения пространства между креплением выработки и породой с целью гидроизоляции шахтных стволов и тоннелей и равномерности распределения горного давления на облицовки (крепи). Эти растворы бывают цементно-песчаные, цементно-песчано-суглинистые, цементно-суглинистые. Они по условиям эксплуатации должны обладать хорошей однородностью, водостойкостью, подвижностью, прочностью и стойкостью к агрессивным водам. В качестве вяжущих материалов в обычных гидрогеологических усло-

виях используют портландцемент; при наличии агрессивных сред — шлакопортландцемент, пуццолановый, сульфатостойкий портландцементы; при наличии напорных вод — тампонажный портландцемент. Состав этих растворов различен: от 1 : 4 до 1 : 15 (цементно-песчаные или суглинистые) или от 1 : 2 : 2 до 1 : 5 : 10 (цементно-песчано-суглинистые).

Инъекционные растворы используют при омоноличивании строительных швов гидротехнических сооружений и швов сборных железобетонных элементов и конструкций. Для этой цели применяют цементно-коллоидные растворы, которые подают в швы методом инъекции. После твердения такие растворы образуют достаточно однородный и плотный цементный камень. Заполнение каналов предварительно напряженных конструкций с целью защиты арматуры от коррозии, заделки трещин в бетоне и скальных породах обычно осуществляют цементно-песчаными растворами или цементным тестом марки не ниже 300 при В/Ц=0,35...0,45. Марка цемента 400 и выше. Расход цемента на 1 м³ раствора составляет 1100...1400 кг, на 1 м³ теста — 1300... 1600 кг.

Кладочные (строительные) растворы используют при кладке каменных стен, подземных сооружений, замоноличивании стыков крупноэлементных зданий. Они бывают цементно-известковые, цементно-глиняные, известковые и цементные. Для каменных конструкций, работающих в условиях агрессивной среды, целесообразно применять строительные растворы, приготовленные на пуццолановом и сульфатостойком портландцементах.

Цементно-известковые и цементно-глиняные растворы применяют при возведении надземных конструкций и фундаментов в маловлажных грунтах. Известковые растворы используют при каменной надземной кладке зданий и сооружений со сроком службы до 50 лет. При кладке фундаментов, расположенных ниже уровня грунтовых вод, применяют цементные растворы. Для кладок армированных, подвергающихся сотрясению (от машин) перемычек и сводов применяют цементные или смешанные растворы марок от 25 до 100. Адгезия раствора в каменной кладке улучшается при увлажнении кирпича (особенно в сухую погоду). Для изготовления крупных кирпичных блоков, виброкирпичных панелей и бетонных блоков применяют цементные растворы марок 25, 50, 75, 100 и 150. Для заполнения швов и стыков при монтаже стен из панелей или блоков, а также для заделки швов между плитами перекрытий и покрытий применяют цементные растворы марок 50, 75, 100 и выше.

С целью экономии цемента при приготовлении раствора на портландцементе высоких марок применяют тонкодисперсные и тонкомолотые добавки.

Отделочные (штукатурные) растворы подразделяют по назначению на наружные и внутренние, по расположению в штукатурке на подготовительные и отделочные. Для оштукатуривания наружных каменных стен, цоколей, карнизов и других конструкций, подвергающихся систематическому увлажнению, а также внутренних каменных стен, перегородок и перекрытий в помещениях с относительной влажностью воздуха выше 60% рекомендуют применять цементные растворы, изготовленные на пуццолановом портландцементе, шлакопортландцементе, портландцементе с минеральными молотыми добавками. Наружные каменные стены зданий, не подвергающиеся систематическому увлажнению, оштукатуривают цементно-известковыми или известковыми растворами. Для оштукатуривания внутренних стен, перегородок и перекрытий в помещениях с относительной влажностью воздуха менее 60% применяют известковые, известково-гипсовые, гипсовые и в отдельных случаях цементно-известковые растворы. К отделочным растворам относят декоративные растворы, которые применяют при заводской отделке лицевых поверхностей стеновых панелей и блоков, устройстве цветных штукатурок наружных фасадов, декоративных штукатурок во внутренних помещениях зданий. В качестве вяжущего вещества применяют обычный портландцемент, белый и цветные портландцементы, известь, гипс и др. Для повышения подвижности, водоудерживающей способности и атмосферостойкости растворов применяют гидрофобные и пластифицирующие добавки.

Акустические растворы — легкие растворы, обладающие хорошей звукоизоляцией, в связи с чем их применяют в качестве звукопоглощающей прослойки. Приготовляют эти растворы из портландцемента, шлакопортландцемента, извести, гипса и других вяжущих веществ с использованием в качестве заполнителя легких пористых материалов (пемзы, перлита, керамзита, шлака и т. д.).

Растворы для полов бывают цементно-песчаные и цементно-опилочные. Цементно-песчаные растворы марки не ниже 50 применяют для устройства стяжек под полы. Для получения водонепроницаемых полов при облицовке их плитами

используют цементно-песчаные растворы марки не ниже 150. При устройстве полов из брусчатки, клинкерного кирпича, чугунных дырчатых и бетонных плит, цементно-песчаных, мозаичных, ксилолитовых, керамических и других плиток применяют растворы марок не ниже 75. Для устройства оснований под полы применяют цементно-опилочные растворы, состоящие из портландцемента или ангидритового вяжущего вещества, песка и мелких древесных опилок. Через 6 сут после затвердевания такой раствор имеет предел прочности при сжатии не менее 5 МПа.

Полимерцементные растворы обладают мелкопористой структурой, хорошей водонепроницаемостью, повышенной прочностью при растяжении и изгибе, хорошей адгезией, незначительной усадкой. При приготовлении таких растворов применяют полимерные добавки — гидрофобизующую жидкость ГКЖ-94, синтетический латекс, поливинилацетатную эмульсию (ПВАЭ), модифицированные фурановые смолы и др. Полимерные добавки в этих растворах выполняют роль вяжущего материала в дополнение к неорганическим вяжущим материалам. Количество добавок, определяемое лабораторным путем, обычно составляет не менее 25% массы цемента. Полимерцементные растворы используют в отделочных, гидроизоляционных работах, а также при заделке трещин, раковин, отколов и т. п.

16. Растворы для работ в зимних условиях

При температуре окружающего воздуха ниже 0°С создаются дополнительные трудности для процесса укладки строительных растворов, так как вода в растворе замерзает, в результате чего прекращаются гидратация цемента и процесс твердения раствора, а кроме того, вода при переходе в лед увеличивает объем раствора. Для предохранения раствора от замерзания его подают на место укладки теплым или вводят в состав растворной смеси специальные добавки: хлористый кальций, хлористый аммоний, поташ, хлористый натрий, аммиачную воду, вытяжку из хлорной извести, нитрит натрия, нитрит-нитрат кальция, нитрит-нитрат-хлорид кальция и др. Концентрация добавок в незамерзающих растворных смесях зависит от температуры наружного воздуха. Запрещается применять замерзший раствор, разведенный горячей водой. Замерзший до начала схватывания раствор необходимо оттаять и переработать.

Глава 5. ОБЫЧНЫЙ БЕТОН НА ГИДРАТАЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВАХ

17. Общие сведения

Бетон — искусственный каменный материал, получаемый в результате затвердевания бетонной смеси, состоящей из отдозированных в определенном соотношении гидратационных вяжущих веществ (цементирующих), мелких (песок) и крупных (щебень или гравий) заполнителей, воды и в необходимых случаях добавок (неорганических, органических).

В правильно отдозированных составах бетона вяжущий материал составляет 8...15% общей массы бетона, а заполнители, которые являются местными материалами (песок, гравий, щебень),— 85...90%. Применяемые в бетоне песок и крупный заполнитель не только сокращают расход вяжущего материала, но и уменьшают деформации, усадку, ползучесть и экзотермию. Хотя заполнители не активные химические компоненты бетона, они играют большую роль в формировании его свойств, структуры, трещиностойкости и др. Бетонный камень обладает достаточной прочностью, водостойкостью, плотностью, морозостойкостью, огнестойкостью и долговечностью.

Обладая достаточно высокой прочностью при сжатии, бетон плохо сопротивляется растягивающим и изгибающим напряжениям (прочность при растяжении составляет $^1/_{10}...^1/_{17}$ предела прочности при сжатии, а при изгибе — $^1/_6...^1/_{10}$), поэтому его используют там, где он будет воспринимать только сжимающие напряжения (в фундаментах, стенах, столбах и т. п.). При изготовлении из железобетона изгибаемых, растягиваемых элементов (балок, плит) и конструкций (ферм, стропильных балок) в растянутую зону бетона вводят стальную арматуру, которая благодаря хорошему сцеплению с бетоном (близкие значения их коэффициентов линейного растяжения) воспринимает не только сжимающие, но и растягивающие усилия, обеспечивая прочность железобетонной конструкции.

Из бетонной смеси можно возводить бетонное сооружение любой конфигурации без использования высококвалифицированной рабочей силы. Кроме того, сам процесс укладки бетонной смеси может быть полностью механизи-

рован. Благодаря всем этим своим весьма высоким строительно-техническим и экономическим свойствам бетон нашел самое широкое распространение в строительстве. Его применяют при строительстве зданий и сооружений гидромелиоративного, гражданского, промышленного, гидроэнергетического, сельскохозяйственного и другого назначения, при изготовлении сборных бетонных и железобетонных изделий и конструкций.

Бетон на гидратационных вяжущих веществах классифицируют по средней плотности, назначению, виду вяжущего вещества, крупности крупного заполнителя, пределам прочности при осевом сжатии R, осевом растяжении $R_р$, растяжении при изгибе $R_{р.и}$, морозостойкости Мрз, водонепроницаемости B и другим факторам (табл. 5.1).

Марка бетона характеризуется пределами прочности при сжатии, осевом растяжении, растяжении при изгибе, морозостойкостью и водонепроницаемостью. Марки бетона устанавливают путем испытания образцов определенной формы и размеров, хранимых в определенных условиях. Формовать образцы следует не позднее чем через 15 мин после приготовления бетонной смеси. Пределы прочности определяют при испытании трех стандартных образцов после 28-суточного хранения (или при другом возрасте, например, для гидротехнического бетона массивных сооружений в возрасте 180 сут) в среде с нормальными температурой ($t=20\pm2$°С) и влажностью ($\varphi\geqslant90\%$). Перед испытанием влажные образцы предварительно выдерживают не менее 2 ч в помещении с относительной влажностью воздуха $\varphi=40...60\%$ при температуре $t=20\pm2$°С. Предел прочности бетона вычисляют для каждого образца по формулам:

при сжатии

$$R=K_м K_ш P/F; \tag{5.1}$$

при осевом растяжении

$$R_р=K_м K_ш P/F; \tag{5.2}$$

при растяжении при раскалывании

$$R_{р.р}=K_м K_ш 2P/(\pi F); \tag{5.3}$$

при растяжении при изгибе

$$R_{р.и}=K_м K_ш Pl/(bh^2), \tag{5.4}$$

5.1. Классификация бетона на гидратационных вяжущих

Признак классификации	Средняя плотность ρ_0 бетона				
	особо тяжелого >2500 кг/м³	тяжелого 2200...2500 кг/м³	облегченного 1800...2200 кг/м³	легкого 500...1800 кг/м³	особо легкого (ячеистого) <500 кг/м³
Назначение бетона	Защитный	Гидротехнический; обычный многоотраслевой; дорожный; декоративный	Конструктивный; конструктивно-теплоизоляционный	Конструктивно-теплоизоляционный; теплоизоляционный	Теплоизоляционный
Вид вяжущего вещества	Цементное	Цементное; силикатное; гипсовое; глиняно-грунтовое	Цементное; силикатное; гипсовое		Цементное; силикатное
Крупность крупного заполнителя	Крупнозернистый ($D_{наиб}$ больше 10 мм)	Крупнозернистый	($D_{наиб}>10$ мм); мелкозернистый ($D_{наиб}<10$ мм)		Без заполнителя
Структура бетона	Плотная		Неплотная; поризованная; ячеистая		Ячеистая
Условия твердения бетона	Естественные	Естественные; тепловая обработка; автоклавные			Тепловая обработка; автоклавные

Продолжение

Признак классификации	Средняя плотность ρ_0 бетона			
	особо тяжелого >2500 кг/м³	тяжелого 2200...2500 кг/м³	облегченного 1800...2200 кг/м³	легкого 500...1800 кг/м³	особо легкого (ячеистого) <500 кг/м³
Марки бетона:					
по пределу прочности (10^5 Па) при сжатии R	P11; P15; P23	100; 150; 200; 250; 300; 400; 500; 600	100; 150; 200; 300; 400; 500	15; 25; 35; 50; 75; 100; 150	15; 20
при осевом растяжении (10^5 Па) $R_р$	—	P11; P15; P18; P20; P23; P27; P31; P35	P11; P15; P18; P23	P11; P15	—
при растяжении при изгибе (10^5 Па) $R_{р.и}$	P15; P25; P35	P15; P20; P25; P30; P40; P45; P50; P55	P15; P25; P35	P15; P20	—
по морозостойкости (число циклов замораживания и оттаивания)	—	Мрз50; Мрз100; Мрз150; Мрз200; Мрз300; Мрз400; Мрз500	Мрз5; Мрз10; Мрз150; Мрз200	Мрз15; Мрз25; Мрз35; Мрз50; Мрз100	
по водонепроницаемости (выдерживаемое давление, 10^5 Па)	—	B2; B4; B6; B8; B12	—		

где $K_м$ — масштабный переводной коэффициент к прочности эталонных образцов; K_w — поправочный коэффициент, учитывающий влажность бетонного образца; P — разрушающая нагрузка; F — площадь рабочего сечения образца; l — расстояние между опорами; b, h — соответственно ширина и высота образцов.

По результатам испытаний трех образцов определяют средний предел прочности, который характеризует марку бетона. Если наименьший результат испытания одного из образцов отклоняется от наибольшего результата более чем на 15%, то наименьший результат отбрасывают и вычисляют средний предел прочности по оставшимся двум показателям.

18. Материалы для обычного (тяжелого) бетона

Для получения долговечных и надежных бетонных и железобетонных сооружений, зданий, конструкций и изделий к бетонной смеси и бетону предъявляют определенные технологические и технические требования, зависящие от назначения и условий эксплуатации сооружений, конструкций и изделий, способа производства бетонных работ. Свойства бетонной смеси и бетона определяются качеством компонентов, входящих в состав бетонной смеси: вяжущего материала (цемента), воды, мелкого и крупного заполнителя, добавок.

Цемент. Общие сведения о вяжущих материалах для бетонов изложены подробно в главе 3.

При приготовлении бетонной смеси применяемый вид цемента и его марка зависят от условий работы будущей бетонной конструкции или сооружения, их назначения, способов производства работ, технологических факторов и проектной марки бетона по пределу прочности при сжатии.

Вода. Для приготовления бетонной смеси применяют обычную питьевую воду, не содержащую вредных примесей, препятствующих твердению цементного камня или вызывающих его коррозию, а также коррозию арматуры в железобетонных конструкциях. Содержание вредных примесей в воде регламентируется ГОСТ 23732—79. Запрещается применять для приготовления бетонной смеси сточные производственные и бытовые воды, болотные воды, а также воды с вредными примесями (кислотами, солями, маслом и т. п.), имеющие водородный показатель pH менее 4 и более 12,5 и содержащие сульфаты в пересчете на SO_4 в количестве более 0,27% массы воды. Для массивных неармированных конструкций, когда на их поверхности допу-

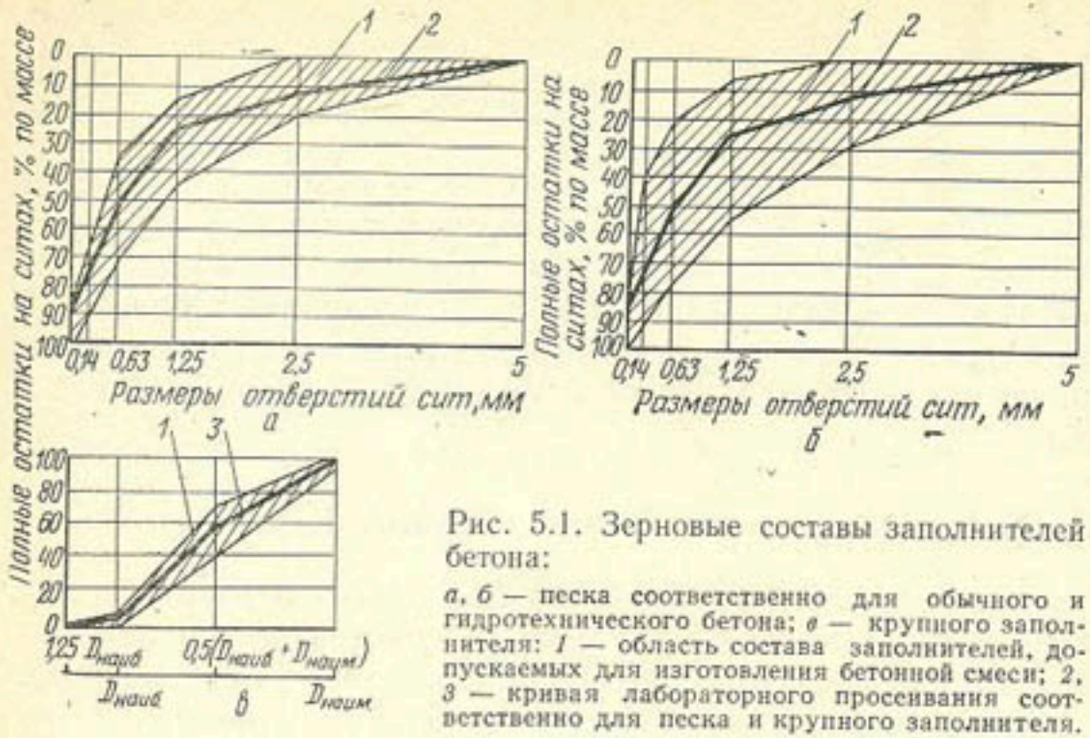


Рис. 5.1. Зерновые составы заполнителей бетона:

а, б — песка соответственно для обычного и гидротехнического бетона; *в* — крупного заполнителя: *1* — область состава заполнителей, допускаемых для изготовления бетонной смеси; *2, 3* — кривая лабораторного просеивания соответственно для песка и крупного заполнителя.

скается появление высолов, разрешается для бетона на портландцементе применять морскую воду с содержанием солей не более 3,7%. В сомнительных случаях пригодность воды для бетонной смеси устанавливают сравнительными испытаниями бетонных образцов, изготовленных на проверяемой и на чистой питьевой воде. Вода считается пригодной, если прочность и стойкость бетона на проверяемой воде окажется в среднем не меньше, чем бетона на чистой питьевой воде.

Мелкий заполнитель. В качестве мелкого заполнителя применяют природный и искусственный песок. Размер зерен от 0,14 до 5 мм и истинная плотность более 1800 кг/м³. Искусственный песок получают путем дробления плотных, тяжелых горных пород. При возможности выбора следует применять чистый горный или дробленый песок, а не речной, так как последний имеет гладкую окатанную поверхность зерен, что препятствует хорошему сцеплению их с цементным камнем и несколько снижает прочность бетона. При оценке качества песка определяют его минералого-петрографический состав, истинную плотность, среднюю насыпную плотность, межзерновую пустотность, влажность, зерновой состав и модуль крупности, содержание в песке пылевидных, илистых, глинистых частиц и различных примесей. Кроме того, следует исследовать дополнительные качественные показатели песка — форму зерен

(остроугольность, окатанность и др.), шероховатость и др. Зерновой, или гранулометрический, состав песка должен отвечать требованиям ГОСТ 8736—77 (рис. 5.1, *а*, *б*). Его определяют путем просеивания просушенного песка через набор сит с отверстиями размером 5,0; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315 и 0,14 мм. В результате просеивания навески песка через этот набор сит на каждом из них остается остаток, называемый частным a_i. Последнее находят как отношение массы остатка на данном сите m_i к массе всей навески песка m и выражают в процентах $[a_i=(m_i/m)100]$. Для характеристики зернового состава песка, кроме частных остатков, находят полные остатки A, которые определяют как сумму всех частных остатков в процентах на вышележащих ситах плюс частный остаток на данном (исследуемом) сите ($A_i = a_{2,5}+a_{1,25}+\ldots+a_i$). По результатам просеивания песка определяют его модуль крупности:

$$M_к=(A_{2,5}+A_{1,25}+A_{0,63}+A_{0,315}+A_{0,14})/100, \qquad (5.5)$$

где A — полные остатки на ситах, %.

По *модулю крупности* различают песок крупный ($M_к > 2,5$), средний ($M_к = 2,5...2,0$), мелкий ($M_к = 2,0...1,5$), очень мелкий ($M_к = 1,5$ до 1,0).

Путем нанесения кривой просеивания песка на график допускаемого зернового состава (см. рис. 5.1, *а*, *б*) определяют пригодность песка для изготовления бетонной смеси. Если его кривая просеивания выходит за пределы области применения песков, то песок необходимо фракционировать, а затем смешать отсеянные фракции в соотношении, установленном ГОСТ 8736—77. Большое значение в подборе песка для бетонной смеси имеет его межзерновая пустотность $V_п$ (%), которую определяют по формуле

$$V_п=(1-\rho_{н.п}/\rho_п)\,100, \qquad (5.6)$$

где $\rho_{н.п}$ — насыпная плотность песка, г/см³; $\rho_п$ — истинная плотность песка, г/см³.

В хороших песках межзерновая пустотность составляет 30...38%, в разнозернистых — 40...42%.

Наличие в песке мелких пылеватых фракций (пыли, ила, глины) размером менее 0,14 мм увеличивает водопотребность бетонной смеси; они обволакивают зерна песка, уменьшают адгезию с цементным камнем, что ведет к увеличению расхода цемента в бетоне. Содержание этих фракций не должно превышать 2% в обогащенных песках, 3% в природных, 4% в дробленых, в том числе содержание глины

должно быть соответственно не более 0,25, 0,5 и 0,35%. Ограничение содержания глины связано еще с тем, что она набухает при увлажнении и увеличивается в объеме при замерзании, снижая прочность, водонепроницаемость и морозостойкость бетона. На качественные показатели бетона влияют органические примеси, наличие которых выявляется при обработке песка 3%-ным раствором едкого натра. Раствор не должен приобретать окраску светлее эталона, имеющего светло-желтый цвет. В песке допускается содержание слюды не более 1%, сернистых и сернокислых соединений в пересчете на SO_3 — не более 2% и не допускаются реакционноспособные модификации кремнезема (опала, вулканического стекла, хали, едона и др.), которые вступают в реакцию с щелочами цемента и разрушают бетон.

Крупный заполнитель. В качестве крупного заполнителя бетонной смеси применяют природный или искусственный щебень либо гравий с крупностью зерен от 5 до 70 мм (остроугольной, округлой, кубиковидной и другой формы). Для приготовления бетонной смеси можно применять природную гравийно-песчаную смесь при соответствующем технико-экономическом обосновании.

Для обеспечения оптимального зернового состава крупный заполнитель делят на фракции в зависимости от наибольшей крупности зерен $D_{наиб}$. При $D_{наиб} = 20$ мм крупный заполнитель имеет две фракции: от 5 до 10 мм и от 10 до 20 мм; при $D_{наиб} = 40$ мм — три фракции: от 5 до 10 мм, от 10 до 20 мм и от 20 до 40 мм; при $D_{наиб} = 70$ мм — четыре фракции: от 5 до 10 мм, от 10 до 20 мм, от 20 до 40 мм и от 40 до 70 мм. Большое влияние на расход цемента при приготовлении бетонной смеси имеет показатель межзерновой пустотности крупного заполнителя $V_{п.\ кр}$ (%), который определяют с точностью до 0,1% по формуле

$$V_{п.\ кр} = (1 - \rho_{н.\ кр}/\rho_{кр.\ кус})\ 100, \qquad (5.7)$$

где $\rho_{н.\ кр}$ — средняя насыпная плотность крупного заполнителя; $\rho_{кр.\ кус}$ — средняя плотность крупного заполнителя в куске.

Показатель межзерновой пустотности должен быть минимальным. Минимальное его значение можно получить путем подбора оптимального зернового состава крупного заполнителя. Зерновой состав крупного заполнителя устанавливают в результате просеивания просушенного крупного заполнителя через набор сит с отверстиями размером 70, 40, 20, 10, 5 мм с учетом его максимальной $D_{наиб}$ и минимальной $D_{наим}$ крупности (рис. 5.1, *в*). Значение $D_{наиб}$ для

тонкостенных бетонных и железобетонных конструкций принимают с учетом их минимальной толщины (сечения) и расстояния между стержнями арматуры в конструкции. Оно должно быть в пределах 0,25...0,33 наименьшей толщины конструкции, чтобы обеспечивать нормальное размещение заполнителя между арматурой и опалубкой. При бетонировании колонн, балок, рам $D_{наиб}$ должно быть не более $^3/_4$ наименьшего расстояния между стержнями арматуры, а для плит перекрытий и покрытий — не более $^1/_2$ толщины плиты.

Зерновой состав (%) крупного заполнителя должен находиться в следующих пределах:

1,25 $D_{наиб}$:	
гравия	0...5
щебня и гравия	0
$D_{наиб}$:	
гравия	40...70
щебня	0...10
0,5 ($D_{наиб} + D_{наим}$):	
гравия	95...100
щебня:	
одной фракции	40...80
смеси фракций	50...70
$D_{наим}$ для фракций с размером зерен, мм:	
5 (3)	95...100
>10	90...100

Здесь $D_{наиб}$ — размер отверстий первого из сит, полный остаток на котором не превышает 5% просеянной навески крупного заполнителя; $D_{наим}$ — размер отверстий одного из сит, полный остаток на котором составляет не более 95%.

Содержание пылевидных, илистых и глинистых фракций в крупном заполнителе определяется отмучиванием. Допускаемое их количество от 1 до 3%. Количество органических примесей должно быть в таких пределах, чтобы при обработке пробы крупного заполнителя водным раствором едкого натра он имел окраску не темнее окраски эталона.

Прочность крупного заполнителя характеризуется показателем дробимости *Др*, определяемым путем раздавливания при сжатии в цилиндре фракций заполнителя 10...20 или 20...40 мм. Показатель *Др* (%) вычисляют с точностью до 1% по формуле

$$Др = [(m_1 - m_2)/m_1]\ 100, \qquad (5.8)$$

где m_1 — масса испытываемого материала, кг; m_2 — остаток на контрольном сите после просеивания раздробленного в цилиндре материала (пробы), кг; для фракций 10. . .20 мм размер отверстий сита 2,5 мм, 20. .. 40 мм — 5,0 мм.

В зависимости от показателя дробимости крупный заполнитель подразделяется на марки по прочности (10^5 Па):

Др	8	12	16	24
Марки . . .	>1000	1000...810	800...600	600...200

В гравии и щебне из гравия марок 1000, 800 и 600 количество зерен слабых (марки ниже 200) и выветрелых пород не должно превышать 10% массы, а марок 400, 300 и 200 — 15%. В щебне марок 1400 и 1200 количество таких зерен должно быть не более 5%; марок 1000, 800, 600, 400 — 10%; марок 300 и 200 — 15%. Предел прочности исходной породы при сжатии в водонасыщенном состоянии должен в 1,5... ...2,0 раза превышать предел прочности бетона.

По степени морозостойкости крупный заполнитель делят на следующие марки: Мрз15, Мрз50, Мрз100, Мрз150, Мрз200, Мрз300. Морозостойкость крупного заполнителя должна обеспечивать получение бетона с заданной маркой по морозостойкости. Пригодность крупного заполнителя по морозостойкости окончательно устанавливают по результатам испытания бетона. Содержание пластинчатых (размер по толщине меньше другого наименьшего размера в 3 раза и более) и игловатых (размер вытянутой оси превышает другой размер не менее чем в 3 раза) форм в крупном кубовидном заполнителе не должно превышать 15% массы; улучшенном — 25% и обычном — 35%.

Щ е б е н ь — обычно искусственный рыхлый материал с неокатанными шероховатыми зернами, получаемый путем дробления горных пород, крупного природного гравия или искусственных камней. Для определения пригодности щебня необходимо знать: истинную плотность исходной горной породы и зерен щебня, среднюю плотность исходной горной породы и зерен щебня, среднюю насыпную плотность щебня, относительную пористость исходной горной породы и зерен щебня, относительную межзерновую пустотность и влажность щебня, водопоглощение исходной горной породы и зерен щебня, зерновой (гранулометрический) состав щебня, содержание в щебне пылевидных, илистых, глинистых, пластинчатых (лещадных) и игловатых зерен, предел прочности исходной горной породы при сжатии, дробимость щебня, коэффициент размягчения исходной горной породы, морозостойкость щебня и т. д. Благодаря остроугольности

и повышенной шероховатости щебень характеризуется хорошим сцеплением с цементным камнем.

Г р а в и й — рыхлый природный материал с окатанными, гладкими зернами, образовавшийся в процессе физического выветривания горных пород (речной, озерный, морской, ледниковый и водно-ледниковый). К гравию предъявляют те же требования, что и к щебню. Как и при выборе щебня, решающим является проверка качества не только самого гравия, но и бетонных образцов, изготовленных из него.

Добавки. Введение добавок в цемент, растворную или бетонную смесь является простым и удобным способом повышения качества цемента, растворного камня и бетона, позволяющим значительно улучшить не только их свойства, но и технико-экономические показатели. Добавки используют при производстве вяжущих веществ, приготовлении строительных растворов и бетонных смесей. Они позволяют изменять качество бетонной смеси и самого бетона, воздействуя на удобоукладываемость, удобообрабатываемость, расслоение, скорость схватывания, усадку бетонной смеси, на механическую прочность, ползучесть, морозостойкость, трещиностойкость, водостойкость, истираемость, водонепроницаемость, усадку, теплопроводность, стойкость к окружающей среде.

Для регулирования перечисленных свойств применяют активные минеральные (гидравлические) и противоморозные добавки, поверхностно-активные вещества (ПАВ), наполнители, ускорители схватывания и твердения, замедлители схватывания цемента.

А к т и в н ы е м и н е р а л ь н ы е (г и д р а в л и ч е с к и е) д о б а в к и — тонкоизмельченные порошки природного или искусственного происхождения, которые при смешивании с известью-пушонкой и водой образуют тесто, способное после твердения на воздухе продолжать твердеть и набирать прочность в воде. Природные активные добавки (кислые) получают из пород осадочного или вулканического происхождения. К ним относятся диатомит, трепел, опока, глиеж (осадочного происхождения), пепел, пемза, туф, трасс (вулканического происхождения). К искусственным активным добавкам относятся доменный гранулированный шлак, топливные зола и шлак, обожженная глина (глиниты, цемянки, керамзит, перлит и горелые породы), кремнеземистые отходы, получаемые при извлечении глинозема из глины. Активные минеральные добавки —

диатомит, трепел, опоку, пепел, пемзу, туф, трасс, доменный гранулированный шлак и кремнеземистые отходы — повышают стойкость бетона и раствора в пресных и сульфатных водах. Искусственные добавки — топливные кислые шлак и зола, глиниты, цемянки и горелые породы — повышают стойкость раствора и бетона только к пресным водам. Тонкость помола активных минеральных добавок должна быть такой же, как у цемента. Добавки обычно вводят в состав цемента при его приготовлении, а иногда непосредственно в растворную и бетонную смесь в сухом виде или в виде водных суспензий.

Добавки, предохраняющие бетонную смесь от замерзания,— нитрат натрия, хлорид натрия в сочетании с хлоридом кальция, нитрат натрия в сочетании с хлоридом кальция, поташ, нитрат кальция в сочетании с мочевиной. Применяют эти добавки в период укладки бетонной смеси при отрицательных температурах. Бетонная смесь с противоморозными добавками способна твердеть в этих условиях и набирать прочность. Доза добавки зависит от расчетной температуры твердения смеси, марки бетона, вида добавки. Например, для обеспечения твердения бетонной смеси при температуре от минус 5 до минус 15°С потребуется безводной добавки нитрата натрия в количестве 8...10% массы цемента. При возведении предварительно напряженных конструкций, а также конструкций, подвергающихся динамическим воздействиям, нитрат натрия и поташ в качестве добавки не применяют.

Поверхностно-активные вещества улучшают технологические свойства бетонной смеси и строительно-технические свойства бетона. Их подразделяют на природные и искусственные. Они способны адсорбироваться на поверхности тел, образуя тончайшие мономолекулярные связи. К ПАВ относят: пластифицирующие — предотвращают слипание зерен цемента и уменьшают коэффициент внутреннего трения между зернами цемента и другими составляющими бетонной смеси; воздухововлекающие; гидрофобизующие; суперпластифицирующие.

Пластифицирующие водопонижающие вещества при введении их в смесь позволяют уменьшить водоцементное отношение (В/Ц) либо одновременно снизить расход цемента и воды, не изменяя В/Ц.

К таким веществам относятся сульфитно-дрожжевая бражка (СДБ), основа которой — натриевые, кальциевые и аммониевые соли лигносульфоната, и концентраты суль-

фитно-спиртовой барды (ССБ), выпускаемые в жидком (КБЖ), твердом (КБТ) и порошкообразном (КБП) состоянии. Эти вещества оказывают положительное воздействие на удобоукладываемость, но притормаживают процесс твердения цемента. Они позволяют сократить расход цемента на 10...15%, сохраняя при этом конечную (28-суточную) прочность бетона, повышая стойкость к многократному воздействию попеременного увлажнения и высыхания, способствуя повышению коррозионной стойкости, морозостойкости, водонепроницаемости. Вещества СДБ и ССБ имеют наибольший эффект в бетонных и растворных смесях с большим содержанием цемента.

Кроме того, к пластифицирующим водопонижающим добавкам относится адипинат натрия ПАЩ-1 (натриевая соль адипиновой кислоты), выпускаемый в виде 20...25%-ного водного раствора, не замерзающего при минус 20°С.

Вещества СДБ, ССБ и ПАЩ-1 вводят в количестве 0,15...0,25% массы цемента в расчете на сухое вещество.

К пластифицирующим веществам можно отнести битумные эмульсии (БЭ) и эмульсосуспензии, которые улучшают не только технологические свойства смесей, особенно при использовании очень мелких песков, но и строительно-технические свойства бетонов. Битумные эмульсии повышают стойкость бетонов к воздействию воды, значительно увеличивают их трещиностойкость и морозостойкость. Дозировка БЭ составляет 4...5% массы цемента.

Пластифицирующие воздухововлекающие — в своей основе имеют обычную смесь пластифицирующего и воздухововлекающего вещества. К ним относятся мылонафт ($М_1$), этилсиликонат натрия (ГКЖ-10), метилсиликонат натрия (ГКЖ-11), омыленная растворимая смола (ВЛХК). Эта группа вовлекает в бетонную смесь небольшое количество диспергированного воздуха (менее 3%), в результате чего наряду со снижением количества воды, обеспечиваемым пластифицирующими веществами, улучшается связность и удобоукладываемость смеси.

Воздухововлекающие вещества создают условия для образования в смеси большого количества микроскопических диспергированных воздушных пузырьков. Воздушные пузырьки способствуют перемешиванию составляющих раствора и бетонной смеси (цемента, песка, щебня или гравия), тем самым уменьшая требуемое количество воды. Уменьшение содержания воды в массе раствора

и бетонной смеси сводит к минимуму перемещение воды к поверхности бетона (выступание цементного молока), что сказывается на физико-механических свойствах бетона. Микроскопические воздушные пузырьки похожи на частицы тонкого песка, но они обладают абсолютно упругой формой, уменьшая внутреннее трение смеси, повышают удобоукладываемость, уменьшают возможность расслоения бетонной смеси, препятствуют созданию пустот в бетоне. Эти вещества способствуют возникновению в бетоне большого количества мелких замкнутых пор, заполненных воздухом, в результате чего повышаются у бетонной смеси связность, а у бетона морозостойкость, водонепроницаемость, водостойкость, долговечность и др. К ним относятся: синтетическая поверхностно-активная добавка (СПД) — водный раствор смеси натриевых солей высших жирных и алкилнафтеновых кислот, водорастворимых кислот и неомыляемых веществ (не менее 40%); смола нейтрализованная воздухововлекающая (СНВ) — абиетиновая смола, омыленная каустической содой; омыленный древесный пек; полигидроксилоксан (ГКЖ-94). Количество воздухововлекающих веществ, вводимых в смесь, составляет от 0,08 до 0,10% массы цемента. Их введение при перемешивании смеси создает в ней пену, что приводит к увеличению объема цементной массы без добавления цемента и воды.

Гидрофобизующие вещества придают цементу пониженную гигроскопичность, что позволяет длительное время хранить его на открытом воздухе (под навесом). При смешивании их с цементом на поверхности его зерен образуется тончайшая водоотталкивающая (гидрофобная) пленка. Во время замешивания смеси пленка легко стирается с частиц цемента зернами заполнителей. В бетонных конструкциях, изготовленных из бетонных смесей, где были использованы гидрофобизующие вещества, значительно уменьшается скорость капиллярного переноса воды в массе бетона. К ним относятся мылонафт, асидол, асидол-мылонафт, абиент натрия, омыленный древесный пек, олеиновая кислота, окисленный петролаум, ГКЖ-94. Гидрофобизующие вещества вводят в количестве 0,01...0,25% массы цемента в расчете на сухое вещество. Они так же, как и водорегулирующие вещества, позволяют сократить расход цемента до 12%, повысить качество бетона, в том числе его долговечность.

Суперпластифицирующие вещества значительно повышают удобоукладываемость бетонной смеси при существенном сокращении энергетических и трудовых затрат. В качестве таких веществ используют С-3 и С-4, представляющие сложные синтетические полимеры, полученные на основе вторичных продуктов химического синтеза. Они обеспечивают создание литой бетонной смеси с осадкой конуса 18...20 см, которую заливают в опалубку без вибрирования. Эти вещества позволяют в значительной степени снижать отношение *В/Ц*, сохраняя подвижность смеси, сокращать расход цемента, сохраняя подвижность смеси и прочность бетона, получать высокопрочные бетоны. Бетонные конструкции, выполненные из смеси с суперпластификаторами, имеют повышенные прочность и относительную плотность, а также качественную поверхность. Дозировка веществ С-3 и С-4 находится в пределах 0,2...2% массы цемента.

В гидромелиоративном строительстве при устройстве монолитных бетонных облицовок каналов, изготовлении тонкостенных сборных железобетонных изделий и конструкций широко применяют комплексные вещества. При этом в качестве водорегулирующего вещества используют СДБ, ССБ, ПАЩ-1, а в качестве воздухововлекающего — СПД, СНВ, омыленную абиетиновую смолу, мылонафт, этилсиликонат натрия (ГКЖ-10), метилсиликонат натрия (ГКЖ-11) и др. Комплексные вещества применяют для обеспечения наибольшего эффекта при создании бетона повышенных качеств и оптимизации технологических процессов при бетонировании. Они также позволяют избежать отрицательных явлений, возникающих при использовании отдельных добавок, повысить до 25% прочность бетона или сэкономить до 12% цемента, не вызывают коррозии арматуры и металлических форм.

Наполнители применяют для снижения расхода цемента, повышения плотности и противокоррозионной стойкости бетона. В качестве наполнителей используют природные тонкоизмельченные (до тонкости помола цемента) порошки известняка, изверженных горных пород, песка, глины или искусственные порошки доменных шлаков, топливных зол и т. п. Дозу наполнителей устанавливают экспериментальным путем. Наполнители следует вводить в бетонную смесь в случаях использования цементов марок, значительно превышающих марку бетона, когда расчетное количество цемента оказывается недостаточным для придания бетонной смеси требуемой удобоукладываемости, а бетону плотности.

Ускорители схватывания и твердения смесей — хлористый кальций (гранулированный, плавленый), жидкий хлористый натрий, соляная кислота, молотая негашеная известь, строительный гипс, хлорид кальция, нитрит-нитрат-хлорид кальция, сульфат натрия, нитрат натрия, нитрит-нитрат-сульфат натрия. Их применяют для повышения прочности бетона в ранние сроки, для сокращения продолжительности предварительной выдержки и тепловой обработки бетонного изделия. Доза ускорителей обычно не более 3% массы цемента, но окончательно ее определяют на основании лабораторных исследований. Не допускается вводить их в бетоны, работающие в среде с повышенной влажностью; в бетоны, находящиеся в непосредственной близости к источникам тока высокого напряжения; в конструкции с рабочей арматурой диаметром менее 4 мм; в конструкции, на поверхности которых не должно быть выколов; в бетоны автоклавного твердения; при использовании глиноземистых цементов.

Замедлители схватывания цемента — двуводный гипс (до 1%), животный клей, слабый раствор серной кислоты, сульфат окиси железа (до 1,5%). Дозу замедлителей подбирают экспериментально. Их вводят в бетонную смесь в том случае, если скорость схватывания смеси не обеспечивает возможности ее укладки в опалубку. В качестве замедлителей можно использовать ПАВ — до 3%.

Применение различного вида замедлителей к вяжущим материалам, растворным и бетонным смесям должно быть обосновано и проверено лабораторными исследованиями. Введение в состав смесей химических веществ предотвращает слипание зерен цемента, исключая образование цементных гранул (хлопьев), снижает расход цемента до 12%, повышает прочность бетона до 25%, регулирует подвижность бетонной смеси, сроки схватывания и твердения, тепловыделение, повышает морозостойкость бетона в 2...3 раза, водонепроницаемость на 1...2 марки, сокращает продолжительность тепловлажностной обработки изделий до 40%, придает уложенному бетону способность твердеть в зимнее время без обогрева или прогрева при охлаждении его до минус 25°С, повышает стойкость бетона к различным агрессивным средам.

19. Основные свойства бетонной смеси

Бетонная смесь занимает промежуточное положение между вязкой жидкостью и твердым телом (бетонным камнем). Состав ее определяется расходом вяжущего вещества (цемента, извести), песка и крупного заполнителя (щебня, гравия) на 1 м³ бетона при определенном водоцементном отношении $В/Ц$. Например, расход цемента $Ц$ = =300 кг, воды $В$=160 л, песка $П$=730 кг, щебня $Щ$= =1 210 кг при $В/Ц$=0,53 можно выразить соотношением в долях единицы вяжущего, песка и щебня — 1 : 2,63 : 4,03 ($Ц : П : Щ$ или $1 : x : y$).

Свежеприготовленная бетонная смесь должна быть хорошо перемешана (однородна), пригодна к транспортировке к месту укладки с учетом погодных условий, при этом сопротивляться водоотделению и расслоению. При заполнении опалубки или форм она должна затекать во все углы даже при сильном насыщении сечения конструкции или изделий арматурой любых конфигураций, размеров и объемов, хорошо уплотняться без признаков расслоения до заданной степени плотности, обеспечивать получение качественной поверхности бетона (без раковин, воздушных пустот) и его марочных показателей.

К основным свойствам бетонной смеси относят связность, однородность, водоудерживающую способность, удобоукладываемость.

Бетонную смесь, состоящую из различных компонентов — вяжущих дисперсных зерен, мелких и крупных частиц заполнителя, воды, вовлеченного воздуха и добавок (при необходимости),— можно рассматривать как единое физическое вязкопластичное тело, способное растекаться и заполнять форму при механическом воздействии (вибрировании, ударе, трамбовании). При механическом воздействии в бетонной смеси уменьшаются внутренние силы сцепления, теряется ее структурная прочность, смесь приобретает свойства текучести (разжижается) и под действием собственного веса заполняет форму. После прекращения механического воздействия смесь вновь загустевает, приобретая свою начальную вязкость и структурную прочность. Текучее состояние можно придать бетонной смеси также при введении в нее суперпластификаторов, но дозировка их должна быть такой, чтобы была обеспечена связность смеси.

Связность бетонной смеси — способность ее сохранять однородность, не расслаиваясь при транспортировке, выгрузке, укладке и уплотнении. Она повышается при уменьшении в бетоне соотношения воды и цемента *В/Ц*, увеличении содержания цемента и песка за счет крупного заполнителя, применении остроугольных заполнителей с шероховатыми поверхностями. Хорошая связность бетонной смеси обеспечивается оптимальным гранулометрическим составом заполнителей и правильным соотношением между еском и крупным заполнителем. Применять бетонную смесь с недостаточной связностью нельзя, так как это приводит к расслоению смеси и образованию дефектов в бетоне. Связность определяют визуально.

Однородность бетонной смеси достигается тщательным ее перемешиванием в процессе приготовления. Во время перемешивания смеси цемент, вода и песок заполняют пустоты между зернами крупного заполнителя. Образовавшееся при перемешивании цементное тесто обволакивает (обмазывает) поверхность зерен заполнителя. В значительной степени на однородность влияют продолжительность перемешивания, гранулометрический состав, характер поверхности и форма заполнителей. Бетонная смесь будет однородной и связной, если она имеет оптимальный состав, определяемый расчетом и подбором, и оптимальную продолжительность перемешивания.

Водоудерживающая способность бетонной смеси значительную роль играет в образовании структуры бетона, приобретении им прочности, водонепроницаемости и морозостойкости. Избыточное содержание в бетонной смеси воды, не принимающей участия в химическом процессе, приводит к ослаблению сил молекулярного сцепления между компонентами (из-за утолщенных пленок воды на поверхности твердых частиц), к образованию развитой капиллярной открытой пористости (миграция воды к поверхности) и воздушных полостей, нарушает связность смеси. Во избежание этих явлений содержание свободной воды должно быть не выше допустимого, при котором не происходит разжижения цементного теста. В этом случае смесь сохраняет связность и не расслаивается. Водоудерживающая способность смеси зависит от отношения *В/Ц*, водоудерживающей способности цемента и заполнителей. С уменьшением отношения *В/Ц*, повышением содержания цемента и доли песка, увеличением удельной поверхности заполнителей водоотделение снижается.

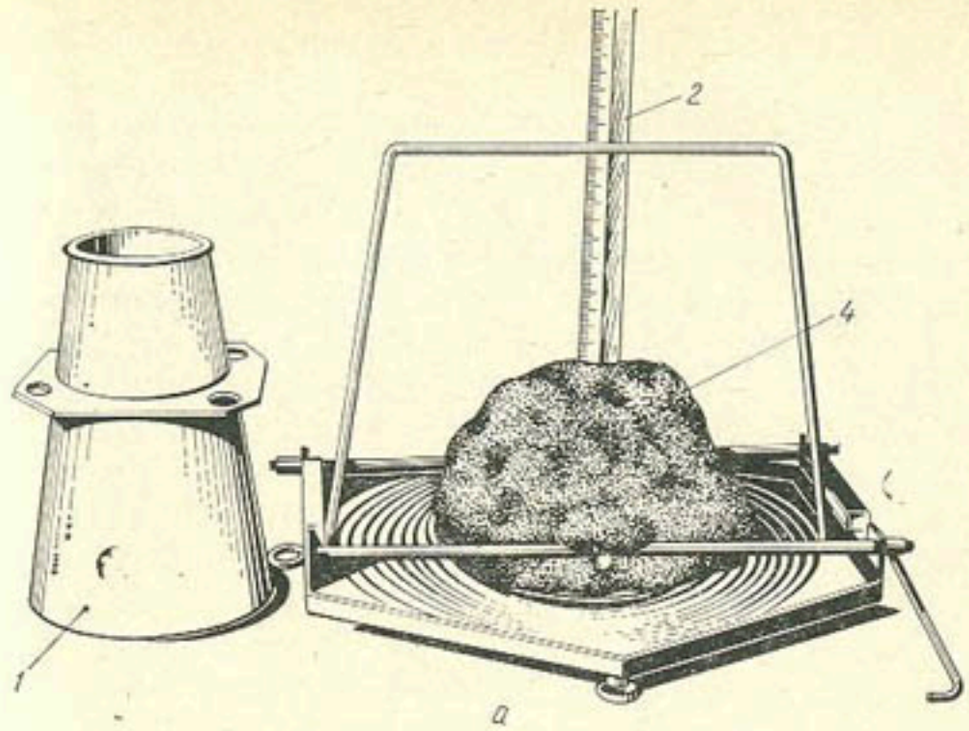


Рис. 5.2. Определение осадки конуса (*а*) и жесткости (*б*) бетонной смеси

1 — конус; *2* — измерительная линейка; *3* — бетонная смесь; *4* — вискозиметр; *5* — вибростол.

Для определения величины водоотделения бетонную смесь укладывают в сосуд в три слоя с уплотнением каждого слоя штыкованием. Через 90 мин измеряют высоту слоя воды, отделившегося от поверхности. Относительное водоотделение определяют отношением высоты отделившегося слоя воды h к высоте сосуда H.

Удобоукладываемость бетонной смеси — способность ее быстро, с минимальной затратой энергии приобретать необходимую конфигурацию и плотность, обеспечивая получение бетона высокой плотности, однородности и прочности. Удобоукладываемость бетонной смеси характеризуется подвижностью (осадкой конуса *ОК*) и жесткостью *Ж*. Особо жесткая бетонная смесь имеет *ОК*=0, *Ж*=13 с и более; жесткая — *ОК*=0, *Ж*=5...12 с; малоподвижная — *ОК*=2...4 см, *Ж*=5 с; подвижная — *ОК*=4...12 см; литая — *ОК*=12 см и более. На удобоукладываемость бетонной смеси влияют ее водосодержание, вид вяжущего материала и добавок, зерновой состав заполнителей, их пористость и характер поверхности, количество цемента и ее температура. Показатели удобоукладываемости бетонной смеси назначают в зависимости от принятого способа ее уплотнения, конфигурации изделия, характера армирования, температуры окружающей среды в момент приготовления бетонной смеси и в момент ее укладки и других факторов. Показатель подвижности бетонной смеси *ОК* является характеристикой структурной прочности ее; его определяют с помощью усеченного металлического полого конуса (рис. 5.2, *а*, *б*). Показатель жесткости *Ж* характеризует динамическую связность бетонной смеси. Его определяют с помощью технического вискозиметра (рис. 5.2, *в*). Он характеризуется продолжительностью вибрирования смеси, необходимой для придания бетонной смеси после снятия с нее конуса горизонтальной поверхности.

Свойства бетонной смеси и бетона во многом зависят от их структуры, которую бетонная смесь приобретает в процессе приготовления и укладки, а бетон — в процессе схватывания, твердения и набора прочности. Структура бетонной смеси при хорошем перемешивании определяется зерновым составом цемента и заполнителей, равномерностью расположения на поверхности их зерен водных прослоек, наличием воздушных пустот и др. Наилучшая структура бетонной смеси образуется при использовании в процессе ее приготовления минимального количества воды, применении оптимального гранулометрического состава качественных заполнителей, введении воздухововлекающих и водорегулирующих добавок, обеспечении необходимого эффективного уплотнения ее.

20. Основные свойства и характеристики бетона

В процессе схватывания и твердения свежеуложенной и уплотненной бетонной смеси из нее образуется бетон — искусственный камень с определенными структурой и строительно-техническими свойствами.

Бетон имеет капиллярно-пористое строение, которое определяется пористостью цементного камня (вяжущего вещества) и заполнителей, содержанием вовлеченного воздуха, пористостью контактного слоя между цементным камнем и заполнителями, наличием усадочных пустот. Формирование структуры бетона начинается на стадии приготовления бетонной смеси под действием различных факторов, в том числе мгновенного адсорбирования воды вокруг зерен цемента, химического взаимодействия воды с цементом, распределения цементного теста в порах заполнителей. После укладки и уплотнения бетонной смеси в результате гидратации и кристаллизации цемента формируется структура каркасной решетки вяжущего вещества.

Основные структурные составляющие бетона — цементный камень, заполнители и капиллярно-поровая часть.

Цементный камень, образовавшийся из смеси цемента и воды (активные составляющие бетонной смеси), представляет вяжущий материал, обеспечивающий связь зерен заполнителей на их контактных поверхностях. Прослойки из цементного камня между зернами мелкого и крупного заполнителей образуют непрерывную пространственную сетку (каркас), в ячейках которой зафиксированы зерна заполнителей бетона. Эти зерна взаимодействуют между собой через контактный слой. Прочность сцепления на контактной поверхности возрастает по мере увеличения в контактном слое гидросиликатов кальция, переходящих в дальнейшем в более устойчивую форму тоберморита, ферритных и алюмоферритных гидрогранитов, гидрокарбоалюминатов и гидрокарбоферритов кальция и магния, гидросиликатов магния. Новообразования уплотняют и упрочняют цементный камень в контактном слое, сближают зерна заполнителей. Структурообразование заканчивается после полного затвердевания и набора прочности бетона. В результате затвердевания образуется микроструктура цементного камня и контактного слоя. К процессам структурообразования следует отнести также контракцию — химическую усадку, возникающую при переходе части свободной жидкой среды

в химически связанное состояние. В результате контракции повышается адгезионная прочность и плотность бетона.

Заполнители (песок, щебень и гравий), несмотря на то что практически они не являются химически активными компонентами бетона, играют большую роль в формировании его структуры и прочности. Фракционный (гранулометрический) состав заполнителей подбирают таким, чтобы обеспечить минимально возможные межзерновую пустотность и площадь удельной поверхности, равномерно и однородно распределить зерна песка и крупного заполнителя в бетоне, обеспечить минимальный расход вяжущего вещества путем его равномерного распределения и плотной упаковки зерен. Значительную роль в адгезионной прочности по контактным поверхностям заполнителя и цементного камня играют форма, шероховатость и чистота поверхности зерен, минеральный состав и свойства исходной породы: водопоглощение, водостойкость, морозостойкость и коэффициент линейного расширения.

Капиллярно-поровую часть бетона характеризуют микроструктура (строение цементного камня) и макроструктура (строение твердого вещества системы щебень — цементно-песчаный раствор — контактный слой между ними). Эту часть бетона слагают гелевая и капиллярная пористость пустоты, раковины, полости и каверны, имеющиеся в цементном камне, контактном слое и в заполнителях. Общее содержание (%) разных пор в бетоне (общую пористость) можно определить по формуле

$$П_б = П_г + П_к + П_{возд} + П_з + П_{мз}, \qquad (5.9)$$

где $П_г$ — гелевая пористость; $П_г = 0{,}29\,\alpha Ц$; α — степень гидратации цементного камня; $Ц$ — содержание цемента, т/м³; $П_к$ — капиллярная пористость; $П_к = (В/Ц - 0{,}5\alpha)Ц$; $П_{возд}$ — воздушная пористость, составляющая 0,02. . .0,06 объема бетона; $П_з$ — объем пор в заполнителе; $П_{мз}$ — межзерновая пустотность.

Поры геля имеют размер от 1,0...1,5 до 1000 нм. Их общий объем составляет около 28% общего объема геля. Эти поры содержат гелевую (адсорбированную) воду, которая замерзает при минус 75...80°С, в связи с чем гелевая вода не влияет на морозостойкость. Свободная вода, не уместившаяся в порах геля, располагается между агрегатами частиц геля и образует капиллярные поры размером от 100 до 1000 нм и более. В процессе структурообразования цементного камня до 25...35% мельчайших гелевых пор и капилляров образуется после испарения свободной и полусвободной воды и контракции.

Капиллярные поры, различаясь по форме, образуют взаимосвязанную систему, определяющую водопроницаемость цементного камня. Они доступны для свободной капиллярной воды, которая имеет температуру замерзания 0°С. По мере гидратации цемента объем капиллярных пор постепенно уменьшается, из-за образования новых продуктов гидратации.

Капиллярная пористость бетона зависит от отношения $В/Ц$ и степени гидратации. Так, при $В/Ц = 0{,}4$ из-за наличия свободной воды в цементном камне, не вступающей в химическую реакцию, образуется до 20% пор, а при $В/Ц = 0{,}8$ — 60% пор (для химической реакции достаточно отношения $В/Ц \approx 0{,}2$). Степень гидратации цементного камня α в 28-суточном возрасте бетона составляет 0,6...0,7. Это означает, что при содержании в бетоне 280 кг/м³ цемента к этому моменту вступило в гидратацию 168...196 кг (60...70%) его, а 112...84 кг (40...30%) еще осталось свободным.

Значительное влияние на характер структурообразования бетона оказывают процессы перемешивания и уплотнения бетонной смеси, тепловой и влажностный режимы окружающей среды, условия хранения и эксплуатации бетонных изделий, конструкций и сооружения. Положительно влияют на структурообразование и трещиностойкость бетона электромагнитная обработка воды, повторное вибрирование, введение ПАВ и химических добавок, предварительный нагрев смеси, вакуумирование, автоклавная обработка.

Прочность бетона на любой срок твердения зависит от многих переменных факторов:

$$R_б = f(Ц, П, Кр.З, В/Ц, Д, Ср, Тех), \qquad (5.10)$$

где $Ц$ — цемент, активность которого определяется минералогическим составом, площадью удельной поверхности, структурой зерна; $П$ — песок, обычно инертный материал, однако он значительно влияет на $R_б$ при изменении его количества, качества, формы зерен, гранулометрического состава; $Кр.З$ — щебень или гравий, влияющий на прочность не только количественными и качественными показателями, но и минералогическим составом, влагоемкостью и т. п.; $В/Ц$ — величина, тесно связанная с пористостью бетона; $Д$ — неорганические и органические добавки, действующие на структуру, физико-химические и механические свойства бетона; $Ср$ — среда, характеризующая технологию производства бетонных работ, условия твердения и ухода за бетоном; $Тех$ — все технологические процессы производства бетонных работ, начиная от момента приготовления бетонной смеси до момента сдачи бетонной конструкции или сооружения в эксплуатацию.

Для определения прочности бетона используют эмпирическую формулу

$$R_б = R_ц/[A(В/Ц)^n], \qquad (5.11)$$

где $R_б$ — предел прочности бетона в возрасте 28 сут при нормальных условиях твердения, 10^5 Па; $R_ц$ — активность цемента, 10^5 Па; A — безразмерный эмпирический коэффициент, характеризующий качество щебня или гравия по форме зерен (для щебня 3,5, для гравия 4); $В/Ц$ — водоцементное отношение; n — эмпирический безразмерный показатель, обычно равный 1,5.

Экспериментальную зависимость между пределом прочности и фазовым отношением $С/Ф$, где $С$ — жидкая водная среда, $Ф$ — твердая фаза вяжущего, аппроксимируют гиперболической зависимостью

$$R_б = R^*_ц/[(В/Ц)/(В^*/Ц)]^n, \qquad (5.12)$$

где $R_б$, $R^*_ц$ — предел кубиковой прочности соответственно бетона и цементного камня оптимальной структуры; $В/Ц$, $В^*/Ц$ — водоцементное отношение соответственно в бетоне и цементном камне; n — степенной показатель, зависящий от предела прочности заполнителя, активности его поверхности к вяжущему веществу, плотности смеси заполнителей (среднее значение в порфировой структуре бетона на гранитном щебне равно 0,68).

Есть и другие расчетные формулы прочности бетона: для обычных бетонов при $Ц/В = 1{,}4...2{,}5$

$$R_б = AR_ц(Ц/В - 0{,}5); \qquad (5.13)$$

для высокопрочных бетонов при $Ц/В > 2{,}5$

$$R_б = A_1R_ц(Ц/В + 0{,}5), \qquad (5.14)$$

где при высококачественных заполнителях $A = 0{,}65$ и $A_1 = 0{,}43$; при рядовых заполнителях $A = 0{,}6$ и $A_1 = 0{,}4$; при заполнителях пониженного качества $A = 0{,}55$.

Прочность бетона при сжатии зависит не только от активности цемента, но и от его содержания, причем повышение содержания цемента влияет до определенного предела, после которого прочность бетона не изменяется, но увеличиваются его усадка и ползучесть, растет выделение экзотермического тепла, появляются усадочные и температурные трещины.

Максимальную прочность при сжатии бетон может иметь при максимальной плотности (оптимальной структуре), которая обеспечивается расходом воды, необходимой только для химической реакции с цементом — $В/Ц = 0{,}15...0{,}22$. Существующие методы уплотнения бетонной смеси требуют $В/Ц$ не менее 0,35. Излишняя вода, не вступающая в химическую реакцию с цементом, образует поры в бетоне, которые влияют на его структуру, прочность, морозостойкость, водопроницаемость и другие свойства (рис. 5.3). Большое влияние на прочность бетона оказывают качество заполнителей, особенно их форма, характер поверхности, морозостойкость, водостойкость, химическая реактивность и т. д.

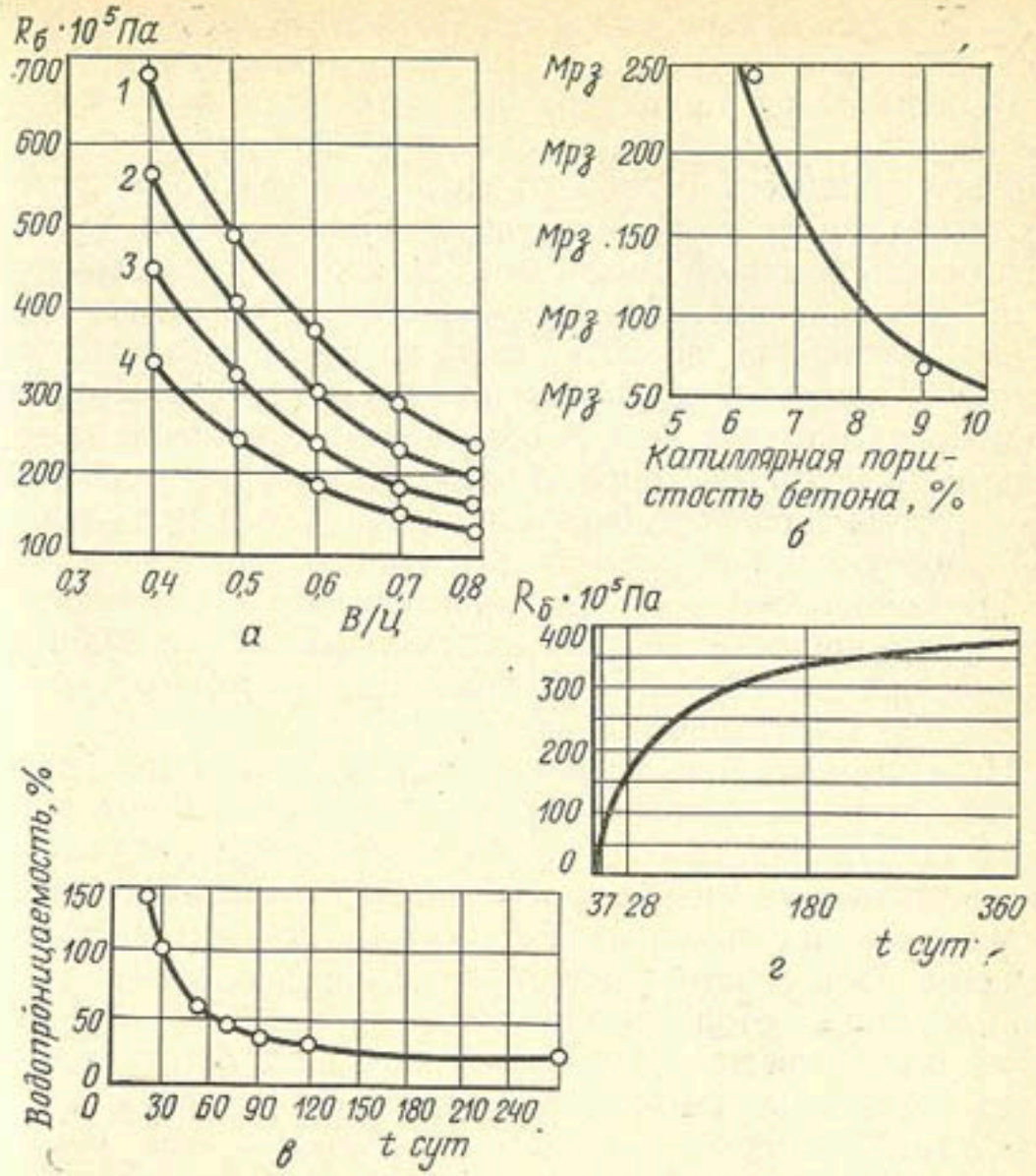


Рис. 5.3. Влияние водоцементного отношения, капиллярной пористости, продолжительности твердения t на физико-механические показатели бетона:

а — зависимость прочности от $В/Ц$; *б* — зависимость морозостойкости от капиллярной пористости; *в*, *г* — влияние продолжительности твердения соответственно на водопроницаемость и прочность бетона на белитовом портландцементе: *1*, *2*, *3*, *4* — соответственно марки портландцемента — 600, 500, 400 и 300.

Прочность бетона зависит от свойств мелкого заполнителя (песка). Применение низкомодульных песков приводит к перерасходу цемента, то есть снижению $В/Ц$. Содержание

цемента в бетонах на мелком песке увеличивают на 1,05, а на очень мелких песках — на 1,1 и больше.

Использование крупного заполнителя, не отвечающего требованиям стандартов, увеличивает расход цемента и снижает прочность бетона на 10% и более. Увеличение крупности заполнителя (в пределах нормы) снижает водопотребность бетонной смеси, что благоприятно сказывается на прочности бетона. При замене щебня гравием прочность бетона понижается до 20%, из-за худшего сцепления цементного камня с поверхностью зерен гравия. Большое влияние на качество бетона оказывает соотношение между мелким и крупным заполнителем. Его следует подбирать таким, чтобы водопотребность бетонной смеси при требуемой удобоукладываемости была наименьшей.

Трещиностойкость бетона характеризуется способностью его деформироваться без трещинообразования в процессе усадки при твердении, под воздействием температурных перепадов, вследствие ползучести и т. д.

На качество бетона, кроме состава бетонной смеси, сильно влияют условия его твердения. Можно подобрать хороший состав бетона, но если не обеспечить требуемые условия его твердения, он может потерять свою прочность, трещиностойкость и значительно снизить свои строительные свойства. Основными параметрами, определяющими условия твердения бетона, являются влажность и температура окружающей среды. Нормальное твердение бетона происходит в условиях высокой влажности (более 85%), не допускающей испарения воды из бетона. Чтобы создать влажную среду, поверхность свежеуложенного бетона покрывают различными увлажняющими материалами (песком, опилками и др.), полотнищами и пленкообразующими жидкостями (водоудерживающее покрытие) и др. В процессе твердения бетона принимают различные меры по обеспечению температуры окружающей среды в пределах 15...20°С при обычном твердении и в пределах 70...95°С при пропаривании. Понижение температуры окружающей среды замедляет процесс нарастания прочности бетона. Так, при температуре от 1 до 8°С процесс твердения замедляется в 2...3 раза, при температуре от 0 до 1°С — в 15 раз, а ниже 0°С твердение прекращается полностью (вода переходит в лед).

Необходимо отметить, что только при оптимальной структуре бетона (равномерное распределение заполнителей в объеме монолита; наличие непрерывного каркаса цементного камня между заполнителями с минимальной усредненной толщиной; плотная упаковка грубозернистых и компактное размещение тонкодисперсных частиц в макро- и микроструктурах) может быть обеспечена достаточная сопротивляемость его силовым, тепловым, усадочным, осмотическим, кристаллизационным и другим воздействиям и способность сохранять в эксплуатационных условиях ранее зафиксированную структуру и первоначальные строительно-технические свойства.

Существенное влияние на прочность бетона оказывает степень уплотнения бетонной смеси. При уменьшении относительной плотности бетона на 1% его прочность снижается примерно на 5%. Укладка бетонной смеси вручную снижает прочность бетона на 20...40% по сравнению с прочностью бетона, уплотненного вибраторами.

Прочность бетона при нормальных условиях твердения не постоянна во времени, изменяясь по логарифмической зависимости:

$$R_n = R_{28} \lg n / \lg 28, \qquad (5.15)$$

где R_n — предел прочности бетона при сжатии в возрасте n, сут, МПа; R_{28} — предел прочности бетона при сжатии в возрасте 28 сут, МПа.

Эта формула правомерна для бетонов на портландцементах возрастом более 3 сут и хорошо выражает зависимость между прочностью бетона и его возрастом после 28 сут твердения.

На графике, изображенном на рисунке 5.3, *г*, видно интенсивное нарастание прочности в начальный период (до 28 сут), а затем рост ее постепенно снижается в течение ряда лет (10...15 лет и более). Прочность бетона в возрасте 1 года составляет в среднем 165...180% 28-суточной прочности.

21. Проектирование и корректировка состава бетонной смеси заданных свойств

В задачу проектирования и подбора состава бетонной смеси входят выбор необходимых материалов (вяжущего вещества и других компонентов) и установление их оптимального количественного соотношения. На основе этого получают бетонную смесь с заданными технологическими свойствами, а также максимально экономичный и долговечный бетон, отвечающий проектным и эксплуатационным требованиям при минимально возможном расходе цемента. Следовательно, бетонная смесь запроектированного состава

должна обладать нерассла́иваемостью, необходимой удобоукладываемостью, связностью и т. п., а бетон, изготовленный из этой смеси,— требуемыми строительно-техническими свойствами: плотностью, прочностью, морозостойкостью, водонепроницаемостью, коррозионной стойкостью, а также иметь требуемую передаточную, распалубочную и отпускную прочность (после тепловой обработки).

Наиболее простой способ проектирования состава бетонной смеси — расчет по абсолютным объемам, в основе которого принято, что приготовленная, уложенная и уплотненная бетонная смесь не должна иметь пустот. Учитывая, что после расчета обязательно выполняют экспериментальные лабораторные замесы с последующей корректировкой состава смеси, этот способ называют расчетно-экспериментальным.

Для проектирования состава бетонной смеси по этому способу необходимо иметь следующие исходные данные: по бетону — назначение бетона, проектные марки по пределу прочности при сжатии в определенные сроки $R_б$, а в некоторых случаях при растяжении $R_р$ или изгибе $R_{б.и}$, по морозостойкости Мрз, водонепроницаемости B; по бетонной смеси — показатели удобоукладываемости ($ОК$ и $Ж$); по компонентам — марку (активность) $R_ц$ и вид цемента, истинную и среднюю насыпную плотность цемента $\rho_ц$, $\rho_{н.ц}$, песка $\rho_п$, $\rho_{н.п}$ и крупного заполнителя $\rho_{кр}$, $\rho_{н.кр}$, пустотность крупного заполнителя $П_{кр}$, наибольшую его крупность $D_{наиб}$, влажность песка $W_п$ и крупного заполнителя $W_{кр}$, водопоглощение крупного заполнителя $B_{кр}$.

Проектирование состава выполняют с использованием действующих рекомендаций и нормативных документов в такой последовательности:

1. Назначают для заданной марки бетона $R_б$ рациональную марку цемента $R_ц$.

2. Определяют водоцементное отношение $В/Ц$ по одной из приведенных ниже формул.

Из условия требуемой прочности бетона при сжатии $R_б$:

для высокопрочного бетона с $В/Ц<0{,}4$

$$В/Ц = A_1 R_ц/(R_б - 0{,}5 A_1 R_ц); \qquad (5.16)$$

для обычного бетона с $В/Ц \geqslant 0{,}4$

$$В/Ц = A R_ц/(R_б + 0{,}5 A R_ц), \qquad (5.17)$$

где $R_ц$ — марка цемента; $R_б$ — марка бетона; A_1 и A — коэффициенты, учитывающие качество используемых компонентов.

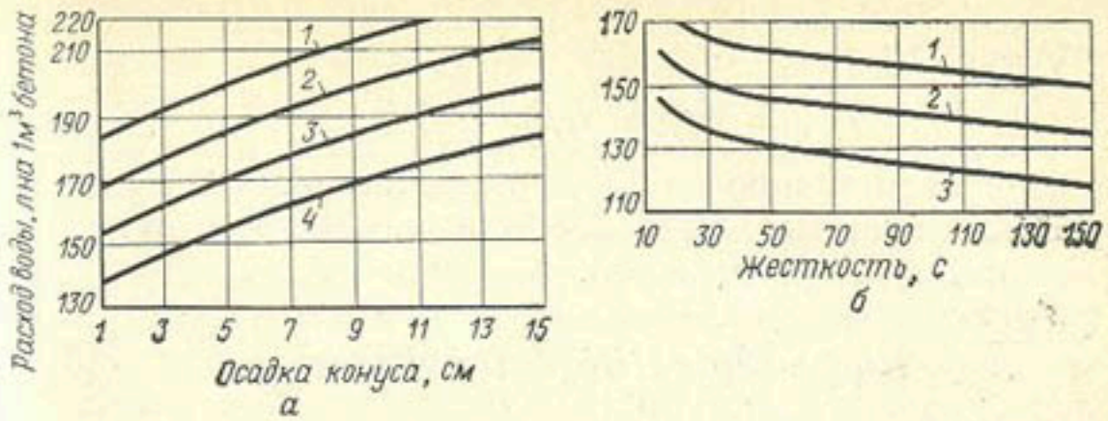


Рис. 5.4. Водопотребность пластичных (*а*) и жестких (*б*) бетонных смесей из портландцемента, песка средней крупности с водопоглощением 7% и гравия:

1, 2, 3 и *4* — при наибольшей крупности гравия соответственно 10, 20, 40 и 80 мм.

Из условия требуемой прочности бетона при изгибе (для бетонных облицовок каналов и т. п.) $R_{б.и}$:

$$В/Ц = A_и R_{ц.и}/(R_{б.и} + 0{,}2 A_и R_{ц.и}), \qquad (5.18)$$

где $A_и$ — коэффициент, учитывающий качество используемых компонентов; $R_{ц.и}$ — предел прочности при изгибе соответственно цемента и бетона, 10^5 Па.

Найденное водоцементное отношение сравнивают с максимально допустимым значением $В/Ц$, обеспечивающим морозостойкость и водонепроницаемость бетона.

3. Назначают ориентировочный расход воды на 1 м³ бетонной смеси, исходя из осадки конуса $ОК$ и жесткости $Ж$ с учетом вида и наибольшей крупности зерен крупного заполнителя $D_{наиб}$ (рис. 5.4). Расход воды, необходимой для получения бетонной смеси заданной подвижности, зависит не только от вида и наибольшей крупности заполнителя, но и от формы и шероховатости зерен, количества вовлекаемого воздуха и температуры смеси.

4. Рассчитывают расход цемента (кг на 1 м³ бетона) по найденному отношению $В/Ц$ и принятому ориентировочному расходу воды:

$$Ц = В/(В/Ц). \qquad (5.19)$$

Для бетонных и железобетонных конструкций, к которым предъявляют требования по морозостойкости и водонепроницаемости, расход цемента не должен превышать установленного типовыми нормами.

5. Вычисляют расход заполнителей исходя из условия, чтобы сумма абсолютных объемов всех составляющих мате-

риалов бетона была равна 1 м³ уложенной и уплотненной бетонной смеси:

$$Ц/\rho_ц + В/\rho_в + П/\rho_п + Кр/\rho_{кр} = 1. \qquad (5.20)$$

При этом принимают, что цементно-песчаный раствор заполнит пустоты между зернами крупного заполнителя с некоторой их раздвижкой.

Тогда

$$Ц/\rho_ц + В/\rho_в + П/\rho_п = П_{кр}(Кр/\rho_{н.\,кр})\,r, \qquad (5.21)$$

где $Ц$, $В$, $П$, $Кр$ — расходы соответственно цемента, воды, песка и крупного заполнителя на 1м³ смеси, кг; $\rho_ц$, $\rho_в$, $\rho_п$, $\rho_{кр}$ — плотность этих материалов, кг/м³; $Ц/\rho_ц$, $В/\rho_в$, $П/\rho_п$, $Кр/\rho_{кр}$ — их абсолютные объемы, м³; $П_{кр}$ — пустотность крупного заполнителя в рыхлом состоянии; $\rho_{н.\,кр}$ — насыпная плотность крупного заполнителя, кг/м³; r — коэффициент раздвижки зерен крупного заполнителя, принимаемый ориентировочно в зависимости от осадки конуса с учетом расхода цемента:

$ОК$, см	$\leqslant 1$	1...3	4...15
r	1,05...1,1	1,2...1,5	1,25...1,6

Решая совместно уравнения (5.20) и (5.21), получаем формулы для определения расхода заполнителей (кг на 1 м³ бетона):

крупного заполнителя

$$Кр = \frac{1}{rП_{кр}/\rho_{н.\,кр} + 1/\rho_{кр}}; \qquad (5.22)$$

мелкого заполнителя (песка)

$$П = [1 - (Ц/\rho_ц + В/\rho_в + Кр/\rho_{кр})]\,\rho_п. \qquad (5.23)$$

6. Вычисляют расчетную среднюю плотность бетонной смеси

$$\rho_0^{б.\,с} = Ц + В + П + Кр \qquad (5.24)$$

и коэффициент выхода бетона

$$\beta = \frac{1}{Ц/\rho_{н.\,ц} + П/\rho_{н.\,п} + Кр/\rho_{н.\,кр}}. \qquad (5.25)$$

Коэффициент выхода бетона β должен быть в пределах 0,55...0,75.

Запроектированный состав бетонной смеси уточняют на пробных замесах и по результатам испытаний контрольных образцов — кубов или цилиндров. На пробных замесах проверяют подвижность бетонной смеси. Если подвижность бетонной смеси окажется меньше требуемой, то в замес небольшими порциями добавляют воду и цемент, сохраняя

при этом постоянным отношение $В/Ц$ до тех пор, пока подвижность бетонной смеси станет равной заданной. Если подвижность бетонной смеси окажется больше заданной, то в нее добавляют песок и крупный заполнитель (порциями по 5% первоначального количества), сохраняя выбранное отношение $В/Ц$. На пробных замесах определяют среднюю плотность бетонной смеси, которая должна совпадать с расчетной (допускается отклонение ±1%).

По результатам пробных замесов и испытаний контрольных образцов — кубов или цилиндров вносят коррективы в запроектированный состав бетонной смеси. Учитывая, что в производственных условиях используемые песок и крупный заполнитель находятся во влажном состоянии, а крупный заполнитель имеет некоторое водопоглощение, расход (л) требуемой воды на приготовление 1 м³ бетонной смеси уточняют по формуле

$$В_{тр} = В - ПW_п - КрW_{кр} + КрВ_{кр}/100, \qquad (5.26)$$

где $В$ — расход найденной (расчетной) воды, л/м³; $П$ и $Кр$ — расход соответственно песка и крупного заполнителя, кг/м³; $W_п$ и $W_{кр}$ — влажность соответственно песка и крупного заполнителя, %; $В_{кр}$ — водопоглощение крупного заполнителя, %.

Состав бетонной смеси с водорегулирующими, воздухововлекающими и другими добавками подбирают в лаборатории путем тщательной корректировки принятого состава бетонной смеси без добавок. Оптимальные объемы добавок определяют последовательно, начиная с 0,015% массы цемента по сухому веществу для водорегулирующих добавок.

22. Приготовление, транспортировка и укладка бетонной смеси

Бетонные смеси приготовляют на стационарных бетонных заводах или в передвижных бетоносмесительных установках, автобетоносмесителях. На качество бетонной смеси (однородность) влияет качество ее перемешивания в процессе приготовления. Продолжительность перемешивания смеси обычно составляет 2...5 мин. Допускается повторное перемешивание бетонной смеси в пределах 3...5 ч от момента ее приготовления. Важнейшее условие приготовления бетонной смеси — тщательность дозирования составляющих материалов. Отклонение в дозировании допускается не более ±1% по массе для цемента и воды и не более

±2% для заполнителей. При приготовлении бетонной смеси в условиях жаркого сухого климата хорошие результаты дает охлаждение крупного заполнителя смачиванием водой или обдуванием воздухом с помощью вентиляторов.

Приготовленную бетонную смесь доставляют к месту укладки специальными транспортными средствами. Продолжительность транспортировки готовой бетонной смеси к месту укладки (для сохранения однородности и подвижности) не должна превышать 1 ч при температуре наружного воздуха и смеси 20...30°С; 1 ч 30 мин при 5...9°С.

При перевозке бетонной смеси к месту укладки на дальние расстояния используют автобетоносмесители, загружаемые на бетонном заводе сухими составляющими смеси. Сухую смесь с водой перемешивают либо в пути, либо по прибытии на объект строительства.

К одним из ответственных этапов в выполнении бетонных работ относятся укладка бетонной смеси в опалубку или форму и ее уплотнение. От качества укладки зависят все строительно-технические свойства бетона (плотность, прочность, морозостойкость, долговечность и др.). В настоящее время бетонную смесь укладывают механизированно с помощью бетоноукладчиков, бетонораздатчиков, бетононасосов, ленточных конвейеров, бетоноподъемников, пневмонагнетателей, виброжелобов и других механизмов. Уплотнение бетонной смеси во время укладки обеспечивает качественное заполнение смесью всех промежутков между стержнями арматуры и между арматурой и опалубкой. В зависимости от удобоукладываемости бетонной смеси используют различные способы уплотнения: вибрирование, виброштампование, вакуумирование, вибровакуум-прессование, вибропрокат, центрифугирование и т. д. Наиболее распространенный способ уплотнения бетонной смеси — вибрирование. При вибрировании бетонной смеси уменьшается трение между ее составляющими, увеличивается текучесть, смесь переходит временно в состояние тяжелой вязкой жидкости и под действием собственного веса уплотняется. В процессе уплотнения из бетонной смеси удаляется вовлеченный воздух и бетон приобретает хорошую плотность. Для вибрирования используют поверхностные и глубинные вибраторы различных типов, виброплощадки с вертикально или горизонтально направленными колебаниями, вибропригрузочные щиты и т. п. Вибрирование бетонной смеси осуществляют в процессе ее укладки. Чтобы улучшить структурообразование бетона, повысить его прочность, морозостойкость

и водонепроницаемость, применяют повторное вибрирование бетонной смеси через 1,5...2,0 ч от момента первого вибрирования, но не позже 4...5 ч от момента ее приготовления. Чтобы результаты повторного вибрирования были эффективнее, время его проведения следует определять экспериментальным путем.

Повышение плотности, прочности и ускорение процессов твердения бетона в раннем возрасте достигаются вакуумированием бетонной смеси. При этом способе после укладки и уплотнения из бетонной смеси отсасывают избыточную воду и вовлеченный воздух. Для этого забетонированную поверхность закрывают щитами с вакуум-полостями, покрытыми фильтрующим материалом. В результате разрежения, создаваемого в вакуум-полости, щиты прижимаются к поверхности бетона, из бетона в вакуум-полость отсасывается вода, а частицы цемента задерживаются фильтрующим материалом.

23. Уход за свежеуложенным бетоном и контроль его качества

Для получения высококачественного бетона, кроме надлежащего приготовления бетонной смеси, правильной укладки ее и уплотнения, необходим соответствующий уход за свежеуложенным бетоном, особенно на стадии схватывания и раннего твердения. Отсутствие ухода может привести к получению низкокачественного бетона, а иногда к разрушению бетонного сооружения. При уходе за свежеуложенным бетоном необходимо применять те мероприятия, которые обеспечивают условия его твердения в окружающей внешней среде, позволяющие создавать прочную плотную морозостойкую структуру бетона. Основные мероприятия по уходу за бетоном при положительных температурах — укрытие хорошо увлажненными мешковиной, парусиной, рогожей, песком и опилками, закрытие теплозащитными щитами, покрытие пленкообразующими составами. Открытые поверхности свежеуложенного бетона следует укрывать не позднее чем через 30 мин после уплотнения бетонной смеси, а в жаркую и ветреную погоду через 15 мин. Влажностный уход весьма трудоемок и требует большого количества воды. Укрытие теплозащитными щитами позволяет обеспечить уход сразу после укладки бетонной смеси, однако он не менее трудоемок, чем влажностный уход. Наиболее эффективным и индустриальным следует считать по-

крытие пленкообразующими составами, которые наносят в момент укладки бетонной смеси. Нанесение на открытую поверхность бетона пленкообразующих составов позволяет в течение 30...120 мин получить водонепроницаемую пленку с хорошей адгезионной способностью. В качестве пленкообразующих составов применяют водорастворимые латексные жидкости, помароль, дегтевые и битумные эмульсии, разжиженный битум и др.

Уход за бетоном в зимнее время должен обеспечивать его твердение при отрицательных температурах. Существуют следующие способы ухода: безобогревные и с искусственным прогревом. К безобогревным относят способы термоса, термоса с противоморозными добавками и горячего термоса. Искусственный прогрев бетона осуществляют электропрогревом, паропрогревом, воздухопрогревом, инфракрасным обогревом, индукционным обогревом и обогревом в термоактивной опалубке.

Долговечность бетонных конструкций и сооружений определяется качественным выполнением бетонных работ на всех технологических этапах, поэтому контроль качества должен осуществляться систематически при приемке и хранении компонентов, применяемых для приготовления бетонной смеси, в процессе приготовления и транспортировки бетонной смеси, при укладке и уплотнении бетонной смеси, уходе за свежеуложенным бетоном во время его твердения. Контроль осуществляют с использованием разрушающих и неразрушающих методов в соответствии с требованиями инструктивных и нормативных документов путем проведения испытаний, замеров и определений.

Глава 6. ВИДЫ БЕТОНА

24. Гидротехнический бетон

Бетон, применяемый при строительстве гидротехнических и гидромелиоративных сооружений, постоянно или периодически омываемых водой, называют гидротехническим. Гидротехнический бетон наряду с прочностью, морозостойкостью должен обладать водонепроницаемостью и водостойкостью, обеспечивающей длительную службу его в водной среде.

В зависимости от расположения по отношению к уровню воды гидротехнический бетон в сооружении или конструкции подразделяют на подводный —

постоянно находящийся в воде; зоны переменного уровня — подвергающийся периодическому омыванию водой; надводный — находящийся выше зоны переменного уровня. По площади поверхности конструкций гидротехнический бетон делят на массивный и немассивный, а по месту нахождения в сооружении — наружных и внутренних зон. Бетон внутренних зон массивных гидротехнических сооружений, не подвергающийся напору и расположенный не ближе 2 м от внешней поверхности, рассматривается как обычный бетон. По действующему на конструкцию напору воды различают гидротехнический бетон для напорных и для безнапорных конструкций.

Основные строительно-технические свойства гидротехнического бетона — водонепроницаемость, морозостойкость, водопоглощение, линейная усадка и набухание, прочность, стойкость против агрессивного воздействия воды, тепловыделение, подвижность и жесткость бетонной смеси, долговечность.

Водонепроницаемость характеризуется наибольшим давлением воды, при котором еще не наблюдается ее просачивания через образцы — цилиндры диаметром и высотой 15 см в условиях стандартного испытания. Марку по водонепроницаемости определяют по результатам испытаний шести образцов. Для речных гидротехнических сооружений и в некоторых случаях для гидромелиоративных сооружений испытывают образцы 180-суточного возраста, а для тонкостенных гидромелиоративных сооружений и морских сооружений — 28-суточного возраста. Установлены следующие марки гидротехнического бетона по водонепроницаемости: В2, В4, В6, В8 и В12, где цифра указывает давление (10^5 Па) воды, которое выдерживают образцы.

Морозостойкость характеризуется наибольшим числом циклов попеременного замораживания и оттаивания, которое способны выдерживать образцы в возрасте 28 сут без явных признаков разрушения и без снижения прочности более чем на 15% по сравнению с прочностью контрольных образцов, не подвергавшихся замораживанию. Марки гидротехнического бетона по морозостойкости: Мрз50, Мрз100, Мрз150, Мрз200, Мрз300, Мрз400 и Мрз500. Марку по морозостойкости устанавливают в зависимости от эксплуатационных и климатических условий с учетом числа расчетных циклов попеременного замораживания и оттаивания в течение года (по данным многолетних наблюдений).

Водопоглощение зависит от плотности бетона и характеризуется капиллярным всасыванием воды. Определяется водопоглощение на высушенных образцах — кубах. Водопоглощение бетона, работающего в зоне переменного уровня, должно быть не более 5%, в других зонах — не более 7%.

Линейная усадка и набухание характеризуются изменением линейных размеров образцов при попеременном увлажнении и высыхании. Их определяют на бетонных образцах в возрасте 28 и 180 сут. Линейное укорочение (усадка) бетонных образцов (при относительной влажности окружающего воздуха 60% и температуре 18°С) в возрасте 28 сут допускается не более 0,3 мм/м, а 180 сут — не более 0,7 мм/м. Линейное удлинение (набухание в воде) бетонных образцов в возрасте 28 сут не должно превышать 0,1 мм/м, а 180 сут — 0,3 мм/м.

Прочность гидротехнического бетона характеризуется пределом прочности при сжатии по образцам — кубам размером 20×20×20 см в возрасте 180 сут для гидромелиоративных и речных гидротехнических сооружений и 28 сут для тонкостенных гидромелиоративных конструкций и сооружений, а также морских сооружений. По пределу прочности при сжатии (10^5 Па) установлены следующие марки гидротехнического бетона: 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 и 500. Кроме того, прочность гидротехнического бетона характеризуется пределом прочности на осевое растяжение по образцам-цилиндрам диаметром и высотой 15 см или образцам-кубам размером 10×10×10 см с опорными площадками на взаимно противоположных ребрах, а также по образцам-восьмеркам общей длиной 50 см. По пределу прочности при осевом растяжении (10^5 Па) установлены следующие марки гидротехнического бетона: Р11; Р15; Р18; Р20; Р23; Р27; Р31 и Р35. При сокращенных сроках строительства гидротехнических сооружений, строительстве в период пониженных температур окружающего воздуха, изготовлении сборных гидротехнических бетонных и железобетонных конструкций и изделий и небольших объемах бетонных работ разрешается назначать и определять марки бетона по пределу прочности при сжатии и растяжении в возрасте 90, 60 и 28 сут.

Стойкость против агрессивного воздействия воды в процессе эксплуатации бетонных гидромелиоративных и гидротехнических сооружений в подводной зоне и зоне переменного уровня, а также в зоне воздействия агрессивных

грунтовых вод обеспечивается соответствующим подбором цемента, мелких и крупных заполнителей, состава бетона. В случае недостаточной водостойкости бетона при выбранном его составе применяют специальные мероприятия (облицовку плитами и др.).

Тепловыделение, наблюдаемое в процессе твердения массивного бетона, обеспечивается использованием цементов с пониженной экзотермией, введением соответствующих поверхностно-активных добавок или применением различных мероприятий по ликвидации экзотермии.

Подвижность и жесткость бетонной смеси принимают в зависимости от вида и сложности конструкций, применяемых заполнителей, поверхностно-активных добавок, методов укладки и способов уплотнения.

В качестве вяжущих материалов для гидротехнического бетона применяют портландцемент и его разновидности с умеренной экзотермией. В зоне постоянного увлажнения (подводный бетон) во внутренней зоне массивного бетона и в подземной части сооружений применяют пуццолановый портландцемент и шлакопортландцемент и портландцемент с добавкой золы-уноса. В зоне переменного уровня применяют портландцемент с умеренной экзотермией, пластифицированный, гидрофобный и сульфатостойкий портландцементы. Выше зоны переменного уровня (надводный бетон) применяют пластифицированный и гидрофобный портландцементы. Для повышения качества гидротехнического бетона рекомендуется вводить в него добавки, которые позволяют уменьшать его экзотермию, объемное расширение, усадку, водопотребность и т. д.

Требования к инертным заполнителям для гидротехнического бетона более жесткие, чем для обычного бетона.

Песок для гидротехнического бетона применяют крупный, средней крупности и мелкий природный или искусственный из твердых и плотных горных пород. Песок из пористых изверженных или осадочных пород можно использовать после экспериментальной проверки. В бетонные смеси, содержащие мелкий песок, вводят водорегулирующие и воздухововлекающие добавки. Содержание пылеватых и других примесей в песке не должно превышать 2% для зоны переменного уровня и 4% для подводного бетона. Песок, предназначаемый для приготовления бетона зоны переменного уровня с маркой по морозостойкости Мрз300 и более, следует подвергать предварительному испытанию на морозостойкость.

В качестве крупного заполнителя для гидротехнического бетона применяют гравий, щебень из горных пород, щебень из гравия или смесь гравия и щебня. Зерновой состав заполнителей подбирают так, чтобы обеспечить минимально возможный объем пустот при как можно большей крупности зерен с учетом получения наибольшей средней плотности. Такой подбор позволяет улучшить экзотермию, снизить расход цемента. Гравий и щебень необходимо проверять на водопоглощение, морозостойкость, прочность и водостойкость. Содержание примесей (глины, ила, пыли) для бетона зоны переменного уровня и подводного не должно превышать 1%, надводного — 2%. Средняя плотность крупного заполнителя должна быть не менее 2400 кг/м³. Предел прочности (10^5 Па) породы крупного заполнителя при сжатии в водонасыщенном состоянии должен в 2,5...3 раза превышать требуемую марку бетона.

Долговечность гидротехнического бетона зависит от его сопротивляемости различным видам воздействия внешней среды, при этом значительную роль играет относительная плотность. Повышение относительной плотности (уменьшение объема капиллярных пор) — необходимое условие получения водонепроницаемой, водостойкой и морозостойкой структуры бетона. Гидротехнический бетон, содержащий в своем объеме до 5...7% капиллярных открытых пор, обладает высокой морозостойкостью. Водонепроницаемость гидротехнического бетона зависит от его возраста, плотности и влажности. По мере увлажнения бетона его плотность и водонепроницаемость увеличиваются (набухание цементного камня). На водонепроницаемость бетона в естественных условиях, кроме влажности, большое влияние оказывает возраст. Как правило, если бетон твердеет при нормальных температуре и влажности, то водонепроницаемость бетона значительно увеличивается со временем. Повышение водонепроницаемости бетона со временем происходит вследствие увеличения плотности цементного камня в процессе твердения, то есть увеличения объема твердой фазы в результате длительной гидратации цемента. Значительное и устойчивое повышение водонепроницаемости бетона наблюдается при его твердении в воде, под водонепроницаемым покрытием или в воздушно-влажной среде. При твердении бетона в воздушно-сухой среде из-за значительных потерь воды вследствие испарения рост его водонепроницаемости замедляется, а в некоторых случаях водонепроницаемость даже снижается. Повышение водонепроницаемости может

быть достигнуто путем введения водорегулирующих добавок.

Самым существенным фактором, определяющим водонепроницаемость и морозостойкость бетона, является отношение *В/Ц*, при увеличении которого водонепроницаемость снижается в 3...8 раз, морозостойкость — в 2...3 раза. Отношение *В/Ц* для сборных гидротехнических конструкций следует принимать не выше указанной в таблице 6.1.

6.1. **Предельное отношение *В/Ц* в железобетонных** (над чертой), **в бетонных и малоармированных** (под чертой) **конструкциях**

Зона сооружения	Климатические условия		
	умеренные	суровые	особо суровые
Переменного уровня	0,50 / 0,55	0,45 / 0,45	0,40 / 0,40
Подводная	0,55 / 0,60	0,55 / 0,60	0,50 / 0,55
Надводная	0,60 / 0,65	0,55 / 0,60	0,50 / 0,55

Расход цемента для гидротехнического бетона рекомендуется принимать не выше указанного в таблице 6.2.

6.2. **Предельный расход (кг/м³) портландцемента** (над чертой) **и пуццоланового портландцемента** (под чертой)

Показатели удобоукладываемости бетонной смеси	Марка бетона					
	Мрз50	Мрз100 и Мрз150	Мрз200 и выше	В2	В4	В6 и выше
Осадка конуса *ОК*, см:						
4...6	325 / —	375 / —	450 / —	275 / 300	375 / 350	480 / 400
2	300 / —	350 / —	425 / —	260 / 275	350 / 325	450 / 375
Жесткость *Ж*, с:						
20...40	280 / —	325 / —	400 / —	250 / 250	325 / 300	425 / 350
50...80	280 / —	300 / —	375 / —	250 / 250	300 / 275	400 / 325

Примечание. Расход цемента дан независимо от условий твердения изделий.

В практике гидромелиоративного строительства большое значение имеет фильтрация воды через бетон. Эта характеристика особенно важна при устройстве противофильтрационных облицовок каналов и водоемов, строительстве лотковых каналов, бетонных и железобетонных трубопроводов и т. д. Фильтрация воды через массу бетона характеризуется коэффициентом фильтрации, который определяют на образцах, изготовленных из бетонной смеси, или на выбуренных из конструкций или сооружений кернах. Образцы имеют форму цилиндра диаметром 150 мм (стандартный образец) и менее, высотой от 50 до 150 мм. Возраст образцов 28 сут, до испытания их выдерживают в стандартных условиях. Перед испытанием торцы образцов и кернов зачищают металлической щеткой до полного удаления пленки цементного теста. Затем образцы герметизируют в обоймах мастиками или резиной и испытывают на установке. Каждая испытываемая серия должна состоять из шести образцов. Коэффициент фильтрации (см/с) бетона определяют по формуле

$$k_\Phi = \eta \frac{V\delta}{S\tau\Delta p} k_p, \qquad (6.1)$$

где η — безразмерный коэффициент, учитывающий вязкость воды при различной температуре:

$t_в$, °С	5	10	15	20	25	30
η	1,51	1,30	1,13	1,00	0,04	0,80

V — объем фильтрата, см³; δ — толщина образца, см;
S — площадь сечения образца, см²; τ — время, в течение которого измеряется объем фильтрата, с; Δp — избыточное давление (10^5 Па) воды в установке ($\Delta p = p_2 - p_1$ — разность давлений воды на входе p_1 и на выходе p_2 из образца); k_p — поправочный размерный коэффициент, учитывающий диаметр образца d:

d, мм	150	130	120	80	50
k_p	1,0	1,1	1,4	2,5	5,5

25. Облегченные, легкие и особо легкие бетоны

Плотные облегченные и легкие бетоны имеют пористую структуру, получаемую в результате применения пористых заполнителей или специальных технологических приемов при приготовлении бетонной смеси. В качестве заполнителей используют песок и щебень из пемзы, вулканического шлака, вулканического туфа, пористого известняка и доломита, известняка-ракушечника, известкового туфа, опоки, трепела, диатомита, топливных шлаков, пористых металлургических отвальных шлаков, вспученного при обжиге керамзита, термозита, перлита, вермикулита, гранулированного шлака и т. п. Морозостойкость пористых заполнителей, применяемых в легких бетонах, не защищенных от внешних атмосферных воздействий, должна быть не ниже морозостойкости бетона. Прочность заполнителей должна составлять не менее 50% требуемой прочности бетона, а коэффициент размягчения должен быть не менее 0,6.

К е р а м з и т изготовляют из глинистого сырья, способного хорошо вспучиваться в процессе обжига, с повышенным содержанием железистых соединений или с добавками, выделяющими газообразные продукты. Из приготовленной глинистой массы формуют гранулы, которые перед обжигом просушивают. Просушенные гранулы обжигают во вращающихся печах при температуре до 1200°С. В процессе обжига происходит вспучивание гранул с увеличением их объема в 17 раз и образование керамзитового гравия.

Т е р м о з и т — пористый материал, получаемый из расплава доменного гранулированного шлака путем выливания его на влажную поверхность песка или глины, содержащих органические примеси. При расплывании расплава образуется пар, который вспучивает шлак.

П е р л и т — искусственный пористый материал, получаемый из изверженных полиминеральных горных пород, которые при нагревании до 1100...1300°С вспучиваются и образуют пористый щебень.

В е р м и к у л и т — продукт выветривания природного горного камня (биотитовой слюды), который при быстром нагревании до 700...900°С вспучивается, увеличиваясь в объеме в 40 раз.

Бетонная смесь для легких бетонов на пористых заполнителях должна иметь подвижность и жесткость, соответствующие типу бетонируемой конструкции и принятому способу уплотнения или формования бетонной смеси.

К р у п н о п о р и с т ы й б е т о н — это бетон, в составе которого отсутствует мелкий заполнитель (песок). Крупнопористый бетон применяют для изготовления стеновых блоков, а также стен отапливаемых зданий. Он имеет состав от 1 : 8 до 1 : 20 (вяжущее : крупный заполнитель). Для приготовления бетонной смеси крупнопористого бетона используют обычный портландцемент марок 400, 500 и крупный заполнитель размером 5...50 мм. Расход цемента на 1 м³ бетона 70...130 кг, что значительно меньше, чем нужно

для заполнения межзерновой пустотности крупного заполнителя. Из-за пустот, образовавшихся вследствие отсутствия мелкого заполнителя, крупнопористый бетон имеет небольшую теплопроводность, соответствующую требуемой для стеновых материалов. С целью предохранения стен от продуваемости их оштукатуривают с двух сторон. Средняя плотность такого бетона 600...1800 кг/м³, а предел прочности при сжатии до 5 МПа.

Поризованный бетон приготовляют одним из следующих технических приемов: смешиванием отдельно приготовленной пеномассы, состоящей из вяжущего, воды, тонкомолотого или природного пылевидного минерального компонента и пенообразователя с крупным пористым заполнителем; добавлением в процессе перемешивания составляющих к песчаной легкобетонной смеси отдельно приготовленной технической пены. В качестве тонкомолотой порошковой добавки применяют доменные гранулированные шлаки, золу-унос и гидравлические добавки. Такой бетон имеет соотношение между минеральными составляющими и цементом от 1,5 : 1 при автоклавной обработке до 1 : 1,5 при пропаривании. По пределу прочности при сжатии (10^5 Па) установлены следующие марки поризованного бетона: 35, 50, 75 и 100; по средней плотности (кг/м³) — марки 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300 и 1400.

Ячеистый (особо легкий) бетон получают из смеси вяжущего с газо- или пенообразующими добавками, в которой отсутствуют крупные заполнители, а иногда и песок. При твердении смеси ячеистого бетона получается высокопористый каменный материал с равномерно распределенными порами (до 83% общего объема бетона) в виде замкнутых ячеек диаметром 0,5...2 мм, заполненных воздухом или газом. Ячеистый бетон подразделяют по способу образования пористой структуры на газобетон, получаемый путем введения в смесь газообразователя, и пенобетон, получаемый путем смешивания смеси с пеной, в результате чего образуются замкнутые поры; по виду применяемого вяжущего — на газобетон, пенобетон и т. п., содержащие портландцемент, цементно-известковое и известковое нефелиновое вяжущее; газосиликат, пеносиликат и т. п., содержащие молотую негашеную известь; газошлакобетон, пеношлакобетон, содержащие молотые доменные шлаки с активизирующими добавками — известью и гипсом; по назначению на теплоизоляционный — со средней плотностью в высушенном состоянии 500 кг/м³ и менее; конструктивно-теплоизоляционный (для ограждающих конструкций) — со средней плотностью 500...900 кг/м³, конструктивный — со средней плотностью 900...1200 кг/м³. Бетон со средней плотностью 300...900 кг/м³ имеет марки по пределу прочности при сжатии (10^5 Па) от 25 до 75, а бетон со средней плотностью 900...1200 кг/м³ — от 75 до 150. Для получения ячеистого цементного бетона следует применять малоалюминатный портландцемент, а для получения газобетона на цементно-известковом вяжущем — шлакопортландцемент марки не ниже 400. По условиям твердения ячеистый бетон подразделяют на естественного и автоклавного твердения (см. гл. 8). Лучшее качество имеет бетон автоклавного твердения.

26. Бетоны специальных видов

Особо тяжелый бетон применяют для специальных защитных сооружений (для защиты от радиоактивных воздействий). Он имеет среднюю плотность более 2 500 кг/м³. В качестве заполнителя используют магнетит, лимонит, гидрогенит, гематит, барит, чугунный скрап, чугунную дробь, обрезки стали, что определяет наименование бетона — магнетитовый, лимонитовый, баритовый, бетон с чугунным скрапом и т. д. Для улучшения защитных свойств такого бетона (защиты от нейтронных излучений) применяют добавки — карбид бора, хлористый литий, сернокислый кадмий и другие, содержащие легкие элементы — водород, литий, кадмий и борсодержащие вещества. Вяжущими в этом бетоне служат портландцемент, шлакопортландцемент и глиноземистый цемент марок 300, 400 и 500. По пределу прочности при сжатии (10^5 Па) установлены следующие марки особо тяжелого бетона: 100, 150 и 200.

Дорожный бетон применяют при строительстве автомобильных дорог, аэродромов, городских улиц и проездов. Его подразделяют на бетон для однослойного покрытия и верхнего слоя двухслойного покрытия, бетон для основания усовершенствованного капитального покрытия и бетон для нижнего слоя двухслойного покрытия. К бетону для верхнего слоя предъявляют требования по прочности, износостойкости, водостойкости и морозостойкости. Для приготовления бетонной смеси дорожного бетона используют высококачественные материалы. В качестве вяжущих применяют пластифицированный и гидрофобный портландце-

менты. В бетоне для основания используют цемент марки не ниже 500. Содержание трехкальциевого алюмината не должно превышать 10% (из-за повышенных требований по морозо- и коррозионностойкости). Начало схватывания цемента должно быть не ранее 2 ч от момента затворения. С целью улучшения качества и повышения устойчивости бетона против действия хлористых противогололедных веществ в него вводят поверхностно-активные добавки в виде сульфитно-дрожжевой бражки (СДБ), мылонафта, асидолмылонафта, смолы, нейтрализованной воздухововлекающей (СНВ) и т. п. В качестве мелкого инертного заполнителя используют кварцевый или искусственный песок, получаемый дроблением полевошпатных и других твердых горных пород. Крупный заполнитель (щебень и гравий), применяемый только после промывки, должен быть высокого качества, с морозостойкостью не ниже проектной морозостойкости дорожного бетона. Предельная крупность щебня для однослойного покрытия и нижнего слоя двухслойного покрытия 40 мм, для верхнего слоя двухслойного покрытия 20 мм. Щебень из изверженных пород должен иметь марку не ниже 1200, из осадочных пород не ниже 800. Цифры даны в 10^5 Па. Предел прочности (10^5 Па) крупного заполнителя при растяжении должен быть в 1,5...2,5 раза выше марки дорожного бетона, а при сжатии — в 2...4 раза выше. Слабых фракций допускается не более 7% по массе. Дорожный бетон для однослойного покрытия и верхнего слоя двухслойного покрытия по пределу прочности при сжатии (10^5 Па) имеет марки 300, 350, 400, 500; по пределу прочности (10^5 Па) на растяжение при изгибе — марки 40, 45, 50, 55; бетон для нижнего слоя двухслойного покрытия имеет соответственно марки 250, 300, 350 и 35, 40, 45; бетон для основания усовершенствованного капитального покрытия имеет соответственно марки 75, 100, 150, 200, 250 и 15, 20, 25, 30, 35.

Мелкозернистый бетон — это бетон с наибольшей крупностью заполнителя до 10 мм. Мелкозернистый бетон можно укладывать торкретированием с помощью цемент-пушки. В цемент-пушку засыпают сухую смесь мелкозернистого бетона, которая сжатым воздухом подается по гибкому шлангу к месту укладки бетона. К выходному отверстию гибкого шланга по специальному шлангу под давлением поступает в нужном количестве вода. При выходе из отверстия сопла сухая смесь смачивается водой и в готовом виде наносится на бетонируемую поверхность. При таком способе укладки бетонной смеси получается мелкозернистый бетон

высокой плотности, прочности, морозостойкости и водонепроницаемости. Более совершенный метод — пневмобетонирование (мокрая схема), когда по шлангу подается заранее приготовленная бетонная смесь, что позволяет в процессе бетонирования уменьшить водоцементное отношение смеси на 25%, сократить расход составляющих (в результате уменьшения отскока) и упростить технологию производства работ. Кроме перечисленных способов укладки мелкозернистого бетона, применяют обычный способ, то есть укладку готовой смеси в опалубку или форму с последующим уплотнением и тепловой обработкой (если это необходимо).

Мелкозернистый бетон применяют при устройстве противофильтрационных облицовок каналов и водоемов, строительстве различных емкостей, при изготовлении панелей кассетного производства и тротуарных плит, заделке деформационных швов в гидротехнических сооружениях и т. д. Для ремонта гидротехнических сооружений, аэродромных покрытий, облицовок каналов используют быстротвердеющий мелкозернистый бетон на основе жидкого стекла в сочетании с добавками.

Разновидность мелкозернистого бетона — армоцемент, представляющий бетон, армированный по сечению тканными металлическими сетками. Крупность песка в таком бетоне не превышает 3 мм. Конструкции из армоцемента обладают высокой несущей способностью, поэтому его используют при изготовлении тонкостенных пространственных конструкций в виде оболочек двоякой кривизны и др.

Литой бетон применяют при бетонировании труднодоступных для вибрирования частей сооружений, густоармированных швов, затрубных пространств туннельных облицовок и водоводов, при сооружении буронабивных свай фундаментов. Литую бетонную смесь приготовляют из цемента, песка с содержанием мелких частиц (мельче 0,15 мм) до 15%, крупного заполнителя, водоудерживающих добавок (бентонитовой глины и т. п.), микронаполнителей (золы-уноса, керамзитовой пыли и т. п.). Бетонная смесь для литого бетона должна быть литой (текучей), что позволяет укладывать ее без механического воздействия (осадка конуса 20...24 см).

Сухой бетон — это сухая бетонная смесь, отдозированная на заводе из сухих компонентов (цемента, песка и крупного заполнителя). На месте укладки бетонную смесь перемешивают с водой в бетономешалках или непосредственно

в автобетоносмесителях. Такой процесс перевозки бетонной смеси позволяет не регламентировать продолжительность транспортировки бетона в зависимости от температуры окружающей среды и дальности транспортировки.

Шлакощелочной алюмосиликатный бетон — это смесь из шлакощелочных вяжущих, мелких (песок, супесь, суглинок) и крупных (щебень или гравий) либо только мелких заполнителей и щелочных компонентов. Бетон этого вида — высокоэкономичный строительный материал. В его составе, кроме грунтов местного происхождения и щелочных компонентов, используют отходы промышленности в виде тонкоизмельченного гранулированного доменного шлака. В качестве щелочного компонента применяют соду, содопоташную смесь, содощелочной плав и другие соединения натрия или калия, дающие в водных растворах щелочную реакцию. Шлакощелочной алюмосиликатный бетон твердеет в воздушной и водной среде, а также в процессе тепловой и влажностной обработки при атмосферном и повышенном давлении. Основными компонентами для неармированного шлакощелочного алюмосиликатного бетона могут служить местные пески, супеси, суглинки и т. п. (75...80%), тонкомолотые гранулированные шлаки (20...25%) и щелочной компонент (1...3%). Этот бетон обладает высокими прочностными показателями (до 100 МПа), стойкостью к агрессивным средам, повышенной морозостойкостью и водонепроницаемостью. Применяют его как монолитный бетон, а также при изготовлении сборных бетонных и железобетонных изделий и конструкций, дренажных труб и в других случаях вместо обычного дорогостоящего бетона.

Глава 7. БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ В ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

27. Общие сведения

Большие масштабы водохозяйственного строительства в нашей стране требуют быстрого развития и технического совершенствования строительной индустрии. Успешному решению этой задачи способствует применение сборных бетонных и железобетонных изделий и конструкций, которое позволяет не только повысить качество строительства сооружений, но и освободиться от сезонности работ, значительно сократить сроки и стоимость строительства, улучшить условия труда и культуру производства, превратить строительную площадку в монтажную, оснащенную современными механизмами и оборудованием.

Железобетон — это искусственный строительный материал, представляющий бетон, внутри которого расположена стальная арматура. Стальная арматура хорошо воспринимает не только сжимающие, но и растягивающие усилия, возникающие в конструкции при внецентренном сжатии, растяжении, изгибе и т. д. Железобетонные конструкции могут быть монолитными, когда бетонирование выполняют непосредственно на месте строительства, и сборными, когда конструкции изготовляют на заводах или полигонах.

Сборные бетонные и железобетонные изделия классифицируют по виду бетона: цементные, силикатные, ячеистые и др.; внутреннему строению: сплошные и пустотелые; виду напряжения арматуры: ненапряженные и предварительно-напряженные; назначению: для жилых, общественных, промышленных, водохозяйственных и других зданий и сооружений; конструктивным особенностям: плоские и пространственные.

Железобетонные сооружения, конструкции и изделия изготовляют из обычного бетона марки не ниже 200, легкого бетона марки не ниже 50 и плотного силикатного бетона марки не ниже 100. Бетон марки 200 используют для изготовления слабонагруженных (с небольшой несущей способностью) бетонных и железобетонных изделий, работающих в основном на сжатие. Бетоны марок 300, 400, 500 и 600 используют при изготовлении железобетонных изделий с большой несущей способностью и для предварительно-напряженных конструкций.

При изготовлении железобетонных изделий часто применяют бетоны в различном сочетании — обычный бетон с теплоизоляционными, звукоизоляционными, антикоррозийными материалами; железобетон с легким или ячеистым бетоном и т. п.

В зависимости от вида бетона, условий твердения бетонной смеси, методов возведения сооружений и изготовления изделий применяют соответствующую бетонную смесь, которая должна отвечать требованиям СНиП, ГОСТ и ТУ. Бетоны, применяемые для изготовления бетонных и железобетонных изделий, конструкций и сооружений гидромелиоративного назначения, должны обеспечивать их надеж-

ность и долговечность при систематическом воздействии попеременного увлажнения и высыхания, замораживания и оттаивания, истирания наносами и льдом, температурных перепадов, агрессивных сред, возможных неравномерных осадок и пучения грунтового основания.

Для армирования обычных (ненапряженных) железобетонных монолитных сооружений, а также сборных изделий и конструкций применяют сварные сетки и каркасы (плоские и пространственные), рулонные сетки из стальной горячекатаной арматуры или из холоднотянутой стальной проволоки, стержневую стальную горячекатаную арматуру. При изготовлении напряженных конструкций и изделий применяют высокопрочную проволоку, арматурные канаты (пряди). Арматуру предварительно растягивают (напрягают). Натяжение арматуры осуществляют до бетонирования с помощью различных анкеров и зажимов или путем электроразогрева. После укладки, затвердевания бетонной смеси и приобретения бетоном соответствующей прочности концы арматуры освобождают (отрезают), и она, стремясь возвратиться в первоначальное состояние, напрягает (обжимает) бетон. При монтаже напряженных конструкций из отдельных ранее отбетонированных элементов арматуру (обычно арматурные канаты) пропускают в специальные каналы, после чего растягивают таким образом, чтобы в процессе растяжения происходило обжатие этих элементов в конструкции. После достижения необходимого обжатия конструкции и растяжения арматуры концы ее заанкеривают, а каналы, в которых проходит арматура, омоноличивают высокопрочным цементным раствором. Когда раствор приобретет необходимую прочность, концы арматуры обрезают, в результате чего конструкция приобретает напряжение, которое позволяет увеличить ее несущую способность.

Для улучшения сцепления арматурной стали с бетоном и повышения трещиностойкости железобетона арматурную сталь изготовляют с периодическим профилем или рифленую.

Из сборных бетонных, и особенно железобетонных, изделий и конструкций возводят практически все элементы зданий и сооружений, поэтому номенклатура их весьма разнообразна. Большое внимание при изготовлении сборных изделий уделяют их качеству. Изготовленные изделия принимает отдел технического контроля завода или полигона железобетонных изделий. Отпускают их потребителю только после маркировки и составления паспорта на партию изделий, готовых к отправке. Проверку качества и приемку готовых изделий проводят по рабочим чертежам, строго соблюдая требования нормативных документов на данный вид изделия.

28. Сборные бетонные изделия

Номенклатура сборных бетонных изделий весьма незначительна, так как бетон хорошо работает только на сжимающие усилия, а практически большинство элементов зданий и сооружений воспринимает в основном растягивающие усилия.

Трубы дренажные из грунтосиликатобетона изготовляют из смеси местного грунта (песка, супеси, суглинка), молотого шлака и щелочного компонента. Длина труб 333 мм, внутренний диаметр 50, 75, 100 и 150 мм, толщина стенки 10, 15 и 20 мм. Они обладают большой несущей способностью, морозостойкостью, стойкостью к агрессивным средам. Применяют их при строительстве закрытых дренажных осушителей.

Трубы дренажные из фильтрационного бетона изготовляют способом осевого послойного прессования. Длина труб 500, 600 и 900 мм, внутренний диаметр 100, 150 и 200 мм, толщина стенки 25, 30 и 40 мм. Предназначены они для устройства закрытого дренажа.

Трубы дренажные пористобетонные изготовляют методом вибропрессования на специальных станках. Длина труб 500 мм, внутренний диаметр 50 мм, толщина стенки 25 мм. Применяют их в гидромелиоративном строительстве и при устройстве производственного дренажа.

Трубофильтры из крупнопористого керамзитобетона изготовляют методом виброформования. Длина труб 500 и 825 мм, внутренний диаметр 50 и 150 мм, толщина стенки 25 и 50 мм. Применяют их в гидромелиоративном, сельскохозяйственном и промышленно-гражданском строительстве.

Тетраэдры фигурные в виде бетонных блоков (рис. 7.1, *а*) изготовляют из гидротехнического бетона марок не ниже 300, Мрз75 — Мрз200, В4. Предназначаются они для возведения берегозащитных и оградительных сооружений.

Фундаментные столбы (рис. 7.1, б), изготовляемые из бетона марки 100, используют в качестве столбчатых фундаментов бревенчатых, брусчатых, каркасно-щитовых, щитовых и каркасных деревянных зданий.

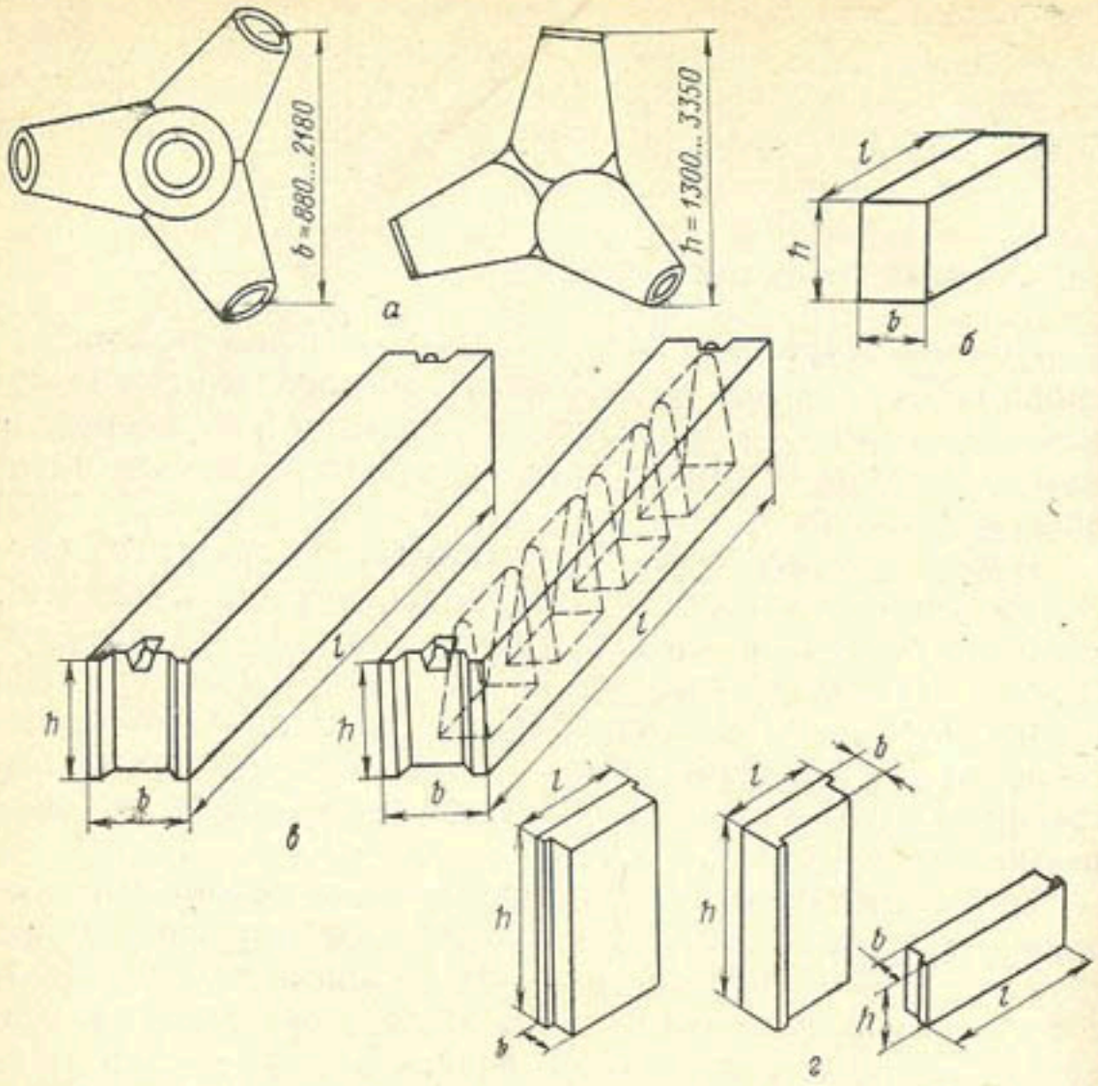


Рис. 7.1. Бетонные изделия заводского изготовления:
а — тетраэдр фигурный; *б* — фундаментные столбы; *в* — блоки для фундаментов и стен подвалов; *г* — блоки наружных стен (простеночный, угловой, подоконный).

Блоки для фундаментов и стен подвалов (рис. 7.1, в) изготовляют сплошными или с пустотами. Применяют их при возведении ленточных фундаментов. Они имеют прямоугольную форму, марку бетона 100 и 150, массу 305... 1630 кг.

Грунтобетонный стеновой камень изготовляют из местных супесчаных или суглинистых грунтов и портландцемента марки 300 или 400. Расход цемента 7...10% массы грунта. Этот дешевый стеновой материал находит широкое применение при строительстве одно- и двухэтажных поселковых зданий. Марка камня 50 и 75. Размер грунтобетонного стенового камня 250×120×140 мм.

Блоки наружных стен (рис. 7.1, *г*) изготовляют из керамзитобетона, шлакокерамзитобетона и т. д. марки 75 или

100. Толщина блоков 400 и 500 мм. Высота h блоков простеночных, угловых и дверных 2280, 2690 и 3280 мм; подоконных — 765 и 840 мм. Толщина подоконных блоков на 100 мм меньше толщины блоков для наружных стен с целью создания ниши под отопительные приборы. Ширина l блоков колеблется в значительных пределах — она определяется маркой изделия.

Бортовой камень изготовляют из мелкозернистого бетона. Предназначен он для отделения проезжей части от тротуаров или газонов, а также для декоративного оформления улиц.

Плиты для полов, обычно мозаичные, предназначены для устройства полов в гидромелиоративных, сельскохозяйственных, гражданских и промышленных зданиях. Выпускают плиты размерами 250×250×20, 250×250×25, 500×250×25 и 500×500×30 мм. Материалами для их производства служат портландцемент марки 300 или 400, песок и мраморная крошка или щебень.

29. Железобетонные изделия и конструкции

Безнапорные трубы изготовляют способами центрифугирования (диаметр 400...1500 мм) и вертикального виброформования (диаметр 400...3500 мм).

Для изготовления безнапорных труб способом центрифугирования применяют поточно-агрегатную технологию. Процесс производства труб начинают с изготовления каркаса на полуавтоматической установке. На посту сборки монтируют форму, которую тщательно очищают и смазывают эмульсией. Форма представляет жесткий металлический цилиндр, состоящий из двух полуформ, соединяемых болтами. После очистки и смазки формы в ее нижнюю половину устанавливают арматурный каркас и закрывают его верхней половиной формы. Собранную форму с арматурным каркасом переносят в горизонтальном положении на другой стенд, где на нее надевают бандажи, после чего ее переносят на пост формования. На формовочном посту в процессе работы центрифуги (свободно-роликовой или клиноременной) на малых оборотах внутрь формы с помощью ложкового или ленточного питателя загружают требуемое количество бетонной смеси. По окончании распределения бетонной смеси частоту вращения центрифуги увеличивают, в результате чего происходит уплотнение смеси и удаление из нее излишней воды. Отформованную трубу переносят на

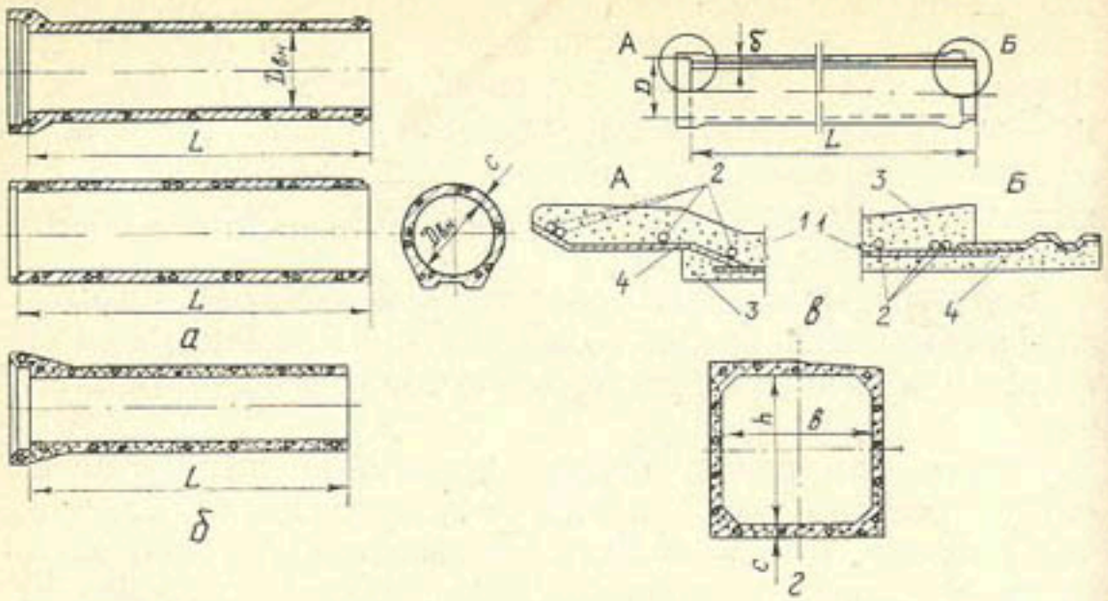


Рис. 7.2. Железобетонные трубы, используемые в гидромелиоративном строительстве:

а — безнапорные раструбные и с гладкими концами; *б* — напорные раструбные; *в* — напорные со стальным сердечником; *г* — прямоугольные: *1* — сварной стальной сердечник; *2* — спиральная арматура; *3* — мелкозернистый бетон; *4* — калиброванные соединительные кольца.

стенд, где с формы снимают бандажи и надевают на нее специальную крышку, после чего ее отправляют на пост тепловой обработки. Обычно режим пропаривания следующий: выдержка — 2 ч; подъем температуры до 80°С — 2 ч; изотермический прогрев при 80°С 7...8 ч; охлаждение в форме до распалубки — 2 ч. Безнапорные трубы выпускают раструбные длиной L=2500 и 5000 мм с внутренним диаметром $D_{вн}$=400...1600 мм и длиной L=5000 мм с внутренним диаметром $D_{вн}$=200...1600 мм, а также с гладкими концами (фальцевые) длиной L=2500 и 5000 мм с внутренним диаметром $D_{вн}$=400...1600 мм (рис. 7.2, *а*). Способом центрифугирования также формуют сваи-оболочки, опоры линий электропередачи.

При вертикальном виброформовании безнапорных труб их изготовляют в формовочных машинах, действующих по принципу вертикально перемещающихся щитов. Безнапорные трубы, изготовленные по этому способу, выпускают длиной 4000 мм с внутренним диаметром 1200...1500 мм, при диаметре более 1750 мм — длиной 2500...3500 мм.

Низконапорные трубы формуют по технологии формования безнапорных труб. Весь процесс основан на вибрационном уплотнении бетонной смеси в усиленной жесткой форме с разъемным сердечником. Низконапорные трубы воспри-

нимают рабочее давление до 0,6 МПа, их применяют при строительстве закрытых самонапорных систем, трубчатых гидротехнических сооружений и т. д. Выпускают эти трубы длиной 4000 мм с внутренним диаметром 800...1200 мм.

Раструбные напорные трубы по расчетному давлению подразделяют на три класса: I — на давление 1,5 МПа; II — на давление 1,0 МПа; III — на давление 0,5 МПа. Трубы изготовляют методом виброгидропрессования. Их армируют предварительно-напряженной высокопрочной проволокой в продольном и поперечном направлениях. Для изготовления труб используют портландцемент марки не ниже 500 и высококачественные заполнители (песок с модулем крупности 2,45...3,25, щебень с прочностью не менее 80 МПа). Бетонную смесь во время твердения обжимают с помощью резинового чехла сердечника формы внутренним радиальным давлением 3 МПа воды, подогретой до 70... 75°С. На время укладки и уплотнения бетонной смеси на форму навешивают комплект пневматических вибраторов. Весь цикл изготовления напорных раструбных труб длится 8...12 ч, в зависимости от их диаметра. Напорные трубы выпускают длиной L=5000 мм с внутренним диаметром 500... 1600 мм (рис. 7.2, *б*). Их применяют при строительстве напорных трубопроводов, водосбросных сооружений сифонного типа, трубчатых водовыпусков и т. п.

Напорные трубы со стальным сердечником выпускают длиной L=5000 и 10 000 мм с внутренним диаметром 250, 300, 400, 500, 600 и 800 мм (рис. 7.2, *в*). Они предназначены для строительства напорных трубопроводов закрытых оросительных систем с давлением 1,0 и 1,5 МПа. Конструкция трубы выполнена из сварного стального сердечника (цилиндра), соединительных колец (калиброванных), внутреннего покрытия из мелкозернистого гидротехнического бетона (уплотняют центрифугированием), напряженной стальной арматуры, навитой на стальной сердечник, и наружного покрытия из мелкозернистого бетона (наносят торкретированием) (рис. 7.2, *в*).

Прямоугольные трубы (рис. 7.2, *г*) выпускают размерами 1500×2000, 2000×2000 и 2500×2000 мм нормальной и повышенной прочности. Длина звена трубы L соответственно 1500; 1000 и 1000 мм. Для соединения звеньев труб используют выпуски арматуры, которые сваривают между собой, после чего замоноличивают, образуя стыковые соединения. Эти трубы применяют при строительстве переездов, регуляторов, водовыпусков и т. д.

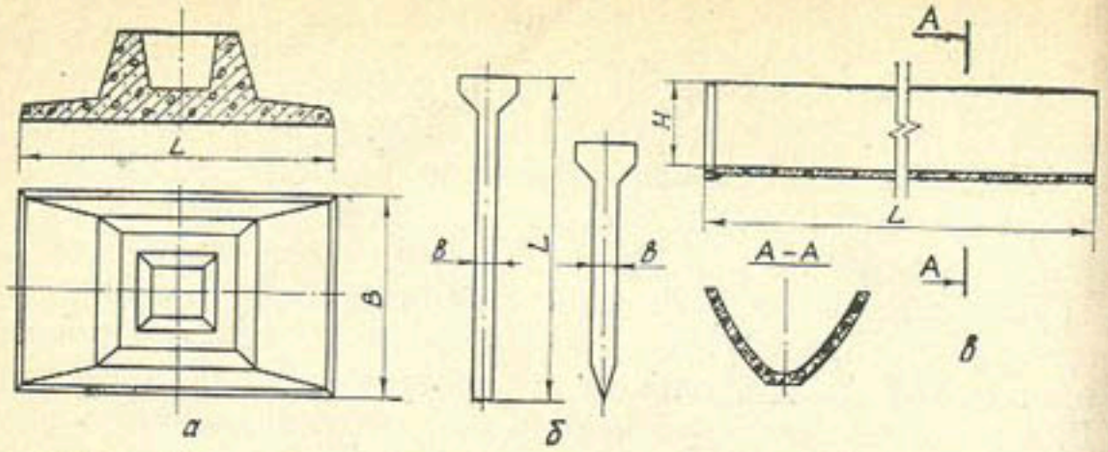


Рис. 7.3. Железобетонные элементы лотковых каналов:
а — фундаментный блок; *б* — стойки и сваи под лотки; *в* — лоток параболического сечения.

Фундаментные блоки для лотков (рис. 7.3, *а*) имеют марки Ф12-6; Ф15-9; Ф18-9 и Ф21-12, где первая цифра обозначает длину L, вторая — ширину B блока. Их изготовляют из гидротехнического бетона марок не ниже 200, Мрз150, В6.

Стойки для лотков (слева на рис. 7.3, б) изготовляют из того же гидротехнического бетона, что и фундаменты для лотков. Для них установлены марки СТ-7,5; СТ-12,5; СТ-17,5; СТ-27,5; СТ-37,5; СТ-47,5; СТУ-11,5 и СТУ-16,5, где цифры показывают длину стойки L. Сечение стоек $a \times b$ составляет 150×200 и 200×250 мм.

Сваи для лотков (справа на рис. 7.3, б) имеют марки СЛ 40-2; СЛ 60-2; СЛ 40-2,5; СЛ 60-2,5; СЛУ 60-2; СЛУ 40-2,5 и СЛУ 60-2,5. Первая цифра характеризует длину сваи L, вторая — сечение $a \times b$.

Фундаментные блоки, стойки и сваи для лотков являются опорными элементами лотковых оросительных каналов. Размеры этих изделий в маркировке даны в дециметрах. Буква У в маркировке стоек и свай указывает, что эти изделия усилены.

Лотки параболического сечения для оросительных систем имеют с одной стороны раструб, а с другой стороны гладкий конец (рис. 7.3, *в*). Выпускают их ненапряженными (ЛР) длиной $L=6000$ мм и напряженными (ЛРН) длиной $L=8000$ мм марок соответственно ЛР-4; ЛР-6; ЛР-8; ЛР-10 и ЛРН-4; ЛРН-6; ЛРН-8; ЛРН-10, где цифра обозначает глубину лотков H в дециметрах. Лотки изготовляют из гидротехнического бетона марок 300, Мрз200, В8. Кроме лотков параболического сечения, выпускают лотки полу-

цирку льного и других сечений. В основном лотки изготовляют в перевернутом положении в специальных металлических формах. В настоящий момент внедряется технология изготовления лотков в рабочем положении методом виброштампования на специальной стендовой установке. Лотки используют при строительстве лотковых оросительных каналов. Стыковые соединения лотков герметизируют специальными пороизоловыми жгутами и мастиками.

Объемные блоки колодцев лотковой сети выпускают двух типов: объемно-составные, полносборные (рис. 7.4, *а* и *б*). Объемно-составные блоки изготовляют трех видов (нижний, средний и верхний) квадратного сечения с внутренними размерами 1600×1600; 2200×2200 мм. Они имеют вырезы под лотки и отверстия под трубы. Верхний блок может иметь от одного до четырех вырезов под лотки. Полносборные блоки прямоугольного сечения в плане выпускают марок КО-12, КО-15, КО-21, КО-24 и КО-25, где цифра обозначает высоту колодца H в дециметрах. Колодцы из объемных блоков применяют при строительстве лотковых открытых каналов и закрытых трубопроводов.

Оголовок с ныряющими стенками (рис. 7.4, *в*) выпускают трех серий — для труб диаметром $D_y=600$, 800 и 1000 мм. Этот оголовок полного заводского изготовления. Для установки в оголовке различного оборудования (плоских затворов, автоматов расходов и уровней, водомерных приставок) в нем предусмотрены закладные детали. Применяют оголовок при строительстве водозаборных сооружений закрытой оросительной сети. Изготовляют его из гидротехнического бетона марок не ниже 200, Мрз150, В6.

Плиты крепления откосов сооружений изготовляют прямоугольной и треугольной формы (рис. 7.5). Выпускают плоские (ПП 5-10 и ПП 10-15), ребристые (РП 10-15 и РП 15-30) и ребристые утяжеленные (РПУ 10-15 и РПУ 15-30). Первая цифра обозначает ширину плиты B, вторая — длину L в дециметрах. В конструкции плит предусмотрена возможность стыковки их между собой с помощью петель с последующим омоноличиванием стыков.

Плиты облицовки оросительных каналов выпускают ненапряженными (ПК) и напряженными (НПК). Предварительно-напряженные плиты изготовляют по агрегатно-поточной технологии с тепловой обработкой в пакетах под давлением. Зазор между плитами герметизируют специальным материалом. Плиты ненапряженные изготовляют из гидротехнического бетона марок не ниже 200, Мрз150,

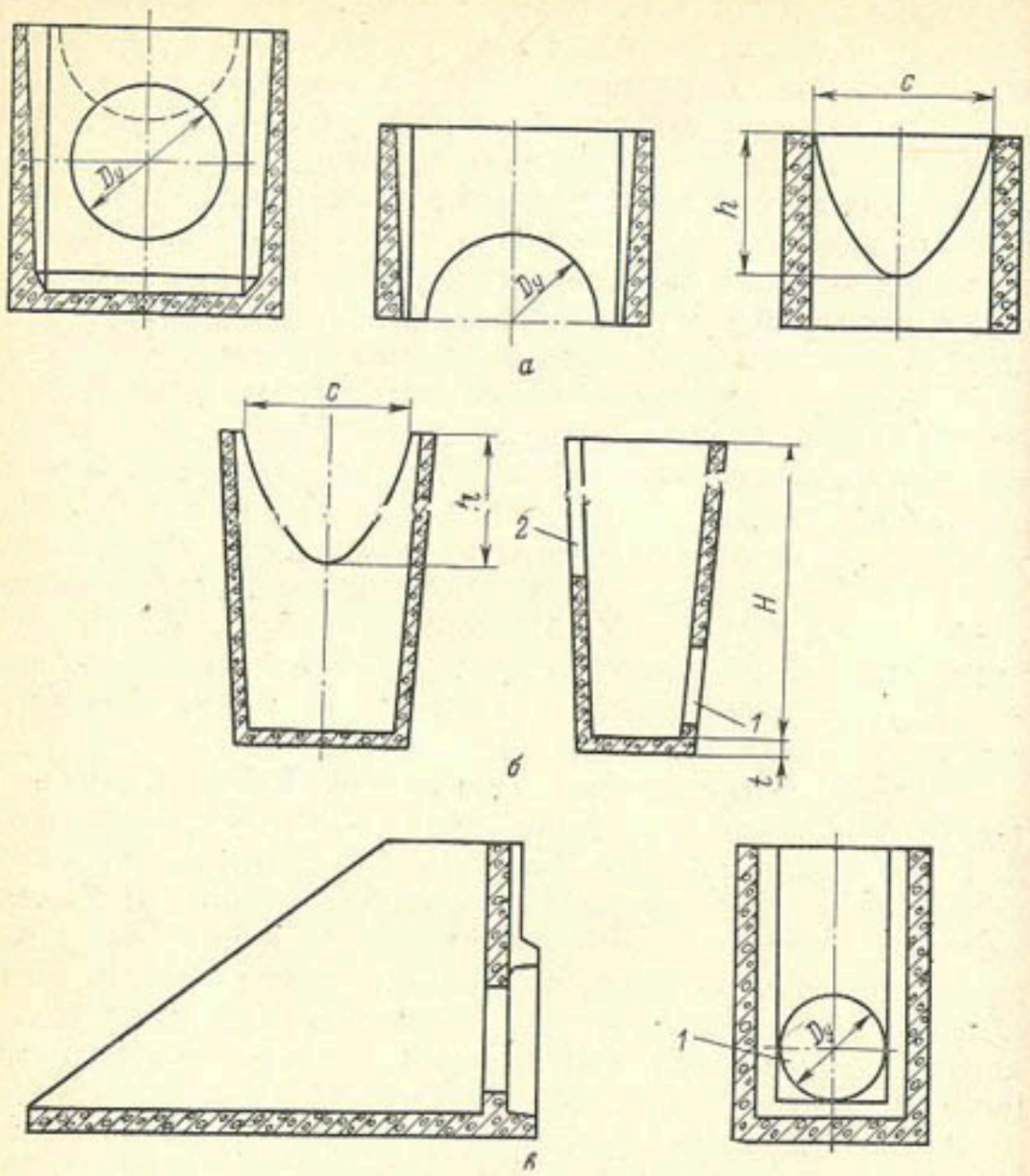


Рис. 7.4. Сборные железобетонные элементы водорегулирующих и водозаборных сооружений оросительных систем:

а — объемно-составные блоки колодцев лотковой сети; *б* — полносборный блок колодцев лотковой сети; *в* — оголовок с ныряющими стенками водозаборного сооружения закрытой оросительной сети; *1* — отверстие под трубу; *2* — вырез под лоток.

В6; плиты напряженные — 300; Мрз150, В6. Выпускают плиты толщиной 60...100 мм. Марки плит: ПК 30-15; ПК 30-20; ПК 30-25; ПКУ 30-15; ПКУ 30-20; ПКУ 30-25; НПК 60-10; НПК 60-15; НПК 60-20. Первая цифра обозначает длину плит, вторая — ширину в дециметрах.

Плиты решетчатые, рамные блоки, прямоугольные лотки и плиты с подъемными бортами (рис. 7.6) применяют для крепления откосов и дна осушительных каналов.

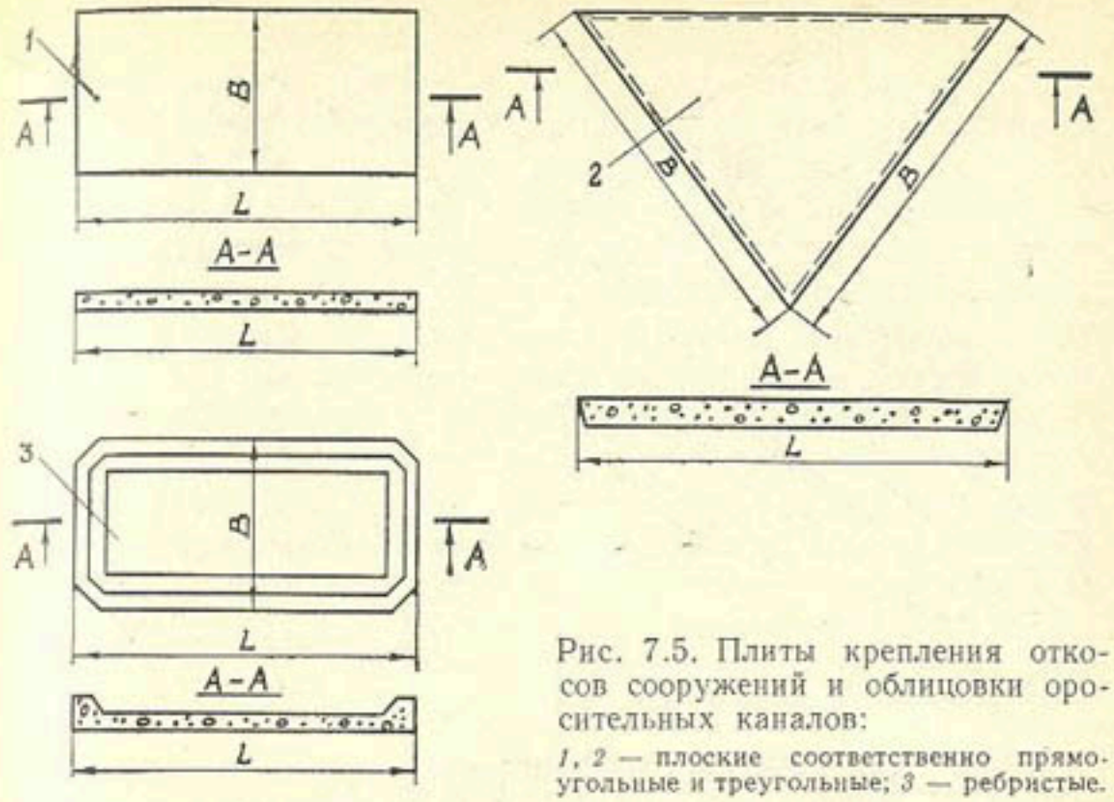


Рис. 7.5. Плиты крепления откосов сооружений и облицовки оросительных каналов:

1, 2 — плоские соответственно прямоугольные и треугольные; *3* — ребристые.

Лотки параболические водопойные длиной 4100 мм, высотой 300 мм, толщиной стенок 50 мм изготовляют из бетона марок не ниже 200, Мрз150, В6. Кроме параболических лотков, выпускают полукруглые лотки длиной 5100 мм.

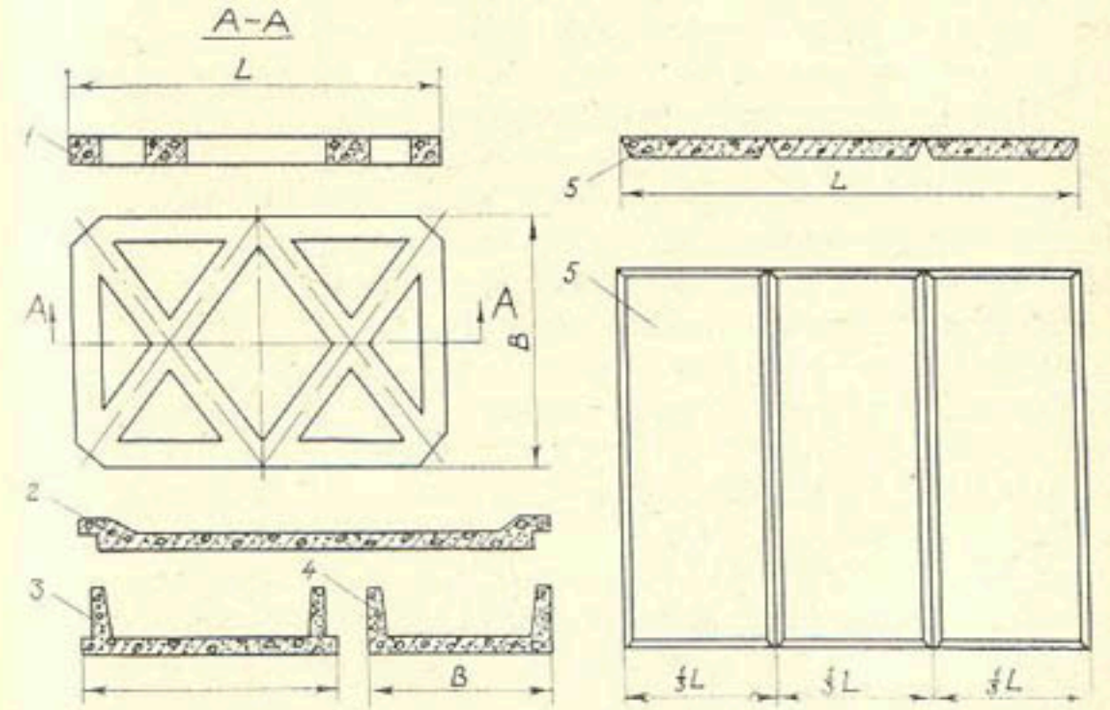


Рис. 7.6. Плиты, блоки и лотки крепления русла осушительных каналов:

1 — плиты решетчатые; *2* — блоки; *3* и *4* — лотки; *5* — плиты с подъемными бортами.

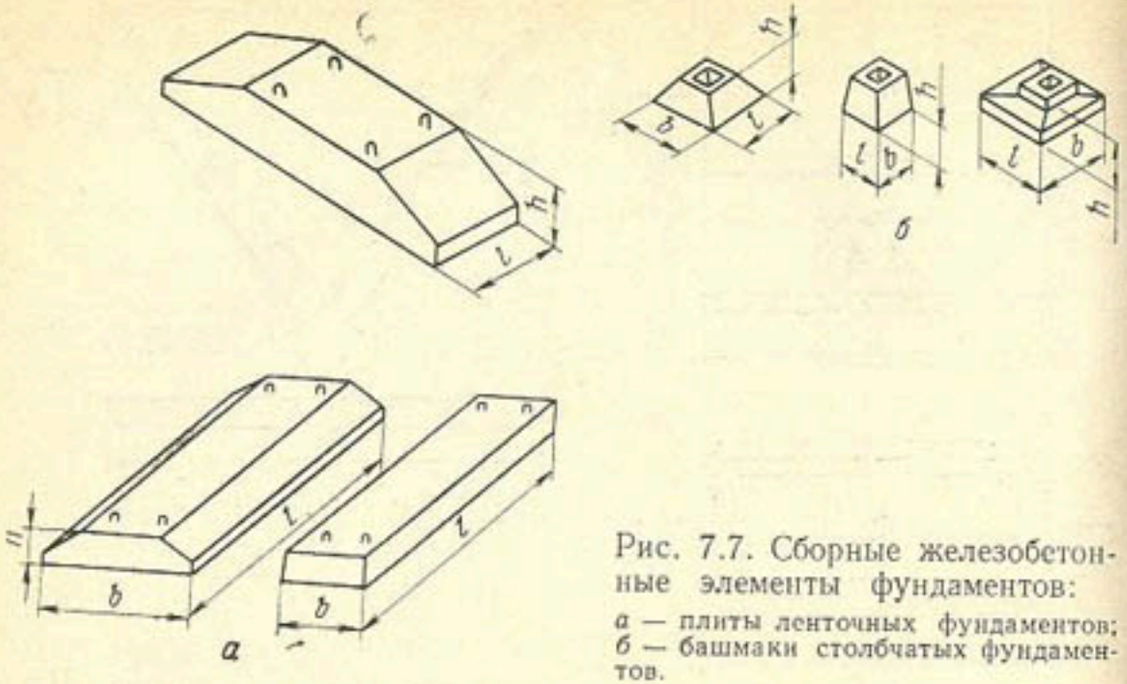


Рис. 7.7. Сборные железобетонные элементы фундаментов:
а — плиты ленточных фундаментов; *б* — башмаки столбчатых фундаментов.

Кольца для шахтных колодцев изготовляют из обычного (КШ 10-2) и пористого (КШ 10-2П) бетона. Они предназначены для крепления водоприемной части шахтного колодца.

Резервуары для водопойных пунктов марок Р-5 и Р-5А имеют вид стакана, прикрываемого плитой перекрытия. Резервуары изготовляют из гидротехнического бетона марок не ниже 300, Мрз150, В6. Вместимость резервуаров до 5 м³. Они предназначены для сбора и хранения воды.

Плиты ленточных фундаментов изготовляют двух типов — основные и доборные из бетона марки 150. Высота плит h=300 мм, длина l=780, 1 180 и 2 380 мм (рис. 7.7, *а*). Плиты армированы сварными сетками из горячекатаной арматурной стали периодического профиля.

Фундаментные башмаки изготовляют различных форм и размеров. При строительстве одноэтажных гидромелиоративных и сельскохозяйственных производственных зданий с полным и неполным железобетонным каркасом обычно используют железобетонные фундаментные башмаки (стаканы) высотой h=500, 550, 600...800, 1500...4200 мм (рис. 7.7, *б*). Марка бетона 150. Для колонн сечением 400××400 мм выпускают железобетонные стаканы марок Ф-13, БК-14, Ф-17 и Ф-20, где цифра обозначает размер сторон их подошвы в дециметрах.

Фундаментные балки используют при возведении насосных станций, сельскохозяйственных, промышленных и других зданий с типовыми железобетонными колоннами. Применяют их под самонесущими кирпичными и блочными стенами, самонесущими и навесными панельными стенами и несущими стенами одноэтажных зданий. Они рассчитаны на нагрузку от сплошных стен высотой до 15 м.

Колонны для промышленных и сельскохозяйственных производственных зданий выпускают различной высоты и сечения (рис. 7.8, *а*, *б*). На колонны могут опираться как железобетонные, так и стальные балки или фермы. Они рассчитаны на вертикальную нагрузку от собственного веса, веса покрытий, навесных стен, снега, подвесного транспорта, мостовых опорных кранов, подвесных потолков, коммуникаций, а также на ветровые и сейсмические воздействия. Колонны для сельскохозяйственных и одноэтажных промышленных зданий без мостовых кранов имеют постоянное по высоте сечение. При наличии мостовых кранов применяют крайние и средние консольные прямоугольные или двухветвевые колонны. Марка бетона от 300 до 500.

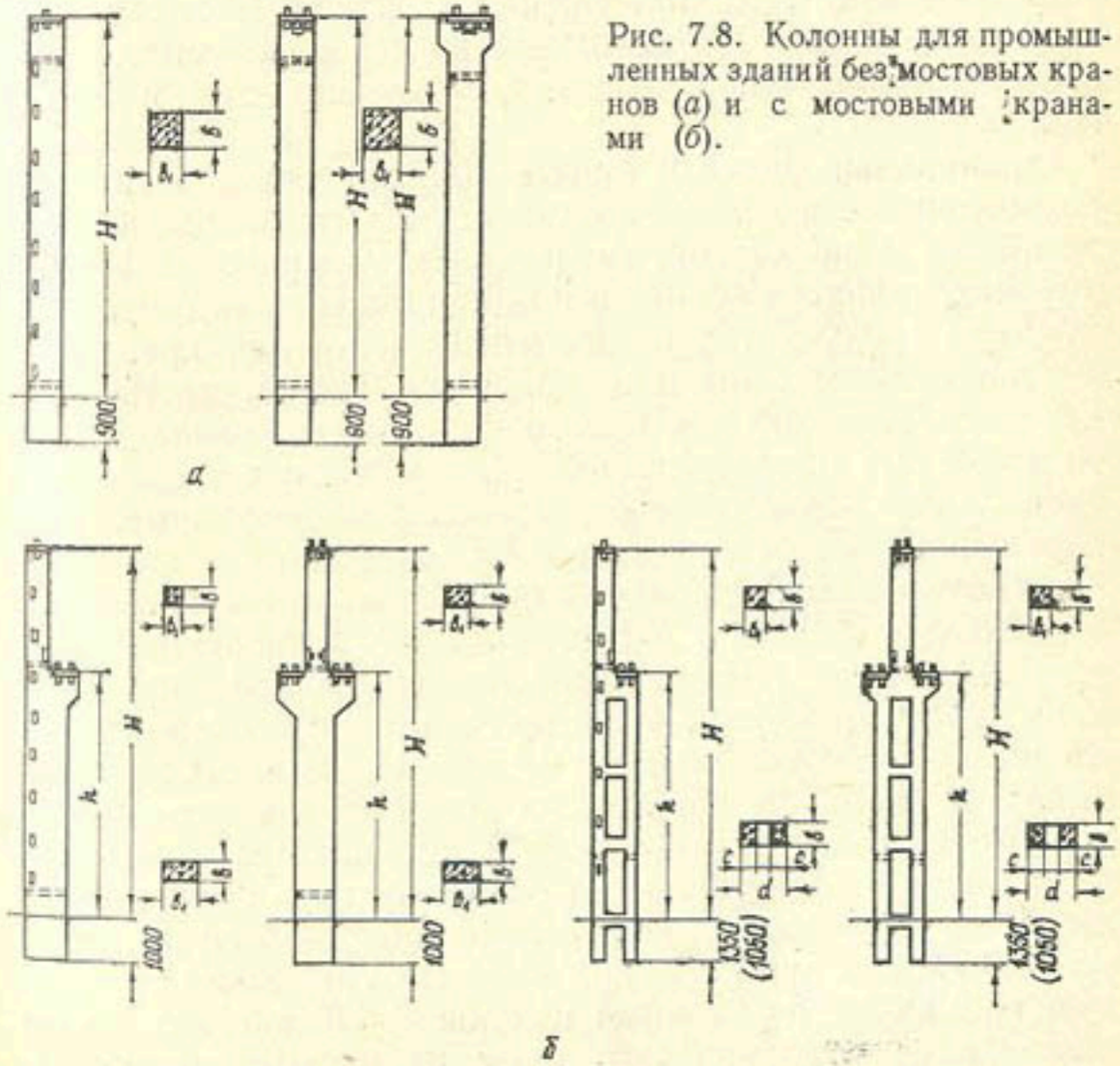


Рис. 7.8. Колонны для промышленных зданий без мостовых кранов (*а*) и с мостовыми кранами (*б*).

При пролетах сельскохозяйственных зданий 11 000, 18 000 и 21 000 мм и наличии вентилируемого утепленного перекрытия из железобетонных плит с кровлей из асбестоцементных волнистых листов применяют Г-образные полурамы, из которых монтируют рамы с шарнирными соединениями в коньке и в зоне примыкания к фундаментам.

Сваи-колонны длиной $L=5...7$ м используют в основном при строительстве одноэтажных животноводческих и птицеводческих зданий. Сечение крайних и средних свай-колонн 200×200 мм, марка бетона 250. Их применяют при строительстве зданий на площадках со спокойным рельефом, с основанием из грунтов песчаных, глинистых с показателем консистенции до 0,5, просадочных с пористостью до 45% и относительной просадочностью до 0,07. Допускается применять сваи-колонны в пучинистых грунтах при условии проходки лидерных скважин с засыпкой их песком средней крупности или крупным.

Обвязочные балки применяют для горизонтальной обвязки каркасного здания. Крепят их к колоннам сваркой. Обвязочные балки применяют в качестве перемычки над воротными проемами в зданиях с самонесущими и навесными стенами.

Стропильные балки и фермы для гидромелиоративных, промышленных и сельскохозяйственных производственных зданий при односкатной, двухскатной или плоской кровле выпускают ненапряженными или напряженными (рис. 7.9). В балках предусмотрены закладные части для крепления их к колоннам и к ним плит покрытия. Балки изготовляют из бетона марок 200 и 300 при обычном армировании и 300, 400 и 500 при предварительно-напряженном армировании. Стропильные фермы обычно изготовляют предварительно-напряженные из бетона марок 400 и 500.

Стеновые панели производственных зданий с шагом колонн 6 000 и 12 000 мм изготовляют однослойными и многослойными (рис. 7.10, *а*). Однослойные панели изготовляют из керамзитобетона, перлитобетона и других подобных материалов средней плотностью 900...1 200 кг/м³. Панели армируют сварным каркасом из профильной арматурной стали. Наружную сторону панелей облицовывают плиткой из природного камня, керамическими или стеклянными плитками, отделывают декоративным бетоном, присыпают стеклянной или керамической крошкой, окрашивают стойкими кремнийорганическими красками. С внутренней стороны панели офактуривают слоем из цементно-песчаного

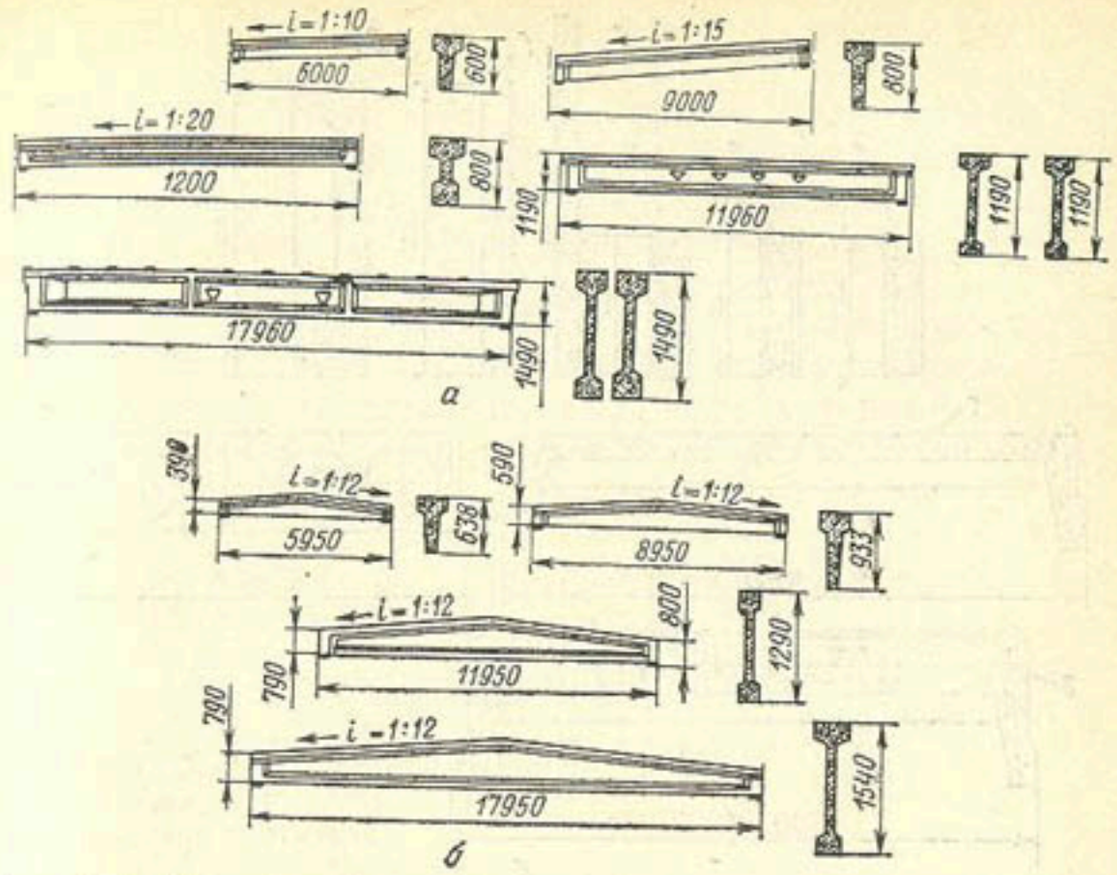


Рис. 7.9. Сборные железобетонные балки:
а и *б* — односкатные и двухскатные балки.

раствора толщиной 20 мм. Трехслойные наружные панели состоят из двух соединенных между собой железобетонных ребристых плит с прослойкой из теплоизоляционного материала (минераловатных плит на синтетической или битумной связке). Толщина наружных однослойных стеновых панелей 200, 240, 300 и 400 мм, трехслойных — 280 и 300 мм. Высота h панелей 900, 1 200, 1 800 мм, длина 1 500, 3 000 и 6 000 мм. Панели выпускают рядовые, простеночные, угловые, парапетные, подкарнизные, карнизные, доборные и т. д.

Однослойные предварительно-напряженные стеновые панели из керамзитобетона марки 75 со средней плотностью 1 000...1 100 кг/м³ изготовляют длиной 12 000 мм, толщиной 200, 240 и 300 мм. Они предназначены для самонесущих и навесных стен. Высота их 1 200 и 1 800 мм.

Для неотапливаемых каркасных зданий используют ребристые панели длиной 6 000 и 12 000 мм, плоские панели длиной 6 000 мм. Ребристые панели длиной 6 000 мм изготовляют высотой 900, 1 200, 1 800 мм с толщиной (высотой) ребра 120 мм и полки 30 мм. Плоские панели изготовляют

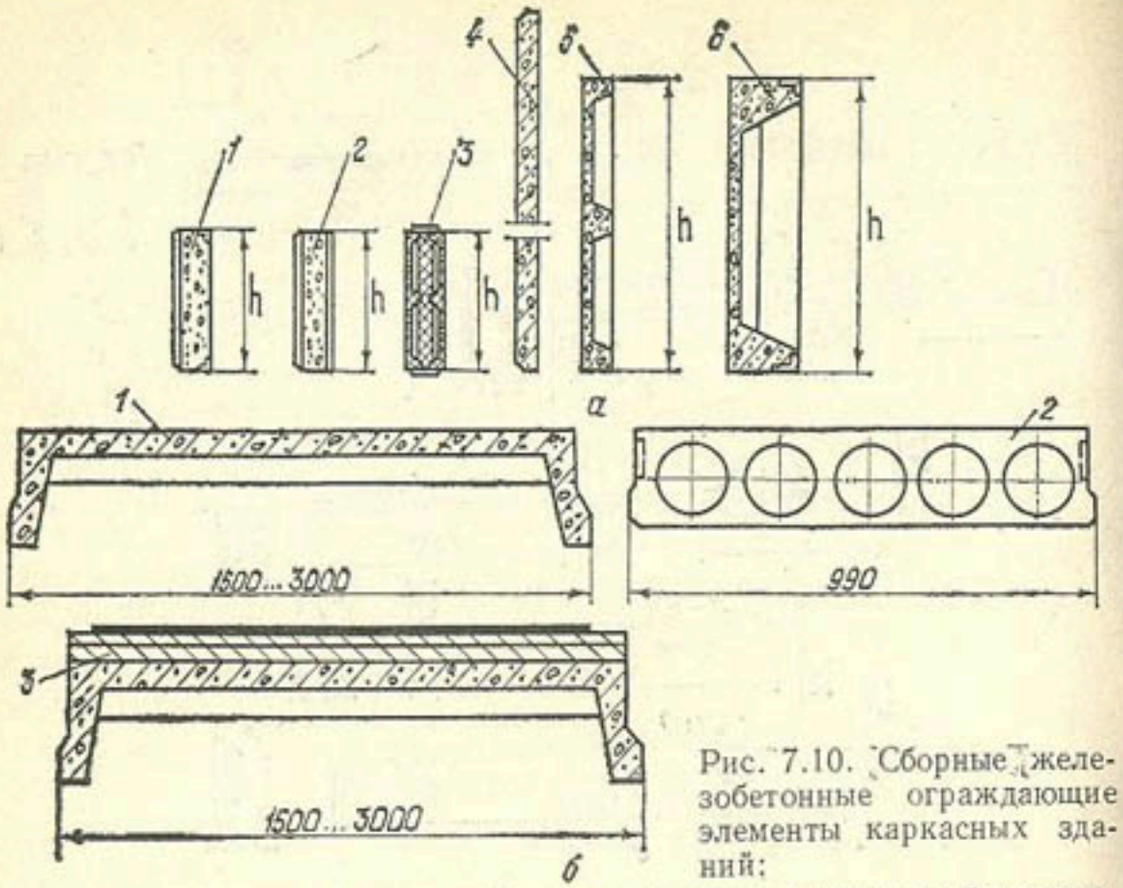


Рис. 7.10. Сборные железобетонные ограждающие элементы каркасных зданий:

а — стеновые панели: *1* — однослойная легкобетонная с наружным фактурным слоем; *2* — однослойная из ячеистого бетона с наружным и внутренним фактурными слоями; *3* — многослойная из ребристых плит с прослойкой из полужесткой минераловатной плиты; *4* — однослойная из обычного бетона для неотапливаемых зданий; *5, 6* — однослойные ребристые из обычного бетона; *б* — панели перекрытий; *1* — ребристая; *2* — с круглыми пустотами; *3* — с теплоизоляционным слоем.

толщиной 70 мм. Ребристые панели длиной 12 000 мм изготовляют высотой 1200, 1800 и 2 400 мм с толщиной (высотой) ребра 300 мм. Панели изготовляют из бетона марок 300, 400 или из легких бетонов (керамзитобетона, агропоритобетона, перлитобетона, шлакопемзобетона) марок 250, 350 (ребристые длиной 6 000 мм изготовляют только из обычного бетона).

Стены животноводческих и птицеводческих зданий со среднеагрессивной средой при относительной влажности внутреннего воздуха до 85% выполняют из двухслойных панелей и блоков.

С наружной стороны двухслойных панелей и блоков наносят атмосферостойчивый фактурный слой из цементно-песчаного раствора марки 100 толщиной 20 мм, с внутренней стороны (со стороны помещения) — защитный слой из тяжелого или легкого бетона марки 200 толщиной 50 мм. Между защитными слоями находится конструктивно-тепло-

изоляционный бетон (керамзитобетон, перлитобетон, шлакопемзобетон и т. п.) плитного строения.

Панели из перлитобетона и панели с внутренним защитным слоем из легкого бетона можно применять только в зданиях с влажностью внутреннего воздуха до 75%. Эти панели и блоки применяют для навесных, самонесущих и несущих стен.

Панели перекрытий выпускают различных типов и серий (рис. 7.10, *б*). Изготовляют предварительно-напряженные и ненапряженные многопустотные панели длиной от 2380 до 6 280 мм, шириной 990, 1 190 и 1 490 мм, толщиной 220 мм. Марка бетона панелей перекрытий должна быть не ниже 200.

Плиты покрытий (предварительно-напряженные) выпускают длиной 6 000 и 12 000 мм, шириной 1500 и 3000 мм, высотой 300 и 450 мм (рис. 7.10, *б*). Они имеют продольные и поперечные железобетонные ребра жесткости. По концам плит предусмотрены закладные детали для крепления плит к балкам покрытия и между собой.

Глава 8. БЕЗОБЖИГОВЫЕ ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ ГИДРАТАЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ

30. Общие сведения

Безобжиговые искусственные каменные материалы и изделия изготовляют из смеси вяжущих веществ, воды и заполнителей путем ее формования и соответствующей обработки. По виду вяжущего вещества их подразделяют на силикатные, известково-шлаковые, известково-зольные, пеносиликатные, газосиликатные, пенобетонные, газобетонные, пенозолобетонные, газошлакобетонные, гипсовые, гипсобетонные, асбестоцементные и др. По условиям твердения их делят на изделия, твердеющие при автоклавной и тепловой обработке, и на изделия, твердеющие в условиях воздушно-влажной среды.

31. Материалы и изделия автоклавного твердения

Для производства изделий автоклавного твердения широко используют местные материалы: известь, кварцевые и кварцево-полевошпатные пески, отходы промышленности

(кислые доменные шлаки, шлаки предприятий цветной металлургии), золы ТЭС и другие материалы. Прочные и водостойкие автоклавные материалы и изделия получаются в результате химического взаимодействия тонкоизмельченных извести и кремнеземистых компонентов в процессе их гидротермической обработки в паровой среде при 175°С в автоклавах под давлением 0,8...1,4 МПа. В результате химической реакции возникает прочное и водостойкое вещество (силикат кальция), которое цементирует частицы песка, образуя искусственный камень. Автоклавные материалы и изделия могут иметь как плотную, так и ячеистую структуру. По своим строительно-техническим свойствам они практически не отличаются от обычных бетонных и железобетонных изделий и конструкций.

Автоклавный силикатный бетон — смесь известково-кремнеземистого вяжущего, песка и воды. В качестве вяжущих веществ используют известково-пуццолановый, известково-шлаковый и известково-зольный цементы. Учитывая, что в силикатном бетоне коррозионная стойкость стальной арматуры ниже, чем в цементном, перед установкой арматуры в опалубку ее покрывают антикоррозионным составом (цементно-битумной мастикой, цементно-поливинилацетатной смесью и др.).

Технологический процесс изготовления сборных изделий из силикатного бетона состоит из следующих операций: совместный помол гашеной извести-пушонки влажностью 2...3% с кремнеземистым компонентом; приготовление силикатобетонной смеси в мешалках принудительного перемешивания; укладка бетонной смеси в опалубку (формы) с вибрационным уплотнением; автоклавная обработка (запаривание) изделий под давлением 0,8...1,4 МПа в течение 8...14 ч в среде водонасыщенного пара при температуре 175°С. После автоклавной обработки изделия должны остывать не менее 2 ч при температуре выше 18°С. В процессе гидротермической обработки извести (6...10%) и тонкомолотой части песка (8...15%) получается тонкодисперсная известково-кремнеземистая вяжущая смесь, обволакивающая и склеивающая частицы кварцевого песка (70...80%), образуя камневидный прочный материал.

Изделия из силикатного автоклавного бетона имеют достаточные морозостойкость, водостойкость и химическую стойкость к некоторым агрессивным средам. Высокопрочные силикатные бетоны выдерживают более 300 циклов замораживания и оттаивания.

Разновидность автоклавного силикатного бетона — силикальцит. Силикальцитные изделия изготовляют по той же технологии, что и силикатобетонные изделия, только в составе их используют кварцевый песок, предварительно обработанный на дезинтеграторах. В результате обработки песка на дезинтеграторах одна часть его зерен измельчается, а другая обдирается, при этом создается чистая, со свежим изломом поверхность зерен, позволяющая песку активно вступать в физико-химический процесс при гидротермической обработке изделий. Силикальцитные изделия прочнее и более водостойки, чем силикатные.

Из автоклавного силикатного бетона изготовляют крупные плотные силикатные стеновые блоки (см. рис. 7.1, *в*). Силикатные стеновые блоки нельзя применять в зданиях с мокрым режимом. Марка бетона для блоков наружных и внутренних несущих стен должна быть не ниже 150, для блоков стен подвалов, цоколей, карнизных, вентиляционных — не ниже 250. Наружную поверхность блоков отделывают цветным фактурным слоем из декоративного раствора, облицовывают декоративным штучным материалом или окрашивают водостойкими атмосфероустойчивыми красителями (цементными, полимерцементными, силикатными красками). Внутреннюю поверхность наружных блоков и обе поверхности внутренних блоков подготовляют под окраску или оклейку обоями. Блоки скрепляют с помощью закладных частей электросваркой.

Автоклавный ячеистый бетон приготовляют из однородной смеси минерального вяжущего, кремнеземистого компонента, газо- или пенообразователя, гипса и воды. Вяжущими материалами служат портландцемент, молотая известь-кипелка, молотая известь-кипелка с добавкой портландцемента, молотые доменные шлаки с активизаторами, нефелиновый цемент. В качестве порообразователя используют газо- или пенообразующие добавки, а тонкодисперсного кремнеземистого компонента — тонкомолотый кварцевый песок с содержанием кремнезема не менее 90%. Во время выдержки изделия перед автоклавной обработкой из него выделяется водород, в результате чего в однородной пластично-вязкой вяжущей среде образуются мельчайшие пузырьки. В процессе газовыделения эти пузырьки увеличиваются в размерах, создавая сфероидальные ячейки во всей массе ячеистой бетонной смеси. При автоклавной обработке под давлением 0,8...1,2 МПа в высоковлажной воздушно-паровой среде при 175...200°С происходит интенсив-

ное взаимодействие вяжущего вещества с кремнеземистым компонентом с образованием силиката кальция и других цементирующих новообразований, благодаря которым структура ячеистого высокопористого бетона приобретает прочность. Стальная арматура и металлические закладные детали в ячеистых бетонах подвержены коррозии, поэтому их обязательно покрывают антикоррозионными составами.

Из ячеистого бетона изготовляют панели однорядной разрезки, стеновые полупанели полосовой двухблочной разрезки, стеновые крупные простеночные блоки двухрядной разрезки, стеновые и крупные блоки четырехрядной разрезки, стеновые мелкие камни-блоки, однослойные плиты междуэтажных и чердачных перекрытий, однослойные и двухслойные стеновые навесные панели, ребристые и плоские плиты покрытий, плоские мелкие однослойные плиты. Изделия и конструкции из ячеистого бетона имеют однородную структуру, небольшую среднюю плотность (120...300 кг/м³), хорошие теплотехнические свойства, прочность при сжатии в пределах от 1,5 до 20 МПа, марки по морозостойкости Мрз10, Мрз15, Мрз25, Мрз35, Мрз50, Мрз100 и Мрз200. Облегченные конструкции из ячеистого бетона позволяют уменьшить стоимость строительства (до 25%) путем сокращения расхода дефицитных строительных материалов (цемента, металла и др.), вес здания или сооружения, повысить производительность труда (до 20%), значительно сократить транспортные перевозки.

Силикатный кирпич формуют на специальных прессах из тщательно приготовленной однородной смеси чистого кварцевого песка (92...95%), воздушной извести (5...8%) и воды (7...8%). После прессования кирпич запаривают в автоклавах в среде, насыщенной паром, при 175°С и давлении 0,8 МПа. Изготовляют силикатный кирпич одинарный размером 250×120×65 мм и модульный (полуторный) размером 250×120×88 мм, сплошной и пустотелый, лицевой и рядовой. Марки кирпича: 75, 100, 125, 150, 200, 250; водопоглощение 14...16%; марки по морозостойкости Мрз15, Мрз25, Мрз35, Мрз50. По теплотехническим качествам силикатный кирпич практически не отличается от обыкновенного глиняного кирпича. Наряду с обычным силикатным кирпичом изготовляют цветной силикатный кирпич (лицевой), окрашивая его методом пропитки растворами медного купороса, хромовых квасцов или хлорного железа сразу после выгрузки из автоклава. Окрашивают один ложок или тычок либо и ложок и тычок. Силикатный кирпич менее стоек

против химических воздействий и имеет меньшую огнестойкость, чем обыкновенный глиняный кирпич. Его стоимость ниже стоимости глиняного кирпича на 25...30%. Предназначается силикатный кирпич для кладки наружных и внутренних стен и столбов, перегородок и т. д. Его нельзя применять при кладке фундаментов, цокольной части зданий, кладке печей, при возведении гидротехнических сооружений, бань, прачечных и т. п.

Известково-шлаковый кирпич изготовляют из смеси извести (3...12%), воды и шлака (88...97%). Технологический процесс изготовления его аналогичен процессу изготовления силикатного кирпича. Замена кварцевого песка шлаком позволяет получить кирпич с меньшей средней плотностью (1400...1600 кг/м³) и хорошими теплотехническими свойствами. Размер кирпича 250×120×65 (140) мм и больше; марки 25, 50 и 75; морозостойкость не менее 10 циклов замораживания и оттаивания. Известково-шлаковый кирпич имеет то же применение, что и силикатный, но из-за незначительной прочности его можно использовать лишь при кладке стен зданий высотой до двух этажей или при кладке стен трех верхних этажей многоэтажных зданий.

32. Гипсовые и гипсобетонные изделия

Изделия на основе гипсовых вяжущих имеют сравнительно небольшую плотность, достаточную прочность, несгораемы, обладают высокими звуко- и теплоизоляционными свойствами, хорошо поддаются обработке (распиливанию, сверлению и др.), легко окрашиваются. Недостаточная водостойкость изделий на гипсовых вяжущих и повышенная ползучесть гипса во влажной среде ограничивают область их применения помещениями с относительной влажностью воздуха до 60%. Для повышения влаго- и водостойкости гипсовых изделий при их изготовлении используют гипсоцементно-пуццолановые (ГЦПВ) и гипсошлакоцементно-пуццолановые (ГШЦПВ) вяжущие, покрывают их водостойкими водонепроницаемыми защитными красками или пастами. Изделия на основе гипсовых вяжущих изготовляют из гипсового теста, гипсового раствора или гипсобетона с минеральными заполнителями (песок, топливные и доменные металлургические шлаки, туф, пемза, шлаковая пемза, керамзитовый гравий, агломерат, вермикулит и др.) и органическими наполнителями (древесные опилки, стружка, камыш, льняная костра, шерсть и др.). Гипсовые и гипсобе-

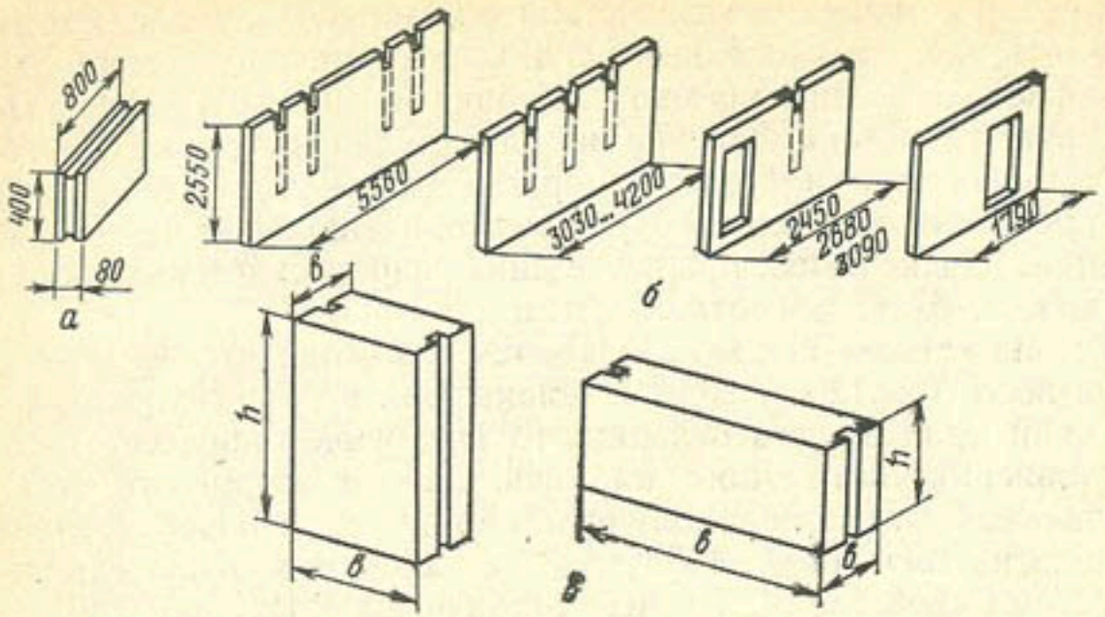


Рис. 8.1. Безобжиговые каменные изделия:

а — гипсовая плита; *б* — гипсобетонные панели для перегородок; *в* — гипсобетонные стеновые камни.

тонные изделия обладают значительной хрупкостью, поэтому в них при их изготовлении вводят армирующие материалы в виде деревянных реек, камыша, картона, металлической арматуры (сетка, проволока, стержни), органических волокон, стекловолокна и пр. Металлическую арматуру во избежание ее коррозии покрывают битумным лаком, различного вида пастами, мастикой и эмульсиями либо защищают цементно-битумным покрытием, создаваемым в электрическом поле.

Листы гипсовые обшивочные (сухую штукатурку) изготовляют из гипсового листа, облицованного с двух сторон картоном. Гипсовый лист приготовляют из смеси строительного гипса с минеральными или органическими добавками (или без них). Листы сухой штукатурки выпускают длиной от 2500 до 3300 м, шириной 1200 и 1300 мм, толщиной 10 и 12 мм. Их применяют для внутренней обшивки стен, перегородок, потолков зданий, различных устройств внутри здания. Лицевая поверхность листов поддается окрашиванию любым лакокрасочным составом, к ней хорошо приклеиваются отделочные рулонные материалы (обои, линкруст и т. п.).

Плиты гипсовые для перегородок изготовляют из смеси строительного гипса с минеральными или органическими наполнителями (или без них). Плиты выпускают сплошные и пустотелые толщиной 80 и 100 мм (рис. 8.1, *а*). Марка бетона плит не ниже 35. Гипсовые и гипсобетонные перегородочные плиты применяют для устройства перегородок внутри здания. Можно использовать плиты при устройстве перегородок санитарных узлов, но для этого поверхность их обрабатывают водостойким водонепроницаемым составом.

Панели гипсобетонные для перегородок выпускают сплошными и с проемами для дверей и фрамуг толщиной 40, 60, 80 и 100 мм (рис. 8.1, б). В них устанавливают детали скрытой электропроводки, делают отверстия для трубопроводов. Панели имеют деревянный реечный каркас и обвязку по внешнему контуру и контуру проемов. Лицевые поверхности панелей подготовлены под отделочные работы. Панели предназначены для устройства внутренних перегородок, марка гипсобетона 35.

Панели гипсобетонные для санитарных узлов изготовляют на гипсоцементно-пуццолановом вяжущем из бетона марки 35, а для санитарно-технических кабин и вентиляционных коммуникаций — из бетона марки 75. Гипсобетонные панели изготовляют методом непрерывного формования на прокатных станах или в кассетах.

Панели гипсобетонные для основания полов изготовляют из гипсобетона с пределом прочности при сжатии не менее 7 МПа. Они имеют деревянный реечный каркас. Размеры панелей определяются размерами помещений. Панели предназначены под полы из линолеума, мастичных материалов, плиток в помещениях с нормальной влажностью.

Камни гипсобетонные для стен изготовляют из смеси строительного гипса с минеральным заполнителем (шлаком) марок 35, 50, 100 (сплошные) и 35, 50 и 75 (пустотелые), морозостойкостью не менее 15 циклов замораживания и оттаивания (рис. 8.1, *в*). Лицевые поверхности стен из гипсобетонных камней обязательно покрывают штукатуркой. Гипсобетонные камни предназначены для кладки стен временных зданий при нормальной влажности в помещениях.

Блоки гипсовые вентиляционные изготовляют из строительного гипса с пределом прочности при сжатии 12... 13 МПа или из смеси гипсоцементно-пуццоланового вяжущего с добавками. Размеры блоков зависят от высоты этажа здания. Блоки предназначены для устройства вентиляционных каналов в жилых, общественных и промышленных зданиях.

Плиты гипсовые акустические литые перфорированные прямоугольной формы с гладкой и ровной лицевой поверх-

ностью, перфорированные со сквозными отверстиями выпускают трех типов: АГП-1 размером 810×810×30 мм; АГП-2 размером 600×600×30 мм; АГП-3 размером 610×410×30 мм. Каркас плит изготовляют из формовочного гипса марки не ниже Г13 с добавкой армирующего материала — стекловолокна. Ребра плит армируют оцинкованной или нержавеющей стальной проволокой. Звукопоглощающий слой в плитах выполняют из минераловатных плит на синтетическом связующем, укладываемых по прокладке из пористой бумаги и оклеиваемых алюминиевой фольгой. Акустические литые перфорированные и рельефные декоративно-акустические гипсовые плиты используют в производственных и общественных зданиях при внутренней облицовке стен и потолков с целью поглощения шума внутри помещения.

33. Асбестоцементные изделия

Для изготовления асбестоцементных изделий используют асбестоцементную смесь, состоящую из тонковолокнистого асбеста (8...20%), портландцемента для асбестоцементных изделий и воды. После затвердевания смеси образуется искусственный асбестоцементный каменный материал, представляющий цементный камень, армированный тончайшими короткими волокнами асбеста. Для производства асбестоцементных изделий применяют асбест III—IV сорта, портландцемент для асбестоцементных изделий марок 300, 400 и 500 или песчаный цемент, состоящий из портландцемента (~50%) и тонкомолотого кварцевого песка (~50%), и воду с температурой 20...25°С, не содержащую глинистых примесей, органических веществ и минеральных солей. В окрашенных изделиях используют цветные цементы или минеральные щелочестойкие пигменты (охру, окись хрома, сурик железный и др.). Равномерное распределение волокон асбеста в материале придает цементному камню способность сопротивляться не только сжимающим, но также растягивающим и изгибающим усилиям. Изделия из асбестоцементных материалов хорошо поддаются механической обработке, их можно пилить и сверлить.

Трубы водопроводные безнапорные и напорные, для прокладки телефонных кабелей и газовые имеют правильную цилиндрическую форму и прямолинейность. Они гладкие, не имеют трещин, царапин, сдиров, обломов и расслоений. Концы труб обрезают перпендикулярно их оси. Без-

напорные трубы применяют при прокладке безнапорных внутренних и наружных трубопроводов, транспортирующих бытовые и атмосферные сточные воды, при строительстве безнапорных трубчатых гидротехнических сооружений и дренажных коллекторов осушительных систем, при подземной прокладке кабелей (изоляция), устройстве вытяжных каналов, дымоходов, вентиляционных стояков, мусоропроводов и др. Выпускают трубы длиной 2950 и 3950 с внутренним диаметром 100...600 мм. Для прокладки телефонных кабелей используют трубы длиной 2000 и 3000 мм с внутренним диаметром 100 мм при толщине стенки 8 мм. Напорные трубы широко применяют при строительстве подземных водопроводов, современных автоматизированных оросительных систем, трубчатых напорных гидротехнических, осушительно-увлажнительных систем, теплосетей. Выпускают напорные асбестоцементные трубы марок ВТ6, ВТ9, ВТ12 (цифры определяют рабочее давление в 10^5 Па) длиной 2950 и 3950 мм с условным проходом 100...500 мм. Трубы марки ВТ6 могут выпускать с условным проходом до 1000 мм. Для устройства подземных наружных водопроводов и оросительных трубопроводов выпускают асбестоцементные напорные трубы длиной 6000 мм с пределом прочности при разрыве не менее 20 МПа.

Плиты плоские облицовочные прессованные изготовляют неокрашенные, окрашенные, офактуренные рельефным рисунком, окрашенные перхлорвиниловыми или другими эмалями. Плиты применяют для облицовки стен, перегородок и панелей. Длина их 600...1600 мм, ширина 300...1200 мм, толщина 4...10 мм.

Листы большеразмерные плоские прессованные и непрессованные изготовляют способом мокрого формования. Применяют их для изготовления панелей санитарно-технических кабин, стеновых панелей, при облицовке стен, перегородок, покрытий, подвесных потолков и др. Длина листов 1200...3600 мм, ширина 800...1640 мм, толщина 6...10 мм.

Волнистые листы классифицируют по назначению: кровельные и стеновые; прочности при изгибе: не менее 16 МПа и не менее 18 МПа; типу профиля: обыкновенного профиля (ВО), усиленного профиля (ВУ), унифицированного профиля (УВ), с профилем периодического сечения. Листы волнистые обыкновенного профиля (ВО) применяют для покрытия кровель, усиленного профиля (ВУ-К, ВУ-С, ВУ-5) — для покрытия кровель и обшивки стен производственных зданий и сооружений. Длина

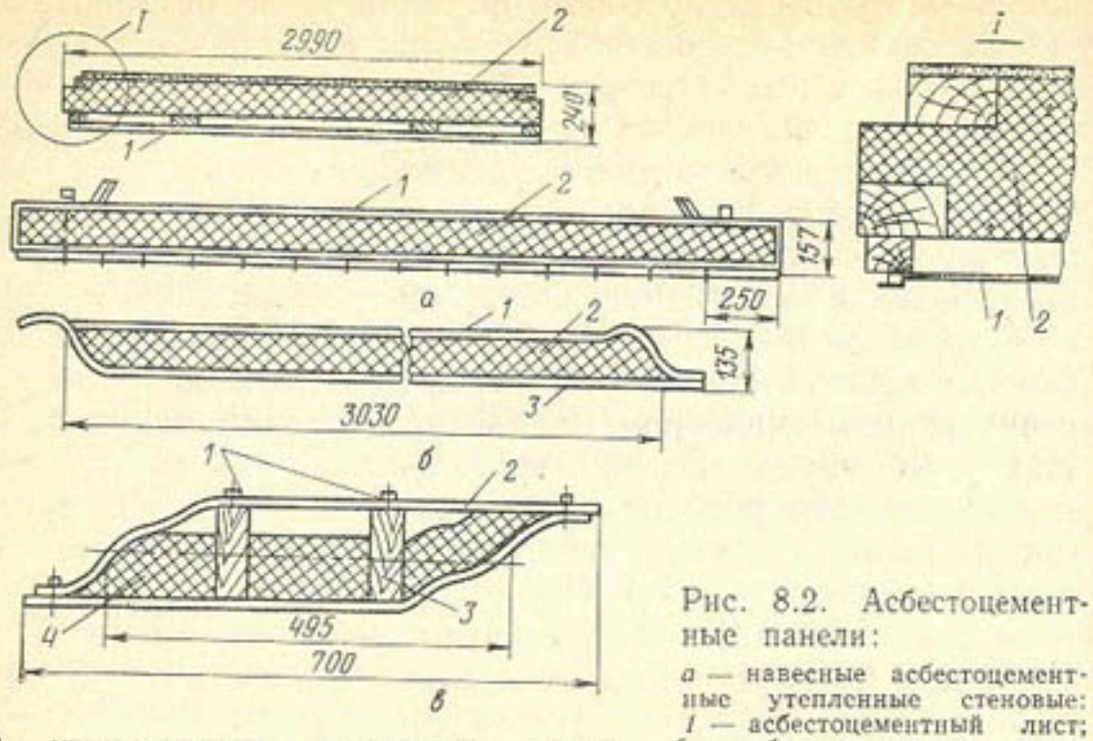


Рис. 8.2. Асбестоцементные панели:

а — навесные асбестоцементные утепленные стеновые: *1* — асбестоцементный лист; *2* — минераловатные полужесткие плиты; *б* — асбестоцементная полая утепленная: *1* — наружный асбестоцементный лист; *2* — полужесткие минераловатные плиты; *3* — внутренний асбестоцементный лист; *в* — асбестоцементная кровельная: *1* — гвозди; *2* — асбестоцементный лист; *3* — деревянные бруски; *4* — минераловатный теплоизоляционный слой.

листов 1750...2800 мм, ширина 994 мм, толщина 8 мм, высота волны 50 мм. Листы волнистые унифицированного профиля (УВ-6, УВ-6-К, УВ-6-С, УВ-7,5-К) применяют как кровельный материал и при устройстве стеновых ограждений.

Листы асбестоцементные волнистые с профилем периодического сечения изготовляют неокрашенными и окрашенными трех типов (А, Б и В) и двух марок (140 и 160). Листы типа А с шагом волны 150 мм и высотой волны 54 мм имеют поперечный семиволновый профиль. Листы типа Б с шагом волны 100 мм и высотой волны 32 мм имеют поперечный одиннадцативолновый профиль. Листы типа В с шагом волны 200 мм и высотой волны 50 мм имеют поперечный пятиволновый профиль. Морозостойкость листов типа А не менее 50 циклов замораживания и оттаивания, листов типа Б марки 140 не менее 25 циклов. Длина листов 2000 и 2500 мм. Предел прочности при изгибе для марки 140 не менее 14 МПа, для марки 160 не менее 16 МПа. Применяют эти листы при устройстве стеновых ограждений, козырьков над входами, ограждений балконов и других архитектурных деталей.

В местах пересечений скатов кровель (ребра, коньки, ендовы) и примыкания кровли к слуховым окнам, трубам, стенам укладывают асбестоцементные фасонные детали различной конфигурации и размеров. При применении асбестоцементных листов в сооружении особое внимание необходимо уделять их креплению. Для этого обрезают углы, устанавливают под гвозди шайбы и резиновые прокладки, качественно выполняют сопряжение, правильно перекрывают листы между собой (внахлест), устраивают деформационные зазоры.

Утепленные навесные стеновые панели состоят из асбестоцементных листов, теплоизоляционного и отделочного материалов (рис. 8.2, *а*). Наружная поверхность панелей обшита фасадным асбестоцементным декоративным цветным листом, внутренняя поверхность — неокрашенным листом. Между наружной и внутренней обшивкой укладывают минераловатные полужесткие плиты на синтетическом связующем или теплоизоляционные полужесткие плиты на основе штапельного стекловолокна. Панели изготовляют глухими (без проемов) и с проемами для окон и дверей. По материалу несущего каркаса панели подразделяют на три типа: панели на деревянном каркасе — АКД; панели на каркасе из асбестоцементных профилей — АКП; панели на каркасе из алюминиевых профилей. Предназначены они для устройства наружных и внутренних ограждающих конструкций зданий с нормальной относительной влажностью воздуха в помещениях.

Полые утепленные панели изготовляют двух типов: рядовые (АП) и краевые, доборные (АПК) (рис. 8.2, *б*). Рядовые плиты АП состоят из двух асбестоцементных фигурных листов и теплоизоляционной прослойки. Асбестоцементные листы соединяют по продольным краям алюминиевыми заклепками. Между листами в качестве теплоизоляции укладывают полужесткие минераловатные плиты на битумном связующем. Краевые, доборные плиты АПК представляют продольные полуплиты, у которых одно боковое ребро выполнено из деревянной доски. Асбестоцементные полые утепленные плиты предназначены для устройства покрытий под рубероидную кровлю зданий с уклоном не менее 5...7°. Плиты рекомендуется применять в зданиях с сухим и нормальным влажностным режимом.

Кровельная панель типа АС используется для устройства бесчердачных покрытий промышленных и сельскохозяйственных зданий. Состоит она из двух фигурных асбесто-

цементных листов, склеенных между собой асбестоцементной мастикой (рис. 8.2, *в*). Внутренняя полость панели заполнена минераловатным утеплителем с пароизоляционной прослойкой. Бесчердачные покрытия из панелей АС не требуют устройства рубероидной кровли.

Глава 9. ИСКУССТВЕННЫЕ ОБЖИГОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СТЕКЛО

34. Общие сведения

Искусственные обжиговые материалы и изделия (керамику) получают путем обжига при 900...1300°С отформованной высушенной глиняной массы. В результате обжига глиняная масса превращается в искусственный камень, обладающий хорошей прочностью (при сжатии), высокой плотностью сложения, водостойкостью, водонепроницаемостью, морозостойкостью и долговечностью. Сырьем для получения керамики служит глина (легко- и тугоплавкая) с вводимыми в нее в некоторых случаях отощающими добавками. Добавки уменьшают усадку изделий при сушке и обжиге, увеличивают пористость, уменьшают среднюю плотность и теплопроводность материала. В качестве добавок используют песок, шамот, измельченную керамику, шлаки, золы, уголь, опилки и др. Температура обжига зависит от температуры начала плавления глины. Керамические строительные материалы подразделяют на пористые и плотные. Пористые материалы имеют относительную плотность до 95% и водопоглощение более 5%; их предел прочности при сжатии не превышает 35 МПа (кирпич, дренажные трубы и т. п.). Плотные материалы имеют относительную плотность более 95%, водопоглощение менее 5%, предел прочности при сжатии до 100 МПа; они обладают износостойкостью (плитки для полов и т. п.).

Производство обжиговых материалов и изделий состоит из ряда технологических процессов: добычи сырьевых материалов, подготовки сырьевой массы, формования изделия, сушки отформованного сырого изделия, обжига изделия, обработки изделия (обрезки, глазурования и пр.) и упаковки его. После нанесения на изделие глазури оно приобретает декоративность и полную водонепроницаемость.

35. Керамические материалы и изделия из легкоплавких глин

Кирпич глиняный обыкновенный пластического прессования изготовляют из глин с отощающими добавками или без них. Кирпич представляет параллелепипед (рис. 9.1, *а*). В зависимости от предела прочности при сжатии (10^5 Па) кирпич подразделяют на семь марок: 300, 250, 200, 150, 125, 100 и 75. Водопоглощение его не ниже 8%, морозостойкость не менее 15 циклов замораживания и оттаивания.

Кирпич глиняный пустотелый и пористо-пустотелый (см. рис. 9.1, *а*) изготовляют из глин с отощающими добавками или без них по способу пластического или полусухого прессования. Марки кирпича: 150, 125, 100 и 75. Водопоглощение кирпича пластического прессования не ниже 6%, полусухого прессования не ниже 8%, морозостойкость не менее 15 циклов замораживания и оттаивания.

Кирпич (камень) керамический пустотелый пластического прессования (рис. 9, *б*) выпускают для кладки несущих стен одноэтажных и многоэтажных зданий внутренних ненесущих стен и перегородок, облицовки кирпичных стен. Марки кирпича: 150, 125, 100 и 75. Водопоглощение его не ниже 6%, морозостойкость не менее 15 циклов замораживания и оттаивания.

Кирпич строительный легкий изготовляют путем формовки и обжига массы из диатомитов (трепелов) с выгорающими добавками или без них или из глин с выгорающими добавками, а также из смесей песка и глин с выгорающими добавками или без них. Размер кирпича 250×120×88 мм; марки 100, 75, 50 и 35; морозостойкость не менее 10 циклов замораживания и оттаивания.

Кроме стеновых керамических штучных материалов, выпускают стеновые кирпичные блоки и панели, для изготовления которых используют кирпич глиняный и керамический с щелевидными пустотами. Толщина кирпичных блоков 25, 38, 51 и 64 см.

Кирпич глиняный обыкновенный применяют при кладке внутренних и наружных стен, столбов и других частей зданий и сооружений. Кирпич глиняный и керамический пустотелые применяют при кладке наружных и внутренних стен зданий и сооружений выше гидроизоляционного слоя. Кирпич строительный легкий применяют при кладке наружных и внутренних стен зданий с нормальной влажностью внутри помещений.

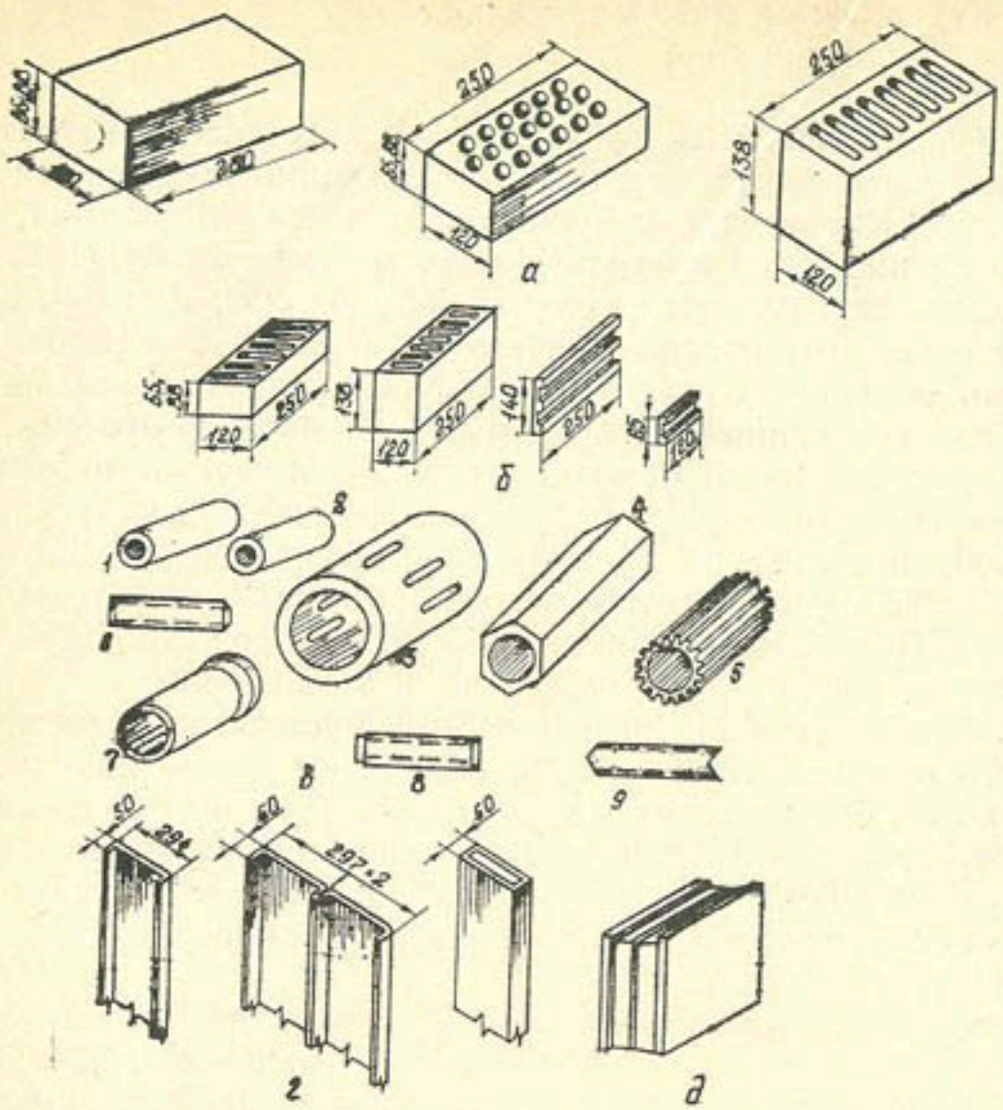


Рис. 9.1. Обжиговые изделия и изделия из силикатных расплавов:

а — красный кирпич из глиняной массы; *б* — керамические кирпич и плиты облицовки; *в* — керамические дренажные трубы: *1* — цилиндрическая; *2* — с опорной плоскостью; *3* — перфорированная; *4* — граненая; *5* — рифленая; *6* — с фасками; *7* — раструбная; *8* — фальцевая; *9* — с фигурным торцом; *г* — стеклопрофилит; *д* — стеклоблок.

Черепицу изготовляют из жирной глины путем обжига при 1000...1100°С. Для устройства черепичных кровель применяют черепицу пазовую ленточную с боковым закроем размером 400×220 мм, пазовую ленточную с двойным боковым закроем размером 415×245 мм, плоскую ленточную размером 335×155 мм, пазовую штампованную размером 372×216 мм, волнистую ленточную размером 350×240 мм, *S*-образную ленточную размерами 390×215 и 340×225 мм, коньковую. Доброкачественная черепица при легком ударе молотком издает чистый недребезжащий звук. Она прочна, очень долговечна и огнестойка. Недостатки — большая

средняя плотность, утяжеляющая несущую конструкцию крыши, хрупкость, необходимость устраивать крыши с большим уклоном для обеспечения быстрого стока воды.

Дренажные керамические трубы изготовляют из глин с отощающими добавками или без них внутренним диаметром 25...250 мм, длиной 333, 500, 1000 мм и толщиной стенок 8...24 мм (рис. 9.1, *в*). Их изготовляют на кирпичных или специальных заводах. Для улучшения водозахватывающей способности некоторые дренажные трубы изготовляют с канавками. Дренажные керамические трубы применяют при строительстве осушительных, осушительно-увлажнительных и оросительных систем, коллекторно-дренажных водоводов, дренажных сетей гражданских и промышленных зданий и сооружений.

36. Керамические материалы и изделия из тугоплавких глин

Камень для подземных коллекторов изготовляют трапецеидальной формы с боковыми пазами или с боковыми гребнями. Марка по пределу прочности при сжатии 200. Применяют его при прокладке подземных коллекторов диаметром 1,5 и 2 м, при устройстве канализационных и других сооружений.

Кирпич и камень керамические лицевые в зависимости от формы и назначения делят на кирпич лицевой рядовой и профильный размером 250×120×65 мм, камень лицевой рядовой размером 250×120×140 мм и камень лицевой трехчетвертной размером 185×120×140 мм. Марки 150, 125, 100, 75; морозостойкость не менее 25 циклов замораживания и оттаивания.

Ковровая керамика (глазурованная и неглазурованная) представляет мелкоразмерные тонкие плитки различного цвета, наклеиваемые на бумажную основу с зазором до 4 мм. Водопоглощение плиток не ниже 6 и не выше 12%, морозостойкость не менее 30 циклов замораживания и оттаивания. Ковер из таких плиток может быть однотонного цвета или разноцветный с выполнением любого рисунка и орнамента.

Плитку керамическую фасадную применяют для облицовки зданий и сооружений, панелей, блоков, цоколей, подземных пешеходных переходов, отделки лоджий, поясов и других архитектурных элементов зданий. Водопоглощение плитки не выше 12%, морозостойкость не менее 25 цик-

лов замораживания и оттаивания. Плитку изготовляют прямоугольной размерами 100×63, 120×65, 150×75, 250×75, 250×65 мм и квадратной размерами 22×22 и 48×48 мм.

Керамические глазурованные плитки применяют для внутренней облицовки стен и перегородок жилых, санитарно-бытовых и производственных зданий и помещений. Глазурованную плитку выпускают белой или цветной, гладкой или с рельефным рисунком. Водопоглощение плитки не должно превышать 10%. Размеры плитки 150×150, 150×75, 100×100 и 100×50 мм.

Керамические коврово-мозаичные плитки изготовляют методом литья на конвейере. Обычно они квадратные размерами 48×48, 23×23 мм и др. Применяют их для внутренней и наружной облицовки, а также при создании монументально-декоративных панно.

Плитку для полов по виду лицевой поверхности подразделяют на гладкую, шероховатую и тисненую; по цвету — на одноцветную и многоцветную; по форме — на квадратную, прямоугольную, треугольную, шестигранную, четырехгранную (половинки шестигранной), восьмигранную. Толщина плитки 10 и 13 мм. Длина и ширина плитки различные. Применяют ее для устройства полов в помещениях промышленных, гражданских и водохозяйственных зданий с влажным режимом и большим движением людей.

Керамические канализационные трубы изготовляют из тугоплавких и огнеупорных глин с отощающими добавками, покрывая снаружи и внутри глазурью. Канализационные трубы имеют цилиндрическую форму с раструбом на одном конце. Длина труб 800, 1000 и 1200 мм, внутренний диаметр 150...600 мм. При испытании на механическую прочность трубы выдерживают следующую внешнюю нагрузку:

Внутренний диаметр труб, мм . . .	150...200	300...450	500...600
Предельная внешняя нагрузка, кН на 1 м длины трубы	20	25	30

Керамические трубы выдерживают гидравлическое давление не менее 0,2 МПа в течение 5 мин. Водопоглощение черепка труб (определяет сорт трубы) для труб I сорта не должно превышать 9%; II сорта — 11%. Излом черепка должен иметь плотную неостекленную структуру. Канализационные керамические трубы применяют при строительстве производственных и бытовых канализационных трубопроводов, водостоков, коллекторно-дренажных водоводов и других трубчатых сооружений.

37. Стекло и стеклянные изделия

Стекло — переохлажденный расплав сложного состава из смеси силикатов и других веществ. Отформованные стеклянные изделия подвергают специальной термической обработке — обжигу (для удаления напряжений) или закалке. Стекло пропускает более 84% лучей видимой части солнечного спектра.

Оконное стекло выпускают в листах размером от 250×250 до 1600×200 мм двух сортов. По толщине стекло делят на одинарное (2 мм), полуторное (2,5 мм), двойное (3 мм) и утолщенное (4...6 мм).

Витринное стекло выпускают полированным и неполированным в виде плоских или гнутых листов толщиной 6...12 мм. Применяют его для остекления витрин и проемов.

Узорчатое стекло вырабатывают способом непрерывного проката, в процессе которого на одну или обе стороны стекла наносят рельефный узор с помощью гравировальных валов. Выпускают его листами толщиной 4, 5 и 6 мм. Применяют узорчатое стекло для остекления оконных переплетов и дверных филенок, устройства светопрозрачных перегородок и экранов, изготовления светорассеивающих стеклопакетов.

Армированное стекло изготовляют на поточных линиях методом непрерывного проката с одновременным закатыванием внутрь листа металлической сетки. Это стекло имеет гладкую, кованую или узорчатую поверхность, может быть бесцветным или цветным.

Стекло теплопоглощающее обладает способностью поглощать инфракрасные лучи солнечного спектра. Предназначается оно для остекления оконных проемов с целью уменьшения проникания солнечной радиации внутрь помещений. Это стекло пропускает видимого света не менее 65%, инфракрасных лучей не более 35%.

Стекло листовое высокоотражающее — это обычное оконное стекло, на поверхность которого нанесена тонкая полупрозрачная отражающая свет пленка, изготовленная на основе окиси титана. Стекло с пленкой отражает до 40% видимого света, светопропускание 50...60%. Стекло умень-

шает просмотр с наружной стороны и снижает проникание внутрь помещения солнечной радиации.

Стекло листовое радиозащитное — это обычное оконное стекло, на поверхность которого нанесена тонкая прозрачная экранирующая радиозащитная пленка. Экранирующую пленку наносят на стекло в процессе его формования на машинах. Светопропускание не ниже 70%.

Стемалит представляет листовое стекло различной фактуры, покрытое с одной стороны глухими керамическими красками разного цвета (желтого, синего, красного, серого, черного и др.). Изготовляют его из неполированного витринного или прокатного стекла толщиной 6...12 мм. Стемалит обладает высокой устойчивостью против атмосферных воздействий, постоянством цвета, прочностью, термической стойкостью. Применяют его для наружной и внутренней облицовки зданий. изготовления стеновых панелей.

Стеклопакеты изготовляют из двух или нескольких листов стекла, герметично соединенных между собой по периметру. Расстояние между листами 15...20 мм. Полость между листами заполняют сухим воздухом, что значительно снижает теплопотери. Стеклопакеты изготовляют из оконного, витринного, узорчатого, армированного и других стекол. Площадь стеклопакетов до 5 м². Светопропускание от 30 до 80%.

Стеклопрофилит (профильное строительное стекло) выпускают швеллерного и коробчатого сечения (рис. 9.1, *г*). Его формуют в виде бесконечной ленты, разрезаемой затем на отрезки длиной до 6000 мм. Используют при устройстве светопрозрачных ограждений, самонесущих стен внутренних перегородок и прозрачных плоских кровель. Выпускают стеклопрофилит бесцветным или окрашенным. Светопропускание от 60 до 80%.

Стеклянные полотна для дверей, обладающие повышенной прочностью, подвергают специальной термической обработке (закалке). Толщина стекла (полированного, узорчатого) 10...15 мм. Полотна выпускают бесцветными прозрачными и цветными. Применяют их при устройстве наружных и внутренних дверей. Стеклянное полотно имеет обработанные кромки, отверстия и вырезы для крепления дверных приборов. Светопропускание от 80 до 90%.

Стеклоблоки изготовляют из двух прессованных полублоков, сваренных между собой по периметру. Внутренняя полость блоков заполнена разреженным воздухом (рис. 9.1, *д*). Применяют их для заполнения световых проемов, устройства наружных и внутренних светопрозрачных ограждений. Ограждения из стеклоблоков обеспечивают мягкое рассеянное освещение благодаря имеющимся на их лицевых поверхностях узорам, обладают хорошей тепло- и звукоизоляционной способностью. Блоки выпускают двухкамерными с повышенными теплоизоляционными свойствами, разного цвета и с различным рисунком рифления. Светопропускание 35...40%.

Из стеклопрофилита и стеклоблоков на заводах железобетонных изделий изготовляют стекложелезобетонные оконные блоки и стеновые панели.

Стеклянные трубы изготовляют из обычного прозрачного стекла способом вертикального или горизонтального вытягивания. Длина труб 1000...3000 мм, внутренний диаметр 38...200 мм. Трубы выдерживают гидравлическое давление до 2 МПа, могут эксплуатироваться при 40...80°С.

Ситаллы получают путем введения в расплавленную стеклянную (шлаковую) массу специального состава катализаторов кристаллизации. Из такого расплава формуют изделия, затем их охлаждают, в результате чего расплавленная масса превращается в стекло. При последующей тепловой обработке стекла происходит его полная или частичная кристаллизация — образуется ситалл. Ситаллы имеют большую прочность (при сжатии 500...1500 МПа, при изгибе 90...500 МПа), малую среднюю плотность (2,5... 2,7 г/см³) — легче алюминия, высокую износостойкость. Их применяют при облицовке наружных и внутренних стен, изготовлении труб, плит для полов. Для облицовки наружных стен применяют листы ситалла толщиной 6...12 мм, длиной 300...2100 мм и шириной 250...1400 мм. Для облицовки внутренних стен применяют листы ситалла размерами 150×150, 150×300, 200×300 и 200×400 мм. Плиты ситалла для покрытия полов имеют размеры 300×300×15, 250×250×15 мм и др. Лицевую поверхность ситалла полируют, тыльную поверхность делают рифленой или шероховатой.

Шлакоситалл получают путем управляемой гетерогенной кристаллизации стекла, сваренного из смеси металлургического шлака, кварцевого песка и добавок. Используют его для производства листов и плиток белого или серого цвета. Шлакоситалловые изделия могут иметь гладкую или рифленую поверхность. Они обладают теми же свойствами, что и ситаллы.

Глава 10. КОАГУЛЯЦИОННЫЕ (ОРГАНИЧЕСКИЕ) ВЯЖУЩИЕ МАТЕРИАЛЫ. РАСТВОРЫ И БЕТОНЫ НА ИХ ОСНОВЕ

38. Общие сведения

Органические вяжущие материалы, применяемые при устройстве гидроизоляции и кровель, при изготовлении гидроизоляционных и кровельных материалов и изделий, а также гидроизоляционных и асфальтовых растворов, асфальтобетонов, подразделяют на битумные, дегтевые, дегтебитумные, битумно-дегтевые, гудрокамовые битумно-полимерные, дегтебитумно-полимерные, резинобитумные, резинодегтевые. Они хорошо растворяются в органических растворителях (бензоле, бензине, керосине, хлороформе и т. п.), обладают гидрофобностью, водонепроницаемостью, способны при нагревании переходить из твердого состояния в пластичное, а затем жидкое, имеют высокую прилипаемость и хорошее сцепление со строительными материалами (бетоном, кирпичом, деревом и др.). При повышенной температуре окружающей среды они размягчаются, а при пониженной (особенно ниже 0°С) приобретают хрупкость.

39. Битумные материалы

Битумы подразделяют на природные и искусственные. В природе чистые битумы встречаются редко. Обычно битум добывают из горных осадочных пористых пород, пропитанных им в результате поднятия (миграции) нефти из нижележащих слоев. Искусственные битумы получают при переработке нефти в результате отгонки из ее состава газов (бутана, пропана, этилена), бензина, керосина, дизельного топлива и т. д. К ним относятся гудрон и нефтяные битумы.

Природный битум — твердое вещество или вязкие жидкости, состоящие из смеси углеводородов и их неметаллических производных, имеющие черный или темно-коричневый цвет и специфический запах.

Асфальтовые породы — горные породы, пропитанные битумом (известняки, доломиты, песчаники, пески и глины). Битум извлекают из них нагревом или же применяют эти породы в молотом виде (асфальтовый порошок).

Асфальтиты — породы, состоящие из твердого природного битума и других органических веществ, нерастворимых в сероуглероде.

Природный битум, асфальтовые породы и асфальтиты используют в строительстве весьма ограниченно, ввиду сравнительно высокой стоимости и сложности технологии получения.

Гудрон — остаток после отгонки из мазута бензина, керосина, лигроина и масляных фракций.

Битум остаточный — остаток при паровой или вакуумной перегонке нефти и нефтепродуктов (после отгонки бензина, керосина и части масел).

Битум крекинговый — остаток, образующийся в результате крекинг-процесса (разложения при высокой температуре) нефти и нефтепродуктов.

Битум окисленный получают при продувке гудрона и остаточных или крекинговых битумов воздухом.

Нефтяные битумы значительно дешевле природных. По консистенции (при температуре 18°С) их выпускают в твердом, полутвердом и жидком состоянии. По назна-

10.1. Характеристика битума

Битум	Марка	Температура размягчения, °С (не ниже)	Глубина проникания иглы при 25°С, 10^{-1} мм	Растяжимость при 25°С, см (не менее)
Строительный (ГОСТ 6617—76)	БН 50/50	50	41...60	40
	БН 70/30	70	21...40	3
	БН 90/10	90	5...20	1
Кровельный (ГОСТ 9548—74)	БНК 45/180	40...45	140...220	Не нормируется
	БНК 90/40	85...95	35...45	То же
	БНК 90/30	85...95	25...35	» »
Изоляционный (ГОСТ 9812—74)	БНИ-IV	75	25...40	4
	БНИ-IVа	65...75	30...40	4
	БНИ-V	90	20	2
Дорожный вязкий (ГОСТ 22245—76)	БНД 200/300	35	201...300	100
	БНД 130/200	40	131...200	65
	БНД 90/130	45	91...130	60
	БНД 60/90	48	61...90	50
	БНД 40/60	52	40...60	40
Высокоплавкий мягчитель — рубракс (ГОСТ 781—78) сорта:				
А	—	125—135	5...8	Не нормируется
Б	—	135—150	3...5	То же

Примечание. Буква Н в марке обозначает нефтяной битум.

чению битумы подразделяют на строительные, кровельные, изоляционные, дорожные вязкие и высокоплавкий мягчитель (рубракс). Марка битумов характеризуется температурой размягчения, определяемой прибором «кольцо и шар»; температурой вспышки; глубиной проникания иглы пенетрометра под действием груза массой 100 г в течение 5 с при температуре 25°С; растяжимостью, определяемой на дактилометре (табл. 10.1).

С течением времени под воздействием солнца и кислорода воздуха состав и строительные свойства нефтяных битумов изменяются (они стареют) — повышается их хрупкость и твердость.

Строительный битум БН 90/10 и кровельный битум БНК 90/30 транспортируют в бочках, деревянных бидонах, фанерных и металлофанерных барабанах, бумажных мешках и в виде отформованных плит. Битумные материалы хранят под навесом или в закрытых складах.

40. Дегтевые материалы

Деготь получают при сухой перегонке (нагревании при высоких температурах без доступа воздуха) каменного или бурого угля, торфа, древесины, сланцев. В зависимости от исходного сырья деготь подразделяют на каменноугольный, буроугольный, торфяной, древесный и сланцевый, а в зависимости от метода переработки — на коксовый и газовый. В строительстве в основном используют каменноугольный и сланцевый деготь, получаемый при коксовании твердого топлива. В зависимости от температуры коксования деготь подразделяют на высокотемпературный, получаемый коксованием при 900...1200°С, и низкотемпературный, получаемый полукоксованием исходного сырья при 450...600°С (первичный деготь).

Каменноугольный деготь — вязкая темно-бурая или черная жидкость, состоящая из углеводородов и фенола и обладающая резким запахом. Его подразделяют на газовый, коксовый, газогенераторный и доменный.

Каменноугольный пек — твердое аморфное вещество черного цвета, получаемое после отгонки из дегтя почти всех масляных фракций. Его подразделяют на газовый, низкотемпературный, коксовый и газогенераторный.

Каменноугольные деготь, пек при нагревании или растворении образуют ядовитые пары, поэтому при работе с ними необходимо соблюдать осторожность. Пек нерастворим

в воде, стоек против кислот и растворов солей. При коксовании угля или сплавлении каменноугольного пека с дегтевым маслом получают каменноугольный дорожный деготь. Каменноугольный деготь выпускают восьми марок (от Д-1 до Д-8).

В качестве кровельных, гидро- и пароизоляционных материалов также используют жидкие сланцевые дегти, которые делят на шесть марок (от С-1 до С-6).

Дегтевые вяжущие вещества более гнилостойки, чем битумные, но имеют высокую токсичность. Долговечность дегтевых вяжущих меньше, чем битумных, вследствие их ускоренного старения под влиянием солнца, кислорода воздуха и изменения температуры.

Деготь перевозят в стальных и деревянных бочках, контейнерах, специальных цистернах, автоцистернах и т. п. Пек перевозят навалом без тары. Дегтевые материалы хранят под навесом или в закрытых складах.

41. Асфальтовые растворы

Асфальтовые растворы применяют при устройстве гидроизоляционных штукатурок и покрытий, тротуаров, полов, водоизоляционного ковра плоских кровель и гидроизоляции зданий или сооружений. Они могут быть горячими (литыми) и холодными.

Состав асфальтовых растворов подбирают в зависимости от условий эксплуатации их в сооружениях.

Холодный асфальтовый раствор изготовляют из смеси нефтяных битумов (5...10%) с добавкой растворителя (сольвент-нафты, бензола), порошкообразного минерального наполнителя (известняка, доломита) и чистого сухого песка, замешанной в специальных растворомешалках с разогревом до 110...120°С и последующим охлаждением до 60°С. Твердение холодного асфальтового раствора происходит вследствие испарения растворителя и летучих составляющих битума.

Горячий асфальтовый раствор изготовляют из смеси битума (или дегтя, пека, битумной пасты либо эмульсии), порошкообразного минерального наполнителя и песка. Вместо битума и наполнителя можно применять асфальтовые мастики или пасты. Тонкоизмельченный наполнитель повышает температуру размягчения раствора, сокращает расход вяжущего. Смесь составляющих горячего асфальто-

вого раствора перемешивают в специальных мешалках с разогревом до 120...180°С.

Асфальтовый раствор укладывают слоями в горячем состоянии с укаткой каждого слоя катками.

Холодную асфальтовую штукатурку изготовляют путем смешивания в растворомешалке заранее приготовленных битумных паст с порошкообразными минеральными наполнителями (известняком и др.) и водой без подогрева составляющих до образования однородной массы. Полученную асфальтовую массу (мастику) наносят на подготовленную поверхность с помощью растворонасосов в два намета или более.

Горячую асфальтовую штукатурку изготовляют из смеси строительного битума (25...35%), асбеста (5...8%), порошкообразного минерального наполнителя (57...80%) и песка (40%) или без него. Ее наносят на подготовленную изолируемую поверхность с помощью специального оборудования (асфальтомета) в несколько наметов. Изолируемая поверхность должна быть сухой.

42. Асфальтобетоны

Асфальтобетоны приготовляют на специализированных асфальтовых заводах или установках. В зависимости от назначения их подразделяют на гидроизоляционный, дорожный, аэродромный, для устройства полов, кровли и стяжки; в зависимости от состава — на битумный и дегтевый; в зависимости от температуры укладки — на холодный и горячий.

Холодный асфальтобетон укладывают слоями на сухие или слегка влажные поверхности с легкой укаткой катками или укаткой движущимся транспортом (дорожный). Изготовляют его из смеси жидких битумов (можно дегтя, пека или битумной эмульсии), растворителей, порошкообразного минерального наполнителя (известняка, доломита, песка), чистого песка и щебня (известняка, доломита) путем смешивания и нагрева с последующим охлаждением. Состав холодного асфальтобетона подбирают в лаборатории.

Холодный асфальтобетон применяют при асфальтировании дорог, тротуаров, полов и кровель. Он дешевле горячего асфальтобетона (до 40%), но уступает ему в долговечности.

Горячий асфальтобетон состоит из тех же материалов, что и холодный, за исключением растворителей. Асфальтобетонную смесь приготовляют путем подогрева битума, песка и щебня до 170...200°С, наполнителя до 105° и смешивания их при 175°С. Горячую смесь укладывают при температуре не ниже 150°С в один или два слоя. Уложенные слои асфальтобетона при температуре не ниже 100°С укатывают тяжелыми или пневматическими катками. Через 1...2 ч после укладки асфальтобетон остывает, превращаясь в твердое, плотное и прочное покрытие.

Горячий асфальтобетон применяют при устройстве противофильтрационных экранов в плотинах, дамбах, каналах и других гидромелиоративных сооружениях, при устройстве дорожных и аэродромных покрытий, полов и стяжек.

Для приготовления асфальтобетонных смесей используют сухие песок и щебень (или гравий). Крупность песка, как правило, до 5 мм, щебня до 40 мм.

При устройстве противофильтрационной асфальтобетонной облицовки каналов обычно используют уплотненный мелкозернистый асфальтобетон следующего состава: 10...25% щебня или гравия крупностью до 15 мм, 40...65% каменной крошки крупностью до 5 мм, 15...25% песка средней крупности, 15...20% минерального порошка, 10...15% битума марки БН 70/30 или БНИ-IV.

Глава 11. ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

43. Общие сведения

Полимерные материалы представляют природные или синтетические высокомолекулярные органические соединения, состоящие из огромного количества атомов. Строение молекул полимеров может иметь линейный или объемный характер. Полимеры, молекулы которых имеют линейное строение, обладают термопластичностью — размягчаясь при нагревании, они вновь затвердевают при охлаждении. Размягчение и отвердевание можно проводить многократно. Многократное нагревание с последующим охлаждением не вносит существенных изменений в свойства материала (полиэтилен, полистирол, полипропилен, винипласт и др.). Полимеры, имеющие объемное строение молекул, обладают термореактивностью — они не могут многократно обратимо расплавляться и затвердевать. При первом нагревании они становятся пластичными и принимают

заданную форму, переходя в неплавкое и нерастворимое состояние (фенопласты и др.).

По упругим свойствам полимеры подразделяют на пластики (жесткие) и эластики (эластичные). Полимерные материалы содержат три группы веществ: связующие, пластификаторы и наполнители. Связующими веществами служат синтетические смолы. В качестве пластификаторов вводят глицерин, стеарин, камфару и другие вещества, которые повышают эластичность и пластичность полимеров, облегчая их переработку. Наполнители (порошковые, волокнистые, слоистые) придают полимерным изделиям большую механическую прочность, предотвращают усадку, сокращают расход дорогостоящих синтетических смол. Кроме этого, в состав полимеров вводят пигменты, стабилизаторы, ускорители твердения и другие вещества.

При изготовлении полимерных строительных материалов, изделий и конструкций наибольшее применение находят полиэтилен (пленки, трубы), полистирол (плиты, лаки), полихлорвинил (трубы, линолеум, пленки), полиметилметакрилат (органическое стекло), поливинилацетат (клей, обои, краски), фторопласт (трубы), фенолформальдегидные смолы (клеи, пластики, плиты), эпоксидные смолы (мастики, клеи), каучукоподобные полимеры (мастики, герметики), латекс (мастики, полимербетон), полиизобутилен и т. д. В качестве природных органических полимеров в строительстве используют натуральную олифу, целлюлозу, казеин, гютин. Их применяют при приготовлении мастик, клеев, красок, лаков и др.

Благодаря хорошим механическим свойствам, эластичности, электроизоляционным качествам, способности принимать любую форму в процессе переработки, хорошей обрабатываемости механическими и ручными инструментами полимерные материалы нашли широкое применение во всех областях строительства и в нашей повседневной жизни.

Наряду с положительными свойствами полимерные материалы имеют и ряд отрицательных качеств — термопластичные полимеры хрупки, многие полимеры обладают свойством растворимости и способностью к вязкому течению, реагируют с макромолекулами, быстро стареют, меняют свойства при колебаниях температуры, имеют высокий коэффициент термического расширения и т. п.

44. Исходные полимерные материалы

Полимеры в зависимости от метода получения подразделяют на полимеризационные и поликонденсационные. Полимеризационные полимеры получают путем полимеризации. К ним относятся полиэтилен, полиизобутилен, полистирол, поливинилхлорид, полиметилметакрилат и т. п. Поликонденсационные полимеры получают методом поликонденсации. К ним относятся полиэфирные, акриловые, фенолоальдегидные, кремнийорганические, эпоксидные и другие смолы, полиэфиры, полиуретановые каучуки и т. п.

Полиэтилен получают полимеризацией этилена из попутного и природного газа. Он стареет под действием солнечной радиации, воздуха, воды и озона. Его плотность 0,945 г/см³, морозостойкость минус 70°С, термостойкость всего 60...80°С, предел прочности при сжатии 4...8 МПа, при растяжении 2...4 МПа, при изгибе 2...3 МПа. По промышленному способу получения различают полиэтилен высокого давления (ПВД), низкого давления (ПНД) и на окисно-хромовом катализаторе (П). При нагревании до 80°С полиэтилен растворяется в бензоле, толуоле, четыреххлористом углероде. Применяют его для изготовления пленок, листов способом вальцевания, труб экструзией, санитарно-технического оборудования, отделочных материалов прессованием и др.

Полиизобутилен — каучукоподобный или жидкий эластичный материал, получаемый полимеризацией изобутилена. Он мягче полиэтилена, менее прочен, обладает очень малой влаго- и газопроницаемостью, устойчив к действию влаги, почти не стареет. Полиизобутилен очень не стоек к действию солнечного света и ультрафиолетовых лучей. Применяют его для изготовления гидроизоляционных тканей, защитных покрытий, пленок, листов, в качестве добавок в асфальтобетонах, вяжущего для клеев и др.

Полистирол — термопластичная смола, продукт полимеризации стирола (винилбензола). Свойства его в значительной степени зависят от степени полимеризации. Плотность полистирола 1,047 г/см³, термостойкость 75...85°С, предел прочности при сжатии 8...11 МПа, при растяжении 3,5...4 МПа, при изгибе 8...9 МПа. Применяют его для изготовления пористых плит, облицовочных плиток, лаков, эмалей и др.

Поливинилхлорид — термопластичный материал аморфной структуры, продукт полимеризации хлористого винила, выпускаемый в основном в виде белого аморфного порошка. Его плотность 1,38 г/см³, термостойкость 60...70°С, предел прочности при сжатии 8...12 МПа, при растяжении 4...6 МПа, при изгибе 8...12 МПа. Используют поливинилхлорид для изготовления гидроизоляционных пленок и листов, поропласта, труб, линолеума, лаков, красок и др.

Полиметилметакрилат (органическое стекло) образуется в процессе полимеризации метилового эфира в результате его обработки метакриловой кислотой. Вначале образуется метилметакрилат в виде бесцветной прозрачной жидкости, а затем получается стеклообразный продукт в виде блоков, листов, брусков, трубок и т. д. Изделия на основе полиметилметакрилата легко окрашиваются, прозрачны, пропускают более 85% ультрафиолетовых лучей, стойки к воде, кислотам и щелочам. Применяют их для остекленения, изготовления моделей, демонстрационных приборов и деталей.

Поливинилацетат — продукт полимеризации винилацетата, представляющий аморфный прозрачный полимер с хорошими адгезионными свойствами. Применяют его для изготовления прозрачных пленок, клеев, красок, обоев, устройства мастичных полов и др.

Фторопласт — продукт полимеризации фторсодержащих ненасыщенных соединений — фторуглеродов. Полимеризацией трифторхлорэтилена получается фторопласт-3, а тетрафторэтилена — фторопласт-8. Промышленность выпускает различные модификации фторопласта. Применяют их для изготовления труб, фасонных частей и т. д.

Полипропилен — термопластичный материал, образующийся в результате применения специальных катализаторов при проведении стереоспецифической полимеризации пропилена, получаемого в больших количествах при крекинге нефтепродуктов. Он дешев, обладает хорошими строительно-техническими свойствами и более низкой морозостойкостью (минус 35°С), чем полиэтилен. Выпускают полипропилен в виде порошка и гранул различных марок. Из него изготовляют трубы для дренажа, гидроизоляционные пленки и листы.

Винипласт получают из поливинилхлоридной смолы с добавлением небольшого количества стеарина, трансформаторного масла и меламина. Из него изготовляют листы, трубы, фасонные части и др.

Инден-кумароновые смолы — смесь продуктов полимеризации кумарона и индена. Применяют их для получения гидроизоляционных покрытий и материалов на основе отработанной резины.

Синтетический каучук выпускают различной модификации, однако в строительной практике наибольшее применение имеют тиоколовый, бутиловый, силоксановый и хлоропреновый каучуки. Тиоколовый каучук — продукт конденсационной полимеризации хлорпроизводных с многосернистым натрием. Применяют его для приготовления герметизирующих мастик и замазок, а также при газопламенном напылении антикоррозионных покрытий. Бутилкаучук — продукт совместной полимеризации изобутилена и изопрена. Используют его при устройстве пленочных противофильтрационных экранов в каналах и гидротехнических сооружениях, а также для получения герметизирующих паст и прокладок. Силоксановый каучук применяют при изготовлении герметизирующих мастик. Хлоропреновый каучук выпускают различных марок. Он обладает высокой адгезией, не горит, газонепроницаем, применяют его при приготовлении битумно-каучуковых сплавов и герметиков.

Латексы синтетические — водные дисперсии синтетических каучуков. Кроме каучука и воды, в их состав входят эмульгаторы, регуляторы полимеризации, наполнители, пластификаторы и другие компоненты. В строительстве применяют дивинилстирольные, хлоропреновые и карбоксилатные латексы. Дивинилстирольный латекс образуется при совместной полимеризации дивинила со стиролом и водной эмульсией с добавкой в качестве эмульгатора никеля и натриевого мыла синтетических жирных кислот. Его используют для приготовления эмульсионных красок, полимербетонных смесей, гидроизоляционных и других покрытий. Хлоропреновый латекс применяют при изготовлении клеев, а также в качестве гидроизоляционного материала. Карбоксилатный латекс применяют при изготовлении водоэмульсионных красок для ухода за бетоном, гидроизоляционных мастик, пленок.

Полиэфирные смолы — продукт поликонденсации гликолей или многоатомных спиртов с дикарбоновыми кислотами, их ангидридами или оксикислотами. Применяют их при изготовлении армированных пластиков (стеклопластики), лаков, клеев, в качестве добавки и вяжущего материала в шпатлевках, пластобетонах.

Акриловые смолы — сополимеры эфиров, амидов и нитрилов акриловой и метакриловой кислот. Применяют их при изготовлении гидроизоляционных эмульсий, в качестве связующего в герметизирующих мастиках, для приготовления красок.

Фенолоальдегидные смолы получают при поликонденсации формальдегида с фенолом. Применяют их при изготовлении древесно-волокнистых и древесно-стружечных плит, слоистых пластиков, фанеры, клеев, изоляционных твердеющих мастик, лаков и т. д.

Кремнийорганические смолы получают из низкомолекулярных кремнийорганических соединений реакцией поликонденсации алкилхлорсилинов и замещенных эфиров фторокремниевой кислоты. Они обладают высокой гидрофобностью. Применяют их при изготовлении гидрофобизующих добавок для растворов, бетонов (ГКЖ-10 и др.), мастик, лаков, эмалей, клеев и т. д.

Эпоксидные смолы образуются при конденсации эпихлоргидрина и дифенилпропилена в щелочной среде. Применяют их для приготовления пластобетонов, мастик, клеев и т. п. Жидкие эпоксидные смолы твердеют при добавлении отвердителей. При температуре 15...20°С в качестве отвердителей используют гексаметилендинамин или полиэтиленполиамин, при горячем отверждении — фталевый ангидрид, мочевиноальдегидные и фенолоальдегидные смолы.

45. Полимерные трубы

Трубы из полимерных материалов широко применяют при строительстве напорных трубопроводов (подземных и надземных), оросительных систем, закрытого дренажа, трубчатых гидротехнических сооружений, трубопроводов, транспортирующих жидкие и газообразные вещества, к которым они химически стойки. В качестве материала для изготовления полимерных труб используют полиэтилен, винипласт, полипропилен, фторопласт, стеклопластик, текстолит и другие пластмассы.

Полиэтиленовые трубы изготовляют методом непрерывной шнековой экструзии (непрерывное выдавливание полимера из насадки с заданным профилем) и методом спиральной навивки полиэтиленовой ленты на оправку из полиэтилена низкого и высокого давления. Напорные полиэтиленовые трубы выпускают четырех типов: легкий тип Л — для рабочего давления 0,25 МПа, среднелегкий тип СЛ — для рабочего давления 0,4 МПа, средний тип С — для рабочего давления 0,6 МПа и тяжелый тип Т — для рабочего давления 1 МПа из условий транспортировки воды в трубах при температуре до 30°С. Из полиэтилена высокого давления выпускают трубы типа Л наружным диаметром 63...630 мм; типа СЛ наружным диаметром 40...630 мм; типа С наружным диаметром 25...450 мм; типа Т наружным диаметром 10...280 мм. Из полиэтилена низкого давления выпускают трубы типа Л наружным диаметром 32...160 мм; типа СЛ наружным диаметром 25...160 мм; типа С наружным диаметром 16...125 мм; типа Т наружным диаметром 10...125 мм. Кроме гладкостенных, выпускают гофрированные полиэтиленовые трубы диаметром 32...315 мм. Гофрированные трубы гораздо жестче гладких. При строительстве закрытого дренажа на орошаемых и осушаемых землях широко используют полиэтиленовые гладкостенные и гофрированные перфорированные трубы диаметром 50...100 мм (рис. 11. 1,*а*). Полиэтиленовые трубы морозостойки, что позволяет эксплуатировать их при температуре от 60 до минус 80°С.

Винипластовые трубы изготовляют методом экструзии или компрессионной сваркой заранее заготовленных листов. Листы изготовляют прессованием или методом экструзии. Применяют винипластовые трубы для трубопроводов, транспортирующих жидкости с температурой 10...40°С под давлением, и с температурой до 60°С, движущиеся самотеком. Трубы из винипласта выпускают легкого типа Л наружным диаметром 63...400 мм; среднелегкого типа СЛ наружным диаметром 40...250 мм; среднего типа С наружным диаметром 25...160 мм; тяжелого типа Т наружным диаметром 16...110 мм и особо тяжелого типа ОТ наружным диаметром 10...63 мм (давление до 1 МПа). Винипластовые трубы типа ОТ используют преимущественно для изготовления деталей трубопроводов методами сварки и горячего формования. Для строительства закрытых оросительных систем применяют винипластовые трубы наружным диаметром 100...400 мм на рабочее давление до 1 МПа. Они хорошо свариваются и склеиваются, но тяжелее полиэтиленовых, имеют меньшую морозостойкость и меняют свои свойства при длительном нагружении и резких колебаниях температуры.

Напорные трубы из полипропилена обладают хорошими механическими свойствами и повышенной термостойкостью.

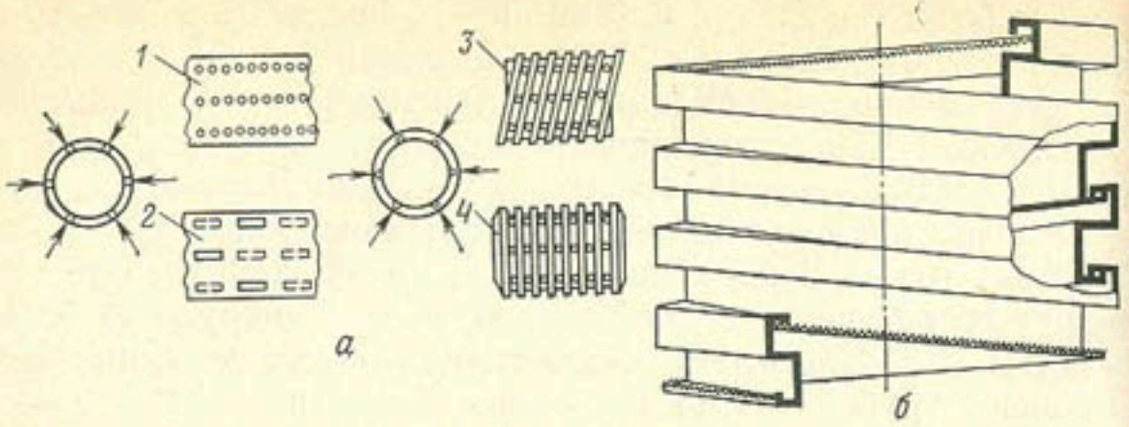


Рис. 11.1. Полимерные трубы, применяемые при строительстве горизонтального дренажа на оросительных системах:

а — полиэтиленовые; *б* — поливинилхлоридные витые: *1* — гладкостенные с круглой перфорацией; *2* — гладкостенные с продольно-параллельными щелями; *3, 4* — гофрированные с круглой перфорацией и соответственно витыми и кольцевыми замкнутыми гофрами.

Морозостойкость полипропиленовых труб ниже, чем полиэтиленовых. Применяют их при строительстве закрытых оросительных и дренажных систем, трубчатых сооружений.

Напорные трубы из фторопласта выпускают внутренним диаметром 50...400 мм. Применяют их при строительстве напорных трубопроводов.

Поливинилхлоридные витые длинномерные трубы изготовляют на установке непрерывного действия из экструдируемой профилированной полосы путем ее спиральной навивки (рис. 11.1, *б*). Применяют их при строительстве горизонтального закрытого дренажа глубокого заложения на орошаемых землях. Вода в трубу поступает через спиральные зазоры между смежными витками полосы.

46. Полимерные мастики и бетоны

Гидротехнические сооружения, работающие в условиях агрессивной среды, действия больших скоростей и твердого стока, защищают специальными (металлическими и др.) покрытиями или облицовками. С целью предохранения сооружений от этих воздействий, увеличения их долговечности и замены дорогостоящих облицовок и покрытий из традиционных материалов используют полимерные мастики, полимерцементные бетоны, бетонополимеры, полимербетоны, полимеррастворы, полимерсиликатные бетоны.

Полимерные мастики предназначены для создания защитных покрытий, предохраняющих конструкции и сооружения от воздействия механических нагрузок, истирания, перепадов температур, радиации, агрессивной среды. Их изготовляют на основе фурфуролацетоновых смол ненасыщенных полиэфиров и эпоксидных компаундов. Мастики на основе фурфуролацетоновых смол применяют при устройстве прочных, износоустойчивых покрытий гидромелиоративных сооружений, полов, а также в качестве декоративных покрытий. Мастику из смеси водоразбавленной поливинилацетатной эмульсии, мелкого кварцевого песка и минеральных красителей используют при устройстве монолитных бесшовных, эластичных полов.

Полимерцементные бетоны — цементные бетоны, в процессе приготовления которых в бетонную смесь добавляют кремнийорганические или водорастворимые полимеры типа поливинилацетатной эмульсии, латексов, водорастворимых полимерных смол. Такие бетоны имеют повышенную морозостойкость, водонепроницаемость и агрессивную стойкость.

Бетонополимеры — бетоны на основе минеральных вяжущих, которые после завершения процессов твердения и структурообразования подвергают вакуумной сушке и пропитке различными мономерами с последующей радиационной или термокаталитической полимеризацией их в поровой структуре бетона. Пропитка обычного бетона мономерами позволяет в значительной степени повысить его плотность, прочность (в 3 раза и более), морозостойкость и стойкость в агрессивной среде.

Полимербетоны — это бетоны, в которых вяжущим материалом служат полимерные смолы, а заполнителем — неорганические минеральные материалы. Они обладают хорошими строительно-техническими свойствами, морозостойкостью и стойкостью к агрессивной среде.

Полимеррастворы отличаются от полимербетонов тем, что не имеют в своем составе щебня. Строительно-технические свойства их и полимербетонов аналогичны.

Полимербетоны и полимеррастворы характеризуются незначительным водопоглощением, повышенной водонепроницаемостью и трещиностойкостью, увеличенным до 4 раз пределом прочности при изгибе и растяжении, высокой стойкостью к истиранию. Их применяют в качестве гидроизоляционных, антикоррозионных и износоустойчивых покрытий гидротехнических сооружений, полов, труб, плит и т. д. Полимербетонные покрытия на основе фурановых и фенольных смол укладывают на специально подготовленные поверхности цементного бетона или крепят к нему анкерами. Высокими адгезионными свойствами обладают

покрытия из полимербетонов на основе полиэфирных и эпоксидных смол.

Полимерсиликатные бетоны — кислотостойкие бетоны на основе жидкого стекла, в состав которых в процессе замешивания бетонной смеси вводят полимерные добавки (фуриловый спирт и др.).

Глава 12. ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ И КРОВЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ БИТУМОВ И ПОЛИМЕРОВ

47. Общие сведения

Один из важных вопросов в строительстве — защита зданий и сооружений от воздействия атмосферных осадков, окружающей влажной среды, напорных и безнапорных вод и др. Во всех этих случаях основную роль играют гидроизоляционные и кровельные материалы, которые предопределяют долговечность зданий и сооружений. Гидроизоляционные и кровельные материалы подразделяют на эмульсии, пасты, мастики, эластичные герметизирующие прокладки, рулонные, листовые, плиточные и пленочные материалы. В зависимости от входящих в состав гидроизоляционных и кровельных материалов в я ж у щ и х их подразделяют на битумные, дегтевые, гудрокамовые, дегтебитумные, битумно-резиновые, полимерные, полимерно-битумные и т. п. Рулонные гидроизоляционные и кровельные материалы выпускают покровные, беспокровные, основные и безосновные. Мастики изготовляют горячие и холодные.

48. Гидроизоляционные материалы

Эмульсии — дисперсные системы, состоящие из двух не смешивающихся между собой жидкостей, одна из которых находится в другой в мелкораздробленном состоянии. Для приготовления эмульсии применяют слабые водные растворы поверхностно-активных веществ или тонкодисперсные твердые порошки — эмульгаторы, которые понижают поверхностное натяжение между битумом и водой, способствуя более мелкому его раздроблению, и препятствуют слиянию частиц мелкораздробленного битума. В качестве эмульгаторов используют олеиновую кислоту, концентраты сульфитно-спиртовой барды, асидол. Можно использовать канифольное масло, жировой вазелин, технический рыбий жир и др. Эмульсии выпускают битумные, пековые полимерные, битумно-полимерные и др. Их используют в качестве грунтовок и покрытий, наносят в холодном состоянии на сухую или сырую поверхность послойно. Для увеличения водостойкости битумных эмульсий в их состав вводят добавки ГКЖ-10 или ГКЖ-11 (0,5...1%), известковое молоко (2...4%), латекс СК (не менее 10%). Для гидроизоляции гидромелиоративных сооружений используют, кроме того, битумно-фенолформальдегидную, битумно-карбамидную, битумно-фенолоспиртовую и другие эмульсии, а также поливинилацетатно-мочевиноформальдегидную и другие полимерные эмульсии.

Пасты приготовляют из смеси эмульгированного битума и тонкомолотых минеральных порошков (негашеной или гашеной извести, высокопластичных или пластичных глин, трепела и др.). Применяют их в качестве грунтовок и покрытий для внутренних слоев гидроизоляционного ковра или в качестве вяжущего для изготовления холодных мастик и др.

Резинобитумная мастика — однородная смесь резиновой крошки, битума, кумароновой смолы (типы В и Г) и автотракторного масла с пластифицирующей добавкой (полиизобутилен П-200) или без нее. Выпускают мастику трех марок: РБВ-25, РБВ-35 и РБВ-50. Применяют ее в горячем виде при заполнении и ремонте швов между железобетонными плитами облицовок каналов, а также деформационных швов в сооружениях. Стыкуемые поверхности перед заполнением швов резинобитумным вяжущим должны быть тщательно очищены от пыли и загрунтованы раствором смеси битума и бензина.

Горячую мастику Изол изготовляют путем смешивания резинобитумного вяжущего, полученного в результате термомеханической обработки девулканизированной резины и нефтяного битума, с полиизобутиленом, кумароновой смолой, канифолью, антисептиком и наполнителем. Применяют ее для приклеивания рулонных материалов, при устройстве покрытий, герметизации деформационных швов гидротехнических сооружений, облицовок каналов, швов и стыков зданий и сооружений. Мастику Изол используют только после предварительного подогрева.

Холодную мастику Изол получают путем растворения в керосине, бензине, уайт-спирите остывшей горячей мастики Изол. Используют ее при окраске рулонных кровель.

Герметизирующую строительную мастику ГС-1 изготовляют на основе полисульфидных каучуков. Применяют ее при заделке стыков наружных стен крупнопанельных зданий.

Битумно-полимерную мастику (типы РБЛ и ЭБЛ) приготовляют из смеси битумных растворов и латекса. Применяют ее для приклеивания рулонной гидроизоляции, изоляции поверхностей от влажной среды, заделки деформационных швов гидротехнических сооружений.

Полиизобутиленовую уплотнительную герметизирующую светлую мастику УМС-50 приготовляют из смеси полиизобутилена (до 5%), индустриального масла (16%), пластификатора — рубракса (1%) и наполнителя — тонкомолотой извести (78%). Она сохраняет пластичность при температуре от минус 50 до плюс 70°С (удлинение на 300%), хорошо сопротивляется атмосферным воздействиям, обладает абсолютной воздухо- и водонепроницаемостью.

Уплотнительная мастика УМ-40 имеет в своем составе полиизобутилен (3%), резиновую крошку (5%), масло МН-6 (10%), автол (15%), зеленое масло (1%), каменноугольную пыль (66%). Используют ее при заделке деформационных швов в водохозяйственном строительстве.

Мастика Полиэф-1 состоит из смеси полиэфира марки П-С-1 с минеральными и пластифицирующими добавками. При введении в мастику специального отвердителя на месте заделки деформационных швов при обычной температуре она превращается в резину.

Мастика Эластосил П-06 — однокомпонентный кремнийорганический самоадгезионный пастообразный герметизирующий материал, вулканизация которого начинается с образования тонкой эластичной пленки при соприкосновении с влагой воздуха и заканчивается получением резиноподобного материала, хорошо приклеенного к бетонной или другой поверхности.

Полимербитумную мастику изготовляют на основе нефтяного битума и низкомолекулярного полиэтилена. Применяют ее при обмазочной гидроизоляции и наклеивании рулонных гидроизоляционных материалов.

Тиоколовые однокомпонентные мастики 51-УТО-40, 51-УТО-42, 51-УТО-43, 51-УТО-44 состоят из основной и отвердевающей паст. Перед употреблением обе пасты смешивают, после чего начинается вулканизация при нормальной температуре и превращение мастики (пасты) в эластичную резину. Применяют мастики при заделке трещин в бетоне,

устройстве деформационных швов облицовок каналов и сооружений.

Кроме перечисленных мастик, используют также следующие герметизирующие мастики: тиоколовые двухкомпонентные 2С-1 и У-30П, КБ-0,5 и АМ-0,5, нетвердеющие МПС и НГМ, бутилкаучуковые нетвердеющие, силиконовые, пенополиуретановые заливочные и др.

Для качественной адгезии герметизирующих мастик к поверхности стыкуемых материалов швы и стыки тщательно очищают от загрязнений и покрывают тонким грунтующим слоем (праймером). Грунтовка проникает в поры бетона, укрепляет его поверхностный слой и создает необходимые адгезионные условия герметизирующим мастикам. При использовании мастики Эластосил бетонную поверхность праймером не покрывают.

Пороизол — герметизирующая пористая эластичная гнилостойкая долговечная прокладка, сохраняющая работоспособность в интервале температур от плюс 80 до минус 50°С. Изготовляют его из отходов протекторной резины, резиновой крошки, порообразователя, вулканизирующего компонента. Выпускают пороизол марок П-А, П-Б, П-В в виде жгутов круглого, квадратного, треугольного, прямоугольного, овального и трубчатого сечения или лент. Он обладает деформативной способностью при отрицательных температурах и хорошо противостоит тепловому старению. В стыковых соединениях лотковых каналов и деформационных швах сборных и монолитных облицовок каналов пороизол должен быть сжат на 30...50% первоначального поперечного размера.

Пенополиуретановые герметизирующие прокладки изготовляют путем одноразовой пропитки специальным раствором пенополиуретановых лент при 120°С. Они обладают полной водонепроницаемостью при сжатии на 50% и сохраняют все свои рабочие свойства в интервале температур от минус 40 до плюс 80°С. Применяют их для герметизации стыков в крупнопанельном строительстве.

Армогерметики — базальтовые или стеклянные ткани (армирующая часть), пропитанные и покрытые с двух сторон гидроизоляционными полимерными пастами или мастиками (покровные слои). Выпускают их в виде лент. Для приклеивания армогерметика используют ту же мастику, которой он пропитан, или эпоксидную смолу с отвердителем. Перед приклейкой армогерметика бетонную поверхность тщательно очищают и грунтуют.

Изол рулонный — гидроизоляционный и кровельный безосновный резинобитумный материал. Рулонный изол долговечнее рубероида примерно в 2 раза, эластичен, биостоек и характеризуется незначительным водопоглощением. Изготовляют его из пропускаемой через вальцы смеси каучука, нефтяного битума, каменноугольной смолы и минерального наполнителя.

Бризол рулонный — безосновный материал, изготовляемый из битумно-резиновой смеси, дробленой резиновой крошки, нефтяного битума, асбеста VII сорта и пластификатора. Получают его при 150...180°С методом вальцевания и последующего каландрирования смеси. Применяют рулонный бризол как антикоррозионный защитный материал для металлических трубопроводов.

Гидроизол — беспокровный гидроизоляционный материал, изготовленный путем пропитки асбестовой бумаги или картона нефтяными окисленными битумами. Выпускают гидроизол двух марок: ГИ-1 и ГИ-2. При отрицательных температурах он теряет свою эластичность и становится хрупким. Лучшим картоном для его производства считается асбестоцеллюлозный, который имеет в своем составе до 20% целлюлозы.

Борулин — перемешанная на каландрах однородная смесь тугоплавкого нефтяного битума с большим количеством длинноволокнистого асбеста. Он имеет такое же применение, как гидроизол и изол.

Битумно-полимерный гидроизоляционный материал изготовляют из смеси битума, полиизобутилена П-100, фенолформальдегидной смолы, асбеста VI или VII сорта и технического талька. После смешивания составляющих при нагревании получают однородную массу, которая пропускается через вальцы.

Стеклорубероид С-РМ — гидроизоляционный и кровельный материал, получаемый путем двухстороннего нанесения антисептированной битумной массы на биостойкий стекловолокнистый холст ВВ-К. В качестве битумной массы применяют смесь из битума, наполнителя, пластификатора и антисептика.

Стеклорубероид К-1 утяжеленный изготовляют путем нанесения битума на стекловолокнистую основу (стеклосетку).

Фольгоизол — рулонный двухслойный материал, состоящий из тонкой рифленой или гладкой фольги, покрытой с нижней стороны защитным битуминизированным составом

(резинобитум или битумополимер). Он предназначен для герметизации деформационных швов гидротехнических сооружений, стыков панелей, устройства кровель и парогидроизоляции зданий и сооружений. В зависимости от назначения фольгоизола и класса сооружения толщина фольги колеблется в пределах от 0,1 до 0,3 мм, толщина защитного слоя — от 0,8 до 4 мм. Внешняя поверхность фольгоизола может быть окрашена в различные цвета атмосферостойкими лаками или красками. Фольгоизол водонепроницаем и долговечен, не требует ухода в течение всего периода эксплуатации зданий или сооружений.

Металлоизол — алюминиевая фольга, покрытая с двух сторон битумной мастикой. Он предназначен для герметизации швов гидромелиоративных сооружений.

Полиэтиленовую пленку изготовляют из полиэтилена высокого или низкого давления методом экструзии толщиной 30...200 мкм. Полиэтиленовую массу выдавливают через головку экструдера в виде трубы и затем раздувают воздухом до получения пленки заданной толщины. Пленку выпускают стабилизированную (сажей) и нестабилизированную шириной не менее 2,5 м и длиной 120...150 м в рулонах. Пленка паро- и водонепроницаема, стойка к агрессивной среде, сохраняет свою эластичность при температуре до минус 70°С, хорошо и просто сваривается в полотнища. Нестабилизированная пленка под действием солнца быстро стареет. Используется полиэтиленовая пленка при устройстве противофильтрационных экранов каналов и водоемов.

Поливинилхлоридную пленку получают на основе пластифицированного или непластифицированного поливинилхлорида. Эта пленка с течением времени становится жесткой и хрупкой, малоустойчива к действию отрицательных температур. Она имеет примерно то же применение, что и полиэтиленовая пленка.

Полиэтиленпековая пленка — гидроизоляционный материал, изготовляемый из полиэтилена высокого или низкого давления, каменноугольного пека и полиизобутилена путем смешения их в смесителях либо на фракционных смесительных вальцах при 120...170°С с последующим экструдированием готовой смеси в пленку заданной толщины при 70...90°С. Она отличается высокими прочностными и эксплуатационными показателями, не изменяет своих строительно-технических свойств при прямом воздействии солнечных лучей, атмосферных факторов, стойка к действию микроорганизмов и корней различных луговых трав, сохраняет

гибкость при температуре до минус 65°С с термостойкостью до 140°С. Выпускают ее в рулонах шириной 1,5...2,0 м, толщиной 0,2...1,0 мм. Используют полиэтиленпековую пленку в противофильтрационных экранах каналов, водоемов, а также как кровельный материал.

Полимерные прозрачные пленки нашли широкое применение при покрытии теплиц и укрытий, используемых для выращивания сельскохозяйственных ранних культур и рассады. Кроме того, их применяют при мульчировании почв с целью исключения прорастания сорняков, сохранения влаги и структуры почвы.

49. Кровельные материалы

Пергамин — беспокровный материал, получаемый путем пропитки кровельного картона мягкими нефтяными битумами. Применяют его как подкладочный материал под рубероидную кровлю или в качестве пароизоляционного слоя в ограждающих конструкциях.

Толь-кожа — беспокровный материал, получаемый путем пропитки картона дегтепродуктами. Он имеет то же применение, что и пергамин (толевые кровли).

Подкладочный рубероид РП-250 получают путем пропитки кровельного картона мягкими нефтяными битумами и последующего покрытия его с обеих сторон тугоплавкими нефтяными битумами. Он водонепроницаем, характеризуется небольшим водопоглощением, хорошей эластичностью, достаточной прочностью, водостойкостью. Его укладывают в кровельный ковер на горячую или холодную мастику.

Рубероид РЧ-350 получают путем пропитки кровельного картона мягким нефтяным битумом с последующим нанесением битумного покровного слоя. С лицевой стороны полотно рубероида посыпают слюдяной чешуйкой (для отражения солнца). Рубероид РЧ-350 предназначен для устройства верхнего слоя кровельного ковра.

Рубероид РК-420 получают путем пропитки кровельного картона мягким нефтяным битумом с последующим нанесением на каждую сторону покровного слоя из тугоплавкого битума и посыпкой лицевой стороны крупнозернистым материалом. Он предназначен для устройства верхнего слоя кровельного ковра. Кровельный ковер из двух-трех слоев подкладочного рубероида и одного слоя рубероида РК-420 или РЧ-350 может прослужить не менее 15...20 лет.

Дегтебитумный картон получают путем пропитки кровельного картона дегтепродуктами и последующего покрытия его обеих сторон нефтяным битумом. Используют дегтебитумный картон в качестве пароизоляционного слоя и в многослойных рулонных кровлях.

Рубероид с эластичными покровными слоями получают путем пропитки кровельного картона мягкими нефтяными битумами с последующим покрытием обеих его сторон массой из смеси битума, растворенной резины и наполнителя.

Гудрокамовый картон получают путем пропитки и покрытия двух сторон кровельного картона гудрокамом. Применяют его в многослойных плоских кровлях.

Толь получают путем пропитки кровельного картона каменноугольными или сланцевыми дегтевыми материалами и последующей посыпки его одной или двух сторон минеральным порошком. Используют толь при устройстве кровель. Он менее стоек к атмосферным воздействиям, чем рубероид.

50. Хранение гидроизоляционных и кровельных материалов

Гидроизоляционные и кровельные материалы на основе коагуляционных вяжущих стареют под влиянием солнечного света, различных окислителей и других воздействий, поэтому срок их хранения ограничен. Рубероид, пергамин, толь, гидроизол, изол, бризол и тому подобные материалы следует хранить в сухих закрытых неотапливаемых помещениях. Кратковременное хранение рулонных материалов допустимо на открытых площадках или под навесом, но с защитой от солнечных лучей и атмосферных осадков. Рулонные гидроизоляционные и кровельные материалы хранят в вертикальном положении (стоя), за исключением изола и бризола, которые следует хранить в горизонтальном положении. В условиях зимы перед использованием рулонные материалы необходимо предварительно отогреть в теплом помещении с температурой не ниже 10°С. Гидроизоляционные и кровельные эмульсии, пасты и мастики хранят в закрытых складах или под навесом в рассортированном виде в специальных упаковках (бочках, бидонах, барабанах, мешках).

Глава 13. ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ ИЗ НИХ

51. Общие сведения

Теплоизоляционные материалы характеризуются малой теплопроводностью и небольшой средней плотностью из-за их пористой структуры. Их классифицируют по характеру строения: жесткие (плиты, кирпич, скорлупы, сегменты, сборные щиты), гибкие (маты, полужесткие плиты, шнуры, жгуты, матрицы, листы, рулоны), рыхлые (волокнистые, зерновые, порошкообразные); виду основного сырья: органические и неорганические; средней плотности в сухом состоянии (кг/м³): марки 15, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600 и 700.

Теплоизоляционный жесткий материал марки выше 500 применяют только в качестве конструктивно-теплоизоляционного материала, в котором использованы не только его теплоизоляционные свойства, но и несущая (прочностная) способность. Для изоляции горячих (выше 100°С) поверхностей конструкций используют только неорганические материалы.

52. Органические теплоизоляционные материалы

Опилки, стружки, торф применяют в сухом виде с пропиткой в конструкции известью, гипсом, цементом (молоком).

Войлок строительный изготовляют из грубой шерсти (конской и коровьей), отходов мехового и шерстяного производств. Выпускают его в виде пропитанных антисептиком полотнищ длиной 1000...2 000 мм, шириной 500...2 000 мм и толщиной 10...12 мм.

Пакля — спутанное волокно, получаемое в виде отходов при мытье и трепании льна. В строительстве используют непросмоленную и просмоленную паклю. Непросмоленную паклю применяют для конопатки бревенчатых и брусчатых стен, оконных и дверных коробок. Просмоленную паклю применяют при заделке швов зданий и сооружений, раструбных и муфтовых соединений труб и в других случаях.

Камышит выпускают в виде плит толщиной 30, 50, 70, 100 мм, получаемых путем проволочного скрепления через 12...15 см рядов прессованного камыша (тростника).

Торфяные изоляционные плиты получают путем их формования из верхнего сфагнового торфа (допускается введение добавок) мокрым способом с последующей сушкой.

Фибролитовые плиты получают путем прессования смеси портландцемента с обработанной минеральными солями (сернокислым глиноземом, растворимым стеклом, хлористым стеклом, хлористым кальцием) древесной стружкой (ленты древесины длиной 300...500 мм, шириной 1...6 мм и толщиной 0,1...0,8 мм).

Арболитовые плиты получают путем формования и тепловой обработки (или без нее) смеси из органического коротковолокнистого сырья (дробленой станочной стружки или щепы, сечки соломы или камыша, опилок, костры и др.) и портландцемента с добавками или без них. В качестве добавок используют растворимое стекло, хлористый кальций, сернокислый глинозем.

Древесно-волокнистые плиты изготовляют путем формования распушенных древесных и других растительных волокон (соломы, камыша, костры, стеблей кукурузы, бумажной макулатуры) с введением добавок (или без них).

Маты из пористого полиуретана изготовляют толщиной 30...60 мм из полиэфирных смол с введением поро- или газообразующих добавок и наполнителей.

Полистирольные пенопластовые плиты изготовляют толщиной 25...100 мм из суспензионного вспенивающегося полистирола с добавкой антипирена (или без него).

Фосфатно-фенольные пенопластовые плиты изготовляют путем вспенивания смеси фенольно-резольной смолы, кислого катализатора и фосфатного вяжущего (можно золы ТЭС) с последующим отвердением отлитых плит.

Фенолформальдегидные пенопласты — вспененная при нагревании и отвердевшая при охлаждении плита из смеси фенолформальдегидного полимера, каучука и газообразователя (алюминиевой пудры).

Сотопласты изготовляют путем склеивания гофрированных листов крафт-бумаги, хлопчатобумажной ткани, стеклоткани, асбестобумаги и алюминиевой фольги, пропитанных фенолформальдегидным или полиэфирным полимером.

53. Неорганические теплоизоляционные материалы

Минеральная вата — спутанное волокно диаметром 5...12 мкм, получаемое из расплавленной массы горных пород или шлаков либо в процессе распыления ее тонкой струи

паром под давлением, либо путем подачи ее на быстровращающийся диск центрифуги. Минеральную вату используют в качестве теплоизоляции поверхностей с температурой от минус 200 до плюс 600°С, а также для изготовления теплоизоляционных изделий: матов прошивных, прошивных на металлической сетке, на обкладке из стеклохолста, на крахмальном связующем с бумажной обкладкой; полужестких плит на фенольном или синтетическом связующем; жестких плит на битумном, синтетическом или бентоколлоидном связующем; полуцилиндров на синтетическом связующем.

Стеклянная вата — спутанное волокно, получаемое из расплавленного стекла вытягиванием либо центробежным, либо дутьевым способом. Ее используют для изготовления теплоизоляционных изделий (матов, плит, полос) и теплоизоляции поверхностей с температурой от минус 200 до плюс 450°С. В настоящее время для изоляции поверхностей с температурой от минус 60 до плюс 180°С используют стекловолокно, с температурой от минус 60 до плюс 450°С — вату из супертонкого волокна. Базальтовое супертонкое стекловолокно применяют при изоляции поверхностей с температурой от минус 200 до плюс 700°С.

Пеностекло — пористый легкий материал, получаемый путем спекания смеси стекольного порошка с газообразователями (известняком, каменным углем и др.). Изготовляют его с открытыми и закрытыми порами. Оно легко режется, пилится, обладает высокой водо- и морозостойкостью, несгораемо, имеет предел прочности при сжатии 2...6 МПа. Плиты из пеностекла применяют для теплоизоляции стен, покрытий, перекрытий, утепления полов. Изделия из пеностекла используют при декоративной отделке интерьеров и для изоляции поверхностей с температурой до 180°С.

В строительной практике в качестве теплоизоляционных материалов широко используют керамзитобетон, вспученный перлит, вермикулит и изделия из него. Для изоляции ограждающих конструкций зданий и сооружений, изоляции тепловых и холодильных установок, трубопроводов, поверхностей промышленных печей и оборудования с повышенным тепловыделением применяют керамзитобетонные плиты; керамзитоперлитовые плиты, кирпич и сегменты; перлитопластобетонные плиты; перлитогелевые плиты, скорлупы и сегменты; битумоперлитовые скорлупы и сегменты; цементно-вермикулитовые плиты.

54. Материалы для изоляции горячих поверхностей

Для изоляции горячих поверхностей с температурой 180°С и более используют асбестовые теплоизоляционные материалы.

Асбестовую бумагу вырабатывают из асбеста IV—VI сортов с небольшой добавкой склеивающего вещества (крахмала).

Асбестовый картон изготовляют из смеси асбеста IV—VI сортов, наполнителя и склеивающего вещества.

Асбестовый войлок изготовляют из нескольких слоев асбестовой бумаги, между которыми оставляют воздушные прослойки.

Асбестовый шнур получают из нескольких крученых асбестовых нитей, сложенных вместе в сердечник и обвитых (оплетенных) снаружи асбестовой нитью или пряжей.

Асбозурит (теплоизоляционный порошок) получают из смеси трепела или доломита с асбестом не ниже VI сорта.

Асботермит получают из смеси 70% отходов асбестоцементных заводов, 15% доломита и 15% асбеста IV—VI сортов.

Вулканитовые плиты изготовляют из смеси молотого диатомита, извести, асбеста и воды путем формования, автоклавной обработки и сушки.

Диатомовые скорлупы изготовляют из смеси диатомита с выгорающими добавками (опилками) путем формовки, сушки и обжига.

Глава 14. ДРЕВЕСНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

55. Общие сведения

Благодаря хорошим строительным свойствам древесина давно нашла широкое применение в строительстве. Она имеет небольшую среднюю плотность (до 800 кг/м³), достаточную прочность, малую теплопроводность, большую долговечность (при правильной эксплуатации и хранении), легко обрабатывается инструментом, химически стойка, легко транспортируется и т. д. Однако наряду с большими достоинствами древесина имеет и существенные недостатки — неоднородность строения; способность поглощать и отдавать влагу, изменять при этом свои размеры,

форму и прочность; быстро разрушается от гниения при неблагоприятных условиях ее эксплуатации и хранения; легко возгорается. По породе деревья подразделяют на хвойные и лиственные (табл. 14.1). Качество древесины во многом зависит от наличия у нее пороков, к которым относят косослой, сучковатость, ненормальную окраску, трещины, свилеватость, повреждение насекомыми, гниль и т. п.

14.1. Характеристика древесных пород

Порода дерева	Средняя плотность ρ_ϕ, кг/м³		Пористость, %	Пределы прочности (МПа) при 15%-ной влажности			
	при 15%-ной влажности	свежесрубленной древесины		при сжатии вдоль волокон R	при изгибе $R_и$	при растяжении вдоль волокон $R_р$	при скалывании $R_{ск}$
Хвойные:							
лиственница	680	840	46...73	52	97,0	129	12,5
сосна	530	860	53...70	44	79,0	115	7,5
ель	460	790	62...75	42	77,5	112	5,0
кедр	440	880	60...80	35	64,5	78	6,0
пихта	390	800	55...81	33	58,5	84	6,5
Лиственные:							
дуб	720	1030	32...61	52	94,0	129	10,5
бук	650	950	40...70	46	94,0	129	13,0
береза	640	880	50...61	45	100,0	120	11,0
липа	600	780	55...65	39	68,0	116	8,0
осина	500	760	62...80	37	77,0	111	8,0

Строительные свойства древесины изменяются в широких пределах, в зависимости от ее возраста, условий роста, породы дерева, времени заготовки, влажности. В свежесрубленном дереве влаги 35. ..60%, причем содержание ее зависит от времени рубки и породы дерева. Наименьшее содержание влаги в дереве зимой, наибольшее — весной. Наибольшая влажность свойственна хвойным породам (50... 60%), наименьшая — твердым лиственным породам (35... 40%). Высыхая от самого влажного состояния до точки насыщения волокон (до влажности 30%), древесина не меняет своих размеров, но при дальнейшем высушивании ее линейные размеры уменьшаются. В среднем усушка вдоль волокон составляет 0,1%, а поперек в радиальном направлении — 3...6%, в тангенциальном — до 12%. В результате объемной усушки образуются щели в местах соединения

деревянных элементов, древесина трескается, коробится. Для деревянных конструкций следует применять древесину той влажности, при которой она будет работать в конструкции. При поглощении влаги из окружающей среды древесина разбухает. Это свойство позволяет использовать древесину в качестве уплотняющего герметика в деформационных швах бетонных гидромелиоративных сооружений.

56. Материалы и изделия из древесины

Круглый лес (рис. 14.1): бревна — длинные отрезки ствола дерева, очищенные от сучьев, диаметром в верхнем отрубе 140 мм и более; кругляк (подтоварник) — бревна длиной 3...9 м с градацией через 0,5 м, очищенные от сучьев, диаметром в верхнем отрубе 30...110 мм; кряжи — короткие отрезки ствола дерева (длиной 1,3...2,6 м) диаметром более 200 мм; бревна для свай гидротехнических сооружений и мостов — отрезки ствола дерева диаметром в верхнем отрубе 220...340 мм с градацией через 20 мм, длиной 6,5 и 8,5 м. Влажность круглого леса, используемого для несущих конструкций, должна быть не более 25%.

Пиломатериалы получают путем распиловки круглого леса. Пластины — это продольно распиленные на две симметричные части бревна; брусья имеют толщину и ширину более 100 мм (четырехобрезные и двухкантные); горбыль представляет отпиленную наружную часть бревна, у которой одна сторона не обработана; доски имеют толщину 13...100 мм при отношении сторон более двух; доски толщиной до 100 мм при отношении сторон два и менее называют брусками.

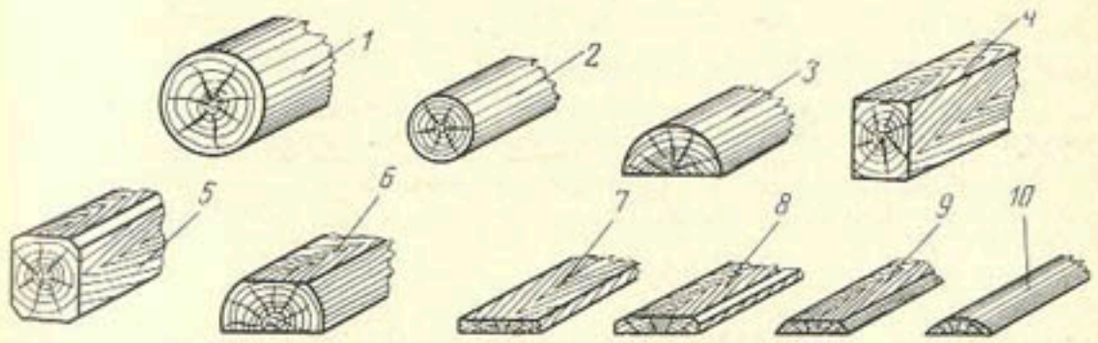


Рис. 14.1. Виды круглого леса и пиломатериала:
1 — бревно; *2* — подтоварник; *3* — пластина; *4* — четырехобрезный брус; *5* — то же, с обзолом; *6* — двухкантный брус; *7* — доска чисто обрезная; *8* — доска полуобрезная; *9* — необрезная доска; *10* — горбыль.

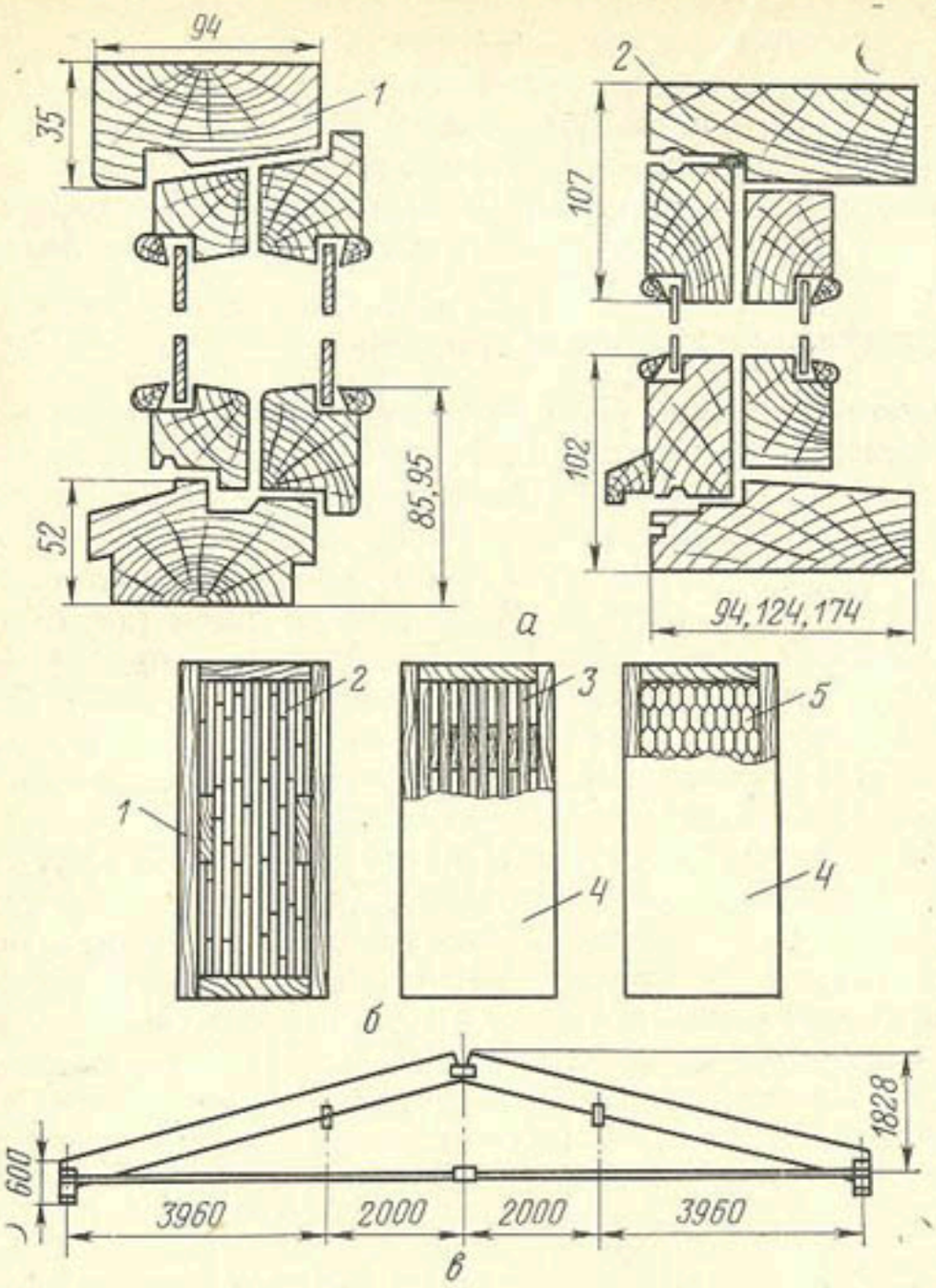


Рис. 14.2. Изделия из древесины:

а — оконные блоки (столярные изделия): *1*, *2* — соответственно жилого и промышленного здания; *б* — возможные заполнения дверных полотен: *1* — брусок под замок и ручку; *2* — сплошное заполнение деревянными брусками (рейками); *3* — мелкопустотное заполнение брусками с разрежением; *4* — твердая древесноволокнистая плита; *5* — сотовое заполнение из фанеры; *в* — металлодеревянная треугольная ферма.

К пиломатериалам относят также шпунтовые брусья из хвойных и лиственных пород сечением 100×200, 120×180, 150×240 и 180×280 мм, длиной 1,5...8,5 м.

Влажность пиломатериалов и изделий из них зависит от их назначения: для паркета и паркетных досок не более

10%, для досок чистого пола не более 12%, для клееных конструкций длинномерных строганых материалов и изделий (наличников, плинтусов, поручней, подоконных досок и т. п.) не более 15%, для несущих конструкций и пролетных строений мостов не более 25%.

Строганые длинномерные изделия — это наличники (оконных и дверных проемов), плинтуса (для полов), раскладки и галтели (для столярных изделий), половая доска или брус, поручни для перил лестниц, подоконные доски и т. д. Изготовляют их из хвойных и лиственных пород на механических станках или вручную.

Фанеру изготовляют из шпона (тонкой стружки) березы, бука, сосны, дуба, липы и других пород путем склеивания его листов между собой. Шпон получают непрерывным снятием стружки по всей длине распаренного в кипятке бревна (длиной 1,5 м) на специальном станке. Фанеру выпускают ограниченной водостойкости, склеенную белковыми клеями (марок ФБА и ФОК), и повышенной водостойкости, склеенную клеями из фенолформальдегидных смол. Толщина фанеры 1,5...12 мм, длина или ширина 1 830, 1 525, 1 220 и 725 мм. Из березового лущеного шпона (толщиной 1,5 мм) изготовляют бакелизированную фанеру в виде листов длиной 5 600 и 7 700 мм, шириной 1 500 мм, толщиной 16 и 18 мм.

Столярные изделия изготовляют на специализированных заводах или в цехах из хвойных и лиственных пород. К ним относят оконные и дверные блоки различной конструкции и формы, оконные переплеты, дверные полотна, перегородки и панели, ворота и другие столярные поделки (рис. 14.2).

При изготовлении столярных изделий необходимо учитывать место их установки и условия эксплуатации. В помещениях с нормальными температурой и влажностью используют бук, березу, ольху, в иных условиях — сосну, лиственницу, кедр, ель и пихту.

Клееные конструкции в виде балок, ярок, рам, стоек, свай, шпунтов, ограждений, инвентарной опалубки и т. п. применяют в покрытиях, перекрытиях и других элементах зданий. Изготовляют их путем склейки водостойкими клеями досок, брусков, фанеры, мелкоразмерных пиломатериалов.

57. Защита материалов, изделий и конструкций из древесины от разрушения и их хранение

С целью предовращения коробления, растрескивания, гниения и возгорания древесины, поражения ее дереворазрушающими насекомыми выполняют целый ряд мероприятий — ее сушку, покрытие и пропитку антисептиками, обработку различными составами. Нормальное высушивание древесины предотвращает ее коробление, растрескивание и загнивание. Древесину сушат на воздухе в естественных условиях (атмосферная), в камерах, петролатуме, токами высокой частоты и в других условиях.

Для защиты древесины от гниения применяют различные антисептирующие составы и разные методы антисептирования— пропитка древесины в водных растворах натрия фтористого, натрия фтористого содового, аммония, кремнефтористого натрия, уралита и др. Антисептические пасты на основе водорастворимого состава из нефтебитума марок БН-III и БН-IV, фтористого натрия, зеленого масла, торфяной муки и других наполнителей применяют для обработки древесины, работающей в условиях периодического увлажнения. Маслянистые антисептики (масло каменноугольное, масло каменноугольное полукоксовое и масло сланцевое) применяют при пропитке древесины под давлением в автоклаве или в высокотемпературных и горяче-холодных ваннах.

Для защиты древесины от дереворазрушающих насекомых применяют маслянистые антисептики, пентахлорфенол в органических растворителях, медный купорос, смесь буры с борной кислотой и т. д.

Для защиты древесины от возгорания используют огнезащитные пропиточные составы и покрытия (сульфат аммония, буру, борную кислоту, диаммоний, фосфат и др.).

Большое значение имеет правильное хранение материалов и изделий из древесины, обеспечивающее защиту их от поражения грибками, грызунами, насекомыми, от изменений температуры и влажности и т. п. Круглый лес хранят на открытых площадках в штабелях, что обеспечивает его нормальную естественную сушку. Группы из восьми—десяти штабелей располагают на протяжении 25...100 м. При длительном хранении круглого леса в целях предотвращения растрескивания бревен торцы их покрывают влагозащитной замазкой. Пиломатериал хранят в штабелях горизонтальными рядами, разделяя их прокладками. Между штабелями

устраивают 2-метровые разрывы. Пиломатериал хранят раздельно по породам, размерам и сортам. Оконные и дверные блоки хранят в вертикальном положении на прокладках в закрытых сухих проветриваемых помещениях раздельно по типам, размерам, сортам. Строганые длинномерные изделия и материалы хранят в закрытых помещениях или под навесом в штабелях или в плотных пакетах с прокладками между ними. Фанеру хранят в закрытых сухих проветриваемых помещениях в штабелях высотой до 1,5 м раздельно по видам, размерам и сортам.

Глава 15. ОТДЕЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

58. Общие сведения

Отделочные материалы используют для создания покрытий поверхностей строительных изделий, конструкций и сооружений в целях защиты их от вредного внешнего воздействия, придания им эстетической выразительности, улучшения гигиенических условий в помещениях. К отделочным материалам относят готовые красочные составы, вспомогательные материалы, связующие, пигменты, рулонные отделочные материалы и др. Красочные составы состоят из пигмента, придающего им цвет; наполнителя, экономящего пигмент, улучшающего механические свойства и увеличивающего долговечность окраски; связующего, соединяющего частицы пигмента и наполнителя между собой и с окрашиваемой поверхностью. После высыхания красочные составы образуют тонкую пленку. Кроме основных компонентов, при необходимости в красочные составы вводят разбавители, загустители и другие добавки.

59. Пигменты

Пигменты — это тонкоизмельченные цветные порошки, нерастворимые в воде и органических растворителях, но способные равномерно смешиваться с ними, передавая красочному составу свой цвет.

Белые пигменты. К ним относят мел, воздушную строительную известь, каолин и т. д.

Мел используют в виде тонкоизмельченного порошка, из которого приготовляют различные водоразбавляемые (водные) красочные составы, грунтовки, шпатлевки и пасты.

Известь воздушную строительную используют в качестве пигмента и связующего материала для приготовления красочных составов, шпатлевок, мастик, паст и т. д.

Каолин (обогащенную белую глину) используют для приготовления водных красочных составов.

Белила цинковые сухие — порошкообразный пигмент из окиси цинка, используемый для приготовления масляных, эмалевых и других красок.

Литопон сухой — смесь сульфида цинка и сульфата бария, используемая для приготовления водоэмульсионных, масляных, эмалевых, лаковых и других красок.

Двуокись титана, получаемую из титаносодержащих руд путем обработки их серной кислотой, используют для приготовления эмалей, красок, густотертых белил.

Белила свинцовые, получаемые путем пропускания через раствор основного ацетата свинца двуокиси углерода, выпускают в виде густотертой пасты. Используют их для приготовления белил, замазок, грунтовок. Они очень токсичны.

Бланфикс — сернокислый барий, получаемый осаждением при обработке раствора хлористого бария раствором сернокислого натрия. Он имеет очень высокую белизну. Выпускают его в виде пасты и используют для приготовления красочных составов.

Черные пигменты. К ним относят сажу газовую канальную, двуокись марганца и чернь.

Сажа газовая канальная (ламповая) образуется при сжигании различных масел, нефти, каменноугольного дегтя и смол при ограниченном доступе воздуха. Используют ее для приготовления неводных красочных составов.

Двуокись марганца встречается в природе в виде минерала пиролюзита. Используют ее для приготовления водных и неводных красочных составов.

Чернь получают при прокаливании без доступа воздуха костей, ореховой скорлупы, виноградных выжимок, древесины, торфа и т. п. Используют ее для приготовления водных красочных составов.

Серые пигменты. К ним относят графит и цинковую пыль.

Графит — природный материал серовато-черного цвета с металлическим жирным блеском. Его используют для приготовления красочных составов и натирки поверх-

ности железных предметов, подвергающихся нагреванию, отчего она получает вид полированной.

Цинковая пыль — механическая смесь окиси цинка с металлическим цинком. Ее используют для приготовления неводных красочных составов.

Красные пигменты. К ним относят сурик железный сухой, мумию природную и искусственную и т. д.

Сурик железный сухой получают из железной руды, содержащей окись железа. Это очень прочный пигмент с высокими антикоррозионными свойствами и светостойкостью. Выпускают его в виде тонкоизмельченного порошка кирпично-красного цвета и используют для приготовления клеевых составов, грунтовок, эмалей и масляных красок.

Мумия природная — тонкоизмельченная глина, окрашенная окислами железа в кирпично-красный цвет различных оттенков. Используют ее для приготовления водных и неводных красочных составов.

Мумия искусственная — тонкоизмельченный порошок керамического изделия ярко-красного цвета, используемый для приготовления водных и неводных красок.

Сурик свинцовый — самый тяжелый пигмент, продукт окисления свинца, при повышенной температуре яркого оранжево-красного цвета, токсичен. Используют его для приготовления масляных красок, применяемых при окрашивании металлических поверхностей.

Крон красный в тонкоизмельченном виде имеет оранжево-желтый цвет, светостоек, обладает высокими антикоррозионными свойствами. Используют его для приготовления масляных красок, применяемых при окрашивании металлических поверхностей.

Марс красный получают осаждением гидрата окиси железа из растворимых солей с последующим прокаливанием. Он характеризуется светостойкостью и высокой укрывистостью. Используют его для приготовления водных и неводных красок, применяемых при окрашивании кирпича, бетона и древесины.

Киноварь искусственную получают при осаждении органических красителей на полевом шпате или мелe. Она характеризуется ярко-красным цветом, свето- и атмосферостойкостью. Используют ее для приготовления водорастворимых и масляных красок.

Пигмент алый — искусственный синтетический пигмент органического происхождения. Он горюч и взры-

воопасен. Используют его для приготовления различных красочных составов, применяемых для внутренних работ.

Лак рубиновый — природный синтетический пигмент органического происхождения темно-красного цвета. Он обладает небольшой атмосферо- и светостойкостью. Используют его в красочных составах, применяемых для внутренних работ.

Желтые пигменты. К ним относят охру сухую, крон свинцовый сухой и сиену природную.

Охру сухую получают из глины, окрашенной гидратированными окислами железа. Это стойкий дешевый пигмент от желтого до светло-коричневого цвета, используемый для приготовления всех видов красок, применяемых при окрашивании деревянных, оштукатуренных, металлических и других поверхностей.

Крон свинцовый сухой получают из смеси хромовокислых и сернокислых солей свинца. Он имеет цвет от лимонно-желтого до оранжевого, обладает высокими антикоррозионными свойствами. Используют его для приготовления клеевых, масляных и эмалевых красок, применяемых для наружных и внутренних работ.

Сиену природную получают из глины, содержащей большое количество окиси железа (до 70%) и кремнезема. При растирании сиены с маслом получается состав такого цвета, который позволяет использовать его при разделке поверхностей под дуб, ясень и другие породы.

Зеленые пигменты. К ним относят зелень свинцовую хромовую сухую, зелень цинковую сухую и т. д.

Зелень свинцовая хромовая сухая представляет смесь свинцового крона лимонного цвета с лазурью малярной и наполнителем. Она обладает хорошими антикоррозионными свойствами, красящей способностью и укрывистостью. Используют ее для приготовления масляных и эмалевых красок, применяемых для наружных и внутренних работ (окраски металлических и деревянных поверхностей с целью их предохранения от атмосферного воздействия).

Зелень цинковая сухая — тонкоизмельченная смесь цинкового крона, лазури малярной и наполнителя. Это свето- и атмосферостойкий пигмент, используемый для приготовления масляных и эмалевых красок, применяемых при окрашивании деревянных, оштукатуренных и металлических поверхностей.

Окись хрома техническую получают путем термического разложения хромового ангидрида или восстановлением хроматных щелоков серы тиосульфатом натрия. Это прочный, свето- и атмосферостойкий, но взрывоопасный и токсичный пигмент. Используют его для приготовления всех видов красок, применяемых для наружных и внутренних работ.

Медянка — пигмент, содержащий в своем составе медь. Он растворяется в нашатырном спирте, обладает высокими антикоррозионными свойствами. Выпускают его в кусках, а также в виде крупы и порошка. Используют его для приготовления масляных красок, применяемых при окрашивании металлических поверхностей.

Синие пигменты. К ним относят ультрамарин синий сухой, лазурь железную сухую и кобальт синий.

Ультрамарин синий сухой — продукт обжига смеси каолина, серы, глауберовой соли, угля и трепела. Используют его для приготовления красочных составов, применяемых для наружных и внутренних работ.

Лазурь железную сухую получают при смешивании растворов желто-кровяной соли и солей железа. Выпускают ее в кусках и в виде порошка. Используют в масляных и эмалевых красках, применяемых для окрашивания металлических и деревянных поверхностей.

Кобальт синий получают при прокаливании глинозема с солями кобальта и хрома. Это дорогой пигмент, используемый в красочных составах, применяемых для высококачественных работ.

Коричневые пигменты. К ним относят умбру коричневую сухую, сиену жженую и марс коричневый.

Умбра коричневая сухая — земляной пигмент, продукт прокаливания умбры природной. После прокаливания она имеет красно-коричневый цвет. Обладает высокой прочностью, долговечностью. Используют ее в красочных составах, применяемых для наружных и внутренних работ.

Сиена жженая — продукт прокаливания сиены природной красно-коричневого цвета. Используют ее для приготовления красочных составов всех видов.

Марс коричневый — продукт прокаливания смеси гидрата окиси алюминия, окисей железа и марганца при 400°С. Используют его для приготовления водных и неводных красочных составов, применяемых для наружных и внутренних работ.

60. Олифы и эмульсии

Олифу натуральную льняную и конопляную получают соответственно из льняного и конопляного сырого масла путем варки его при 200...300°С и обработки воздухом с введением ускорителя высыхания (сиккатива). Используют ее для приготовления красочных составов, грунтовок, шпатлевок и в качестве самостоятельного материала для малярных работ при наружной и внутренней окраске каменных, деревянных и металлических конструкций.

Олифа оксоль представляет заменитель натуральной олифы, изготовленный уплотнением льняного (в отдельных случаях конопляного) масла, предварительно нагретого до 130...150°С, путем продувания воздуха в присутствии сиккатива с последующим добавлением растворителя (уайт-спирита, сольвент-нафты и др.). В зависимости от сырья ее выпускают трех типов: В — из льняного масла, СМ — из смеси льняного или конопляного масла с подсолнечным и ПВ — из подсолнечного, соевого или рыжикового масла. Олифу оксоль типа В используют для разведения густотертых красок при внутренних и наружных малярных работах, за исключением покраски полов. Олифу оксоль типов СМ и ПВ используют только при внутренних работах.

Олифа оксоль-смесь представляет заменитель натуральной олифы, изготовленный уплотнением смеси льняного или конопляного масла (или их смеси) с подсолнечным путем продувания воздухом в присутствии сиккатива с последующим добавлением растворителя (уайт-спирита, сольвент-нафты). Используют ее только для разведения густотертых красок при внутренних работах.

Олифа сульфоксоль — заменитель натуральной олифы, изготовленный из льняного масла продуванием воздуха в присутствии сиккатива с последующей обработкой серой и добавлением растворителя (уайт-спирита, сольвент-нафты). Используют ее для разведения густотертых красок, кроме светлых колеров, а также для внутренних и наружных малярных работ.

Кроме натуральных и полунатуральных олиф, для малярных работ широко используют искусственные олифы, не содержащие масел или содержащие их не более 35%.

Глифталевую олифу используют для разведения густотертых красок при высококачественных внутренних и наружных окрасках.

Сиптоловую олифу, которая имеет резкий запах, используют при внутренних второстепенных окрасках.

Сланцевую олифу «С» используют для приготовления красок, применяемых для наружных и внутренних работ только по металлу и штукатурке. Ее не применяют для полов и предметов бытового потребления.

С целью экономии олиф при приготовлении различных красочных составов в качестве связующих и разбавителей используют эмульсии двух типов: ВМ (вода в масле) и МВ (масло в воде).

Эмульсия ВМ состоит из натуральной олифы, бензола, животного плиточного клея, известкового 50%-ного теста и воды. Используют ее для разведения густотертых красок, приготовления грунтовок и шпатлевок, применяемых для внутренних работ.

Эмульсию МВ приготовляют из смеси 10%-ного раствора животного клея, щелочи (соды, буры, поташа) и натуральной олифы. Применяют ее при окрашивании внутри помещений штукатурки, древесины.

61. Вспомогательные материалы

Грунтовки состоят из небольшого количества пигмента, наполнителя и связующего. Применяют их для увеличения сцепления (прилипания) красочного состава с окрашиваемой поверхностью. При отделочных работах чаще всего используют следующие виды грунтовок: меднокупоросную — смесь медного купороса, хозяйственного мыла, сухого малярного клея, олифы, мела и воды; мыльно-клеевую — смесь хозяйственного мыла, малярного клея, олифы и воды; силикатную — смесь мела и раствора жидкого стекла плотностью 1,12 г/см³; масляную — смесь олифы, пигмента и растворителя (скипидара, сольвента каменноугольного, уайт-спирита); масляно-эмульсионную — смесь олифы, животного плиточного клея, известкового 50%-ного теста, сухого пигмента, растворителя и воды; масляно-лаковую под нитро- и масляные покрытия — смесь растертых на масляном лаке пигментов и наполнителей; столярную — смесь минеральных веществ, связующих и разбавителя для заполнения пор в древесине при подготовке ее под лакировку и полировку. Столярную грунтовку вырабатывают бесцветную, под дуб, под орех и под красное дерево.

Кроме перечисленных грунтовок, широко используют грунтовки 622 (нитроцеллюлозную), ГФ-020 (глифталевую),

фенолформальдегидную, ХФТ (полихлорвиниловую), поливинилацетатную, полистирольную и др.

Шпатлевки применяют для выравнивания поверхностей перед окрашиванием. Приготовляют их обычно из смеси связующего материала, наполнителя и растворителя. Клеевая шпатлевка — однородная смесь животного клея, олифы, скипидара, хозяйственного 40%-ного мыла и мела или смесь казеиновой белой краски, мела, олифы и воды. Масляная шпатлевка — смесь олифы оксоль, животного плиточного клея, хозяйственного мыла, сиккатива или скипидара, мела и воды. Масляно-эмульсионная шпатлевка — смесь натуральной олифы, сиккатива, растворителя, животного клея и мела.

Кроме этих шпатлевок, применяют поливинилацетатную шпатлевку, ХВ-00-18 (перхлорвиниловую для фасадов), ЭП-00-10 (эпоксидную), ПФ-00-2 (пентафталевую), КФ-00-3 (канифольную), ХВ-00-04 (перхлорвиниловую) и др.

Подмазочные пасты применяют для заделки неровностей, мелких выбоин, трещин при подготовке поверхностей под окрашивание. Они обладают хорошим сцеплением с поверхностью и имеют меньшую усадку, чем шпатлевки. К подмазочным пастам относятся клеевая — смесь животного клея, купоросной грунтовки, гипса и мела; гипсомеловая — смесь гипса, мела и водно-клеевого 2%-ного раствора; масляная — смесь олифы, животного плиточного клея, мела и воды; лаковая — смесь шпатлевочного лака, животного плиточного клея, мела и воды.

Растворители используют для растворения красочных составов до рабочей консистенции, а также для мытья посуды, окрасочных машин и кистей. Скипидар применяют для разведения масляных и синтетических красок и лаков при внутренних работах в целях ускорения высыхания красочных составов; уайт-спирит (бензин-растворитель) — для разведения густотертых масляных красок и загустевших лаков в целях создания матовой поверхности; растворители 645 и 646 — для разбавления нитроэмалей, нитролаков, нитрогрунтовок и шпатлевок; растворитель 648 — для сглаживания царапин нитролаковой поверхности путем опрыскивания отшлифованной поверхности из краскопульта; ацетон технический — для растворения красочных составов, а также для мытья кистей, машин и посуды.

Для ускорения высыхания лакокрасочных составов и олиф используют сиккативы, однако они ускоряют разрушение окрасочного покрытия, уменьшают срок его службы.

Смывочные составы используют для удаления старой масляной краски. Они имеют сметанообразную массу, состоящую из молотого мела, известкового теста и 20%-ного раствора каустической соды. Наносят ее шпателем на окрашенную поверхность и оставляют до размягчения старой краски, после чего счищают смывочный состав вместе со старой краской. Смывка СД предназначена для удаления старых масляных и лаковых покрытий с металлических поверхностей. Смывку СП-7 используют для удаления старых лакокрасочных покрытий. Смывка АФТ-1 предназначена для снятия лакокрасочных покрытий.

62. Лакокрасочные составы

Водоразбавляемые краски выпускают клеевые декоративные, казеиновые, силикатные, известковые, минеральные фасадные, цементные.

Летучеполимерные краски выпускают эмульсионные, водоэмульсионные марок ВА-17 и ВА-27, латексные, полимерцементные, стирол-бутадиеновые, акрилатные, глифталевые и др.

Масляные краски — различные белила и цветные красочные составы, приготовленные на натуральных или комбинированных олифах с различными добавками или без них, доведенные до малярной консистенции. В зависимости от состава и назначения их используют для наружного и внутреннего покрытия оштукатуренных, деревянных и металлических поверхностей.

Эмалевые краски выпускают готовыми к употреблению и применяют для наружного и внутреннего покрытия оштукатуренных, деревянных и металлических поверхностей. Они обладают стойкостью к окружающей среде, светостойкостью, создают прочную гладкую ровную глянцевую или матовую поверхность. Выпускают эмали ПФ-14, ПФ-115, ГФ-230, ПФ-223, ПФ-253, ПФ-266, ФЛ-254, ЭП-773 (зеленая и кремовая), ПФ-1123 (зеленая), перхлорвиниловую (различных цветов) и др.

Лаки в зависимости от состава и назначения используют для наружного и внутреннего покрытия деревянных, окрашенных масляными красками, и металлических поверхностей. Выпускают лаки масляно-смоляные, безмасляные синтетические, битумные, масляно-битумные, каменноугольные, спиртовые, нитровые, мебельные и др.

63. Клей

Клей казеиновый в порошке представляет смесь казеина, гашеной извести, минеральных солей (фтористого натрия, соды, медного купороса и др.) и керосина.

Клей костный приготовляют из обезжиренных и отполированных костей животных путем их варки до полного распада и образования жидкой клеящей массы (галерты). Вырабатывают костный клей твердый плиточный, крупнодробленый, мелкодробленый гранулированный, чешуйчатый, галерту (клеевой студень). Используют его для приготовления красочных составов, грунтовок, подмазочных паст, шпатлевок.

Клей мездровый получают путем разваривания с водой мездры (подкожного слоя шкур животных) и прочих видов кожевенных и меховых отходов с последующим сгущением и высушиванием полученного раствора.

Кроме перечисленных клеев, при малярных работах используют клей рыбный пищевой, растительный (крахмал, мука), декстрин кислотный, синтетические клеи.

Для наклеивания обоев, бумаги под них, плиток и других материалов используют различные клейстеры, мочевиноформальдегидный клей МФ-17, «бустилат», мастики и т. д.

64. Отделочные материалы для стен, полов и изделий

Древесно-слоистые пластики — тонкие листы древесного шпона, пропитанные синтетическими смолами и подвергнутые затем горячему прессованию. Древесный шпон используют в виде листов толщиной 0,35...1,5 мм. Древесно-слоистые пластики значительно прочнее натуральной древесины, а некоторые из них прочнее металла. Применяют их при изготовлении сборно-разборных конструкций, элементов разборных мостов, шпал. Они легко поддаются механической обработке: пилению, строганию, фрезерованию, сверлению, точению.

Стеклопластики — это пластиковые листы на основе стеклянного волокна и полимерного вяжущего. Выпускают их различных размеров, форм и цветов.

Древесно-волокнистые плиты изготовляют из отходов лесопильных заводов и деревообрабатывающих предприятий, камыша, соломы и других растительных материалов.

В качестве вяжущего используют канифольную эмульсию с добавлением фенолформальдегидной смолы. Их применяют для тепло- и звукоизоляции стен, потолков, перегородок, для настилки полов. Полы из твердых древесно-волокнистых плит обладают хорошей эластичностью, водостойкостью, малой истираемостью, хорошо моются и заглушают шаги.

Отделочные плиты получают из древесно-волокнистой массы, пропитанной парафиновой эмульсией. Выпускают плиты, покрытые эмалями, облицованные текстурной бумагой или пленкой.

Древесно-стружечные плиты изготовляют из стружки любых древесных пород и полимерного связующего (фенолформальдегидные, мочевиноформальдегидные и другие полимеры). Предварительно пропаренную, проваренную и подсушенную древесину превращают в стружку толщиной 0,1...0,2 мм, шириной 5...8 мм и длиной 10...15 мм. Стружку высушивают при 70...80°С до 10...12%-ной влажности. Затем к ней добавляют 6...12% сухой смолы и тщательно перемешивают их. Полученную массу засыпают в формы и прессуют при 120...180°С и давлении 0,2...7,0 МПа. Выпускают плиты легкие для тепло- и звукоизоляции, полутяжелые для отделки помещений, мебели, полов, тяжелые и сверхтяжелые.

Линкруст — рулонный материал на бумажной основе, покрытой слоем пластической массы, изготовленной на базе растительных масел, жиров и их заменителей, или же слоем синтетических смол или пластифицированной нитроклетчатки с наполнителями (гипс-сырец, асбестовая мука и т. п.). Применяют его для отделки стен внутри помещений общественных и жилых зданий.

Обои изготовляют путем нанесения фона или рисунка на обойную бумагу. Выпускают обои грунтованные, негрунтованные, тисненые, влагостойкие.

Отделочные синтетические декоративные пленки изготовляют на основе поливинилхлорида различного цвета. Их выпускают одноцветными, многоцветными, с декоративным рисунком, с клеевым слоем, защищенным бумагой. Кроме этого, выпускают пленку на бумажной, тканевой или звукопоглощающей основе.

Поливинилхлоридные безосно́вные линолеум и плитки для полов изготовляют из поливинилхлоридной смолы, пластификатора, наполнителя и пигмента. Укладывают их на кумаронокаучуковую мастику, для укладки пли-

ток допускается использование битумно-резиновой мастики.

Поливинилхлоридный линолеум на теплозвукоизолирующей волокнистой основе представляет двухслойный материал: верхний слой — поливинилхлоридная пленка, нижний — антисептированная неткано-волокнистая подкладка. Его укладывают в виде сварных ковров размером «на комнату» непосредственно на железобетонные перекрытия, не приклеивая, но по периметру укрепляют плинтусами.

Ворсовый ковровый материал на губчатой латексной подоснове — двухслойный рулонный материал, в котором верхнее износостойкое покрытие выполнено из полиамидной (капроновой) ткани (высота ворса 3 мм), а подоснова изготовлена из вспененного натурального или синтетического латекса (толщина до 4 мм). Ковер укладывают на подготовленное основание без приклейки отдельными полотнами размером «на комнату». Склеенный ковер закрепляют по периметру плинтусами.

Поливинилхлоридный поручень применяют в ограждениях лестничных маршей и балконов. Изготовляют его из смеси поливинилхлоридной смолы, пластификатора, наполнителя и красителя с гладкой, плотной, легко очищаемой поверхностью, любого цвета. Поручень имеет сечение различной формы и размеров. Внутренние размеры должны соответствовать размерам металлической полосы ограждения лестничного марша, на которую натягивают разогретый до 60...80°С поручень.

Поливинилхлоридный плинтус применяют в местах примыкания стен к полу. Крепят его с помощью специальных клеящих составов или шурупов. Изготовляют плинтус различной конфигурации из смеси поливинилхлоридной смолы, пластификатора, наполнителя и красителя. Он может иметь полости для укладки электрических и слаботочных проводок.

Поливинилхлоридные раскладки применяют для крепления листовых материалов и обработки швов между ними. Раскладки крепят к основанию с помощью специальных шурупов. Изготовляют их из смеси поливинилхлоридной смолы, пластификатора, наполнителя, красителя. Раскладки имеют различные формы, сечения, размеры и цвета.

Глава 16. МЕТАЛЛЫ И МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ

65. Общие сведения

В водохозяйственном строительстве широко применяют различные металлы в виде металлопроката и металлических изделий. Металлопрокат используют при строительстве насосных станций, стальных контрфорсных плотин, водопроводящих сооружений, производственных зданий, изготовлении металлических затворов различного типа.

Металлы, применяемые в строительстве, делят на две группы: черные (железо и сплавы) и цветные. В зависимости от содержания углерода черные металлы подразделяют на чугун и сталь.

Чугун — железоуглеродистый сплав с содержанием углерода от 2 до 6,67%. Его подразделяют на передельный, используемый для передела в сталь, и литейный. В зависимости от характера металлической основы, вида излома он делится на четыре группы: серый, белый, высокопрочный и ковкий.

Серый чугун содержит 2,4...3,8% углерода. В зависимости от содержания углерода в чугуне его подразделяют на ферритовый, ферритно-перлитный, перлитный, сталистый, модифицированный и антифракционный. Серый чугун хорошо поддается обработке, обладает высоким пределом прочности при сжатии и значительно меньшим пределом прочности при растяжении. Он имеет повышенную хрупкость. Его используют для литья изделий, не подвергающихся ударным воздействиям. Ферритовый и ферритно-перлитный чугуны содержат 3,1,...3,6% углерода. Их применяют для литья колонн, фундаментных плит, изделий, работающих на сжатие, арматуры. Перлитный чугун содержит 2,8...3,2% углерода. Его применяют для отлива деталей, работающих на износ в условиях больших давлений (арматурное и турбинное литье), станин мощных станков и механизмов, цилиндров, поршней, блоков двигателей, поршневых колец. Сталистый чугун содержит 2,9...3,3% углерода, при его выплавке в шихту добавляют 20...30% стального лома. Его применяют для отлива деталей компрессоров, турбин, двигателей. Модифицированный чугун содержит 2,8...3,3% углерода. Его применяют для отлива плит крепления водосливных плотин, арматуры. Антифрак-

ционный чугун содержит 3,2...3,6% углерода. Его применяют для изготовления подшипников скольжения и деталей, работающих на трении.

Белый чугун содержит 2,8...3,6% углерода, обладает высокой твердостью, однако он хрупок, не поддается обработке, имеет ограниченное применение.

Высокопрочный чугун получают присадкой в жидкий чугун магния 0,03...0,07%, он содержит тот же химический состав, что и серый чугун. Он имеет наиболее высокие прочностные свойства. Его применяют для отливки корпусов насосов, вентилей, деталей, работающих в условиях трения при высоких давлениях.

Ковкий чугун получают длительным нагревом при высоких температурах отливок из белого чугуна. Он содержит 2,5...3,0% углерода. Его применяют для изготовления тонкостенных деталей (гайки, скобы, крюки, муфты).

В водохозяйственном строительстве используют чугунные плиты — для облицовки поверхностей гидротехнических сооружений, подвергающихся истиранию наносами, чугунные водопроводные задвижки, трубы, фасонные детали и т. д.

Стали получают в результате переработки белого чугуна в мартеновских печах, конвертерах, электропечах. С увеличением в сталях содержания углерода повышаются их твердость и хрупкость, в то же время понижаются пластичность и ударная вязкость. Стали, содержащие 0,02...0,6% углерода, обладают высокой пластичностью и малой хрупкостью (строительные). При содержании в сталях 0,65...1,4% углерода они имеют высокую твердость и значительную хрупкость (инструментальные). Механические и физические свойства сталей значительно улучшаются при добавлении в них легирующих элементов (никеля, хрома, вольфрама, ванадия, молибдена, кобальта и др.).

В зависимости от содержания легирующих компонентов стали делятся на четыре группы: углеродистые (легирующие элементы отсутствуют), низколегированные (до 2,5% легирующих компонентов), среднелегированные (2,5...10%), высоколегированные (более 10%). По применению различают 6 классов сталей: строительные, машиностроительные, конструкционные, машиностроительные специального назначения, инструментальные, с особыми физическими свойствами, с особыми химическими свойствами.

Углеродистые стали в зависимости от содержания углерода подразделяют на низкоуглеродистую (углероды до

0,15%), среднеуглеродистую (0,25...0,6%) и высокоуглеродистую (0,6...2,0%).

По способу выплавки их подразделяют на мартеновские и конверторные, по способу обработки — на горячекатаные и холодноформованные, по способу производства — на обыкновенные, качественные и высококачественные. В зависимости от назначения и гарантируемых характеристик углеродистую сталь подразделяют на три группы: группа А — гарантируются механические свойства; Б — гарантируется химический состав; В — гарантируются механические свойства и отдельные требования по химическому составу.

К цветным металлам и сплавам относят алюминий, медь и их сплавы (с цинком, оловом, свинцом, магнием и другими металлами), цинк, свинец. В строительстве используют легкие сплавы — на основе алюминия или магния и тяжелые сплавы — на основе меди, олова, цинка, свинца.

66. Строительные стальные материалы и изделия

Горячекатаные стали выпускают в виде равнополочного уголка с полками шириной 20...250 мм; неравнополочного уголка с полками шириной 25×16 до 250×160 мм; двутавровой балки с профилем высотой 25...700 мм; двутавровой широкополочной балки с профилем высотой 200...1 047,6 мм; двутавровой облегченной балки с профилем высотой 160...300 мм; швеллера обычного с профилем высотой 50...400 мм; швеллера облегченного с профилем высотой 160...300 мм; толстолистового проката толщиной 4...160 мм; кровельного листа толщиной 0,25...2 мм; рулонов (толщина стали 1,2...10 мм); полос толщиной 4...60 мм, шириной 160...1 050 мм и шириной 12...200 мм; ленты толщиной 1,2...3,8 мм, шириной 20...200 мм; квадратов со стороной размером 5...250 мм; прямоугольников, круглых прутков и болванок диаметром 5...250 мм; труб бесшовных диаметром 25...800 мм; шпунтовых свай; рельсов железнодорожных высотой 140 и 152 мм.

Холодноформованные стали выпускают в виде равнобоких и неравнобоких уголков (16×10...250×160 мм); швеллера; зетового равнобокого профиля высотой 16...160 мм и другой конфигурации; волнистых листов толщиной 1...1,75 мм, шириной 710×1 000 мм; рулонов (толщина стали 0,2...4 мм) шириной 200...230 мм; проволоки диаметром

2,5...10 мм; бесшовных труб диаметром 1...200 мм; профилей для оконных и фонарных переплетов.

Кроме горячекатаных и холодноформованных профилей, в водохозяйственном строительстве используют сварные двутавры с профилем высотой 600...2 000 мм и трубы диаметром 5...152 и 426...6 120 мм.

При строительстве трубопроводов закрытых оросительных систем, водоводов насосных станций, трубопроводов к дождевальным установкам используют трубы бесшовные стальные, электросварные со спиральным и прямым швом, электросварные холоднодеформированные и холоднокатаные. В настоящее время получают распространение тонкостенные спиральношовные трубы со стенкой толщиной 1,2...4 мм. Они состоят из сварного стального цилиндра и соединительной части в виде обечайки или раструба. Внутренняя и наружная поверхности труб защищены антикоррозионным покрытием (лаком-этиноль, цементным раствором и др.).

Для ограждения котлованов гидротехнических сооружений, устройства противофильтрационных стенок и завес применяют металлические шпунты различной конфигурации (плоские, корытные, зетовые) длиной 12...25 м.

При изготовлении сборных железобетонных конструкций и изделий, строительстве монолитных железобетонных сооружений применяют горячекатаную и холоднокатаную сталь, арматурную проволоку, арматурные пряди, сварные сетки и т. п. По виду поверхности арматуру делят на гладкую и периодического профиля, а по условиям применения — на ненапрягаемую и напрягаемую. Для арматуры предварительно-напряженных железобетонных конструкций используют легированные стали, так как они обладают хорошими механическими свойствами при растяжении.

Для изготовления металлических строительных конструкций сооружений используют прокатные стальные профили: равнополочный и неравнополочный уголки, швеллер, двутавр, тавр, зетовый профиль, рельсы и др.

При монтажных и такелажных работах, устройстве вантовых (канатных) конструкций, креплении подвесных ферм и висячих мостов, для оттяжек строительных конструкций (мачт, столбов и др.) применяют стальные канаты.

В качестве крепежных изделий из стали применяют заклепки, болты, гайки, винты, шайбы, гвозди, различные поковки — скобы, крючки, штыри, костыли, кольца и т. д.

При выполнении строительно-монтажных работ применяют различные способы обработки металлов: механическую, термическую, сварку, пайку и резку. К основным способам производства металлических работ относится механическая горячая и холодная обработка металлов. При горячей обработке металлы нагревают до определенных температур, после чего им придают соответствующие формы и размеры в процессе проката, под воздействием ударов молота или давления пресса, волочения (протягивания через отверстие меньшего сечения), штампования.

В основе всех процессов горячей обработки металлов лежит способность металлов и их сплавов пластически деформироваться под действием внешних сил, не разрушаясь.

Холодную обработку металлов подразделяют на слесарную и обработку металлов резанием.

Слесарная обработка состоит из следующих технологических операций: разметки, рубки, резки, опиловки, сверления и развертывания отверстий, нарезки, резьбы, шабровки, притирки.

Обработку металлов резанием осуществляют путем снятия металлической стружки режущим инструментом (точение, строгание, фрезерование, шлифование). Ее производят на металлорежущих станках: токарных, строгальных, фрезерных, шлифовальных и др.

Для улучшения строительных качеств стальных изделий их подвергают термической обработке — закалке, отпуску, отжигу, нормализации и цементации.

Закалка заключается в нагреве стальных изделий до температуры, несколько выше критической, некоторой выдержке их при этой температуре и в последующем быстром охлаждении их в воде, масле, масляной эмульсии, водных растворах солей и т. п. Температура нагрева при закалке зависит от содержания в стали углерода. При закалке увеличиваются прочность и твердость стали при сохранении достаточной вязкости ее, но одновременно в ней возникают внутренние напряжения, повышающие ее хрупкость.

Отпуск заключается в нагреве закаленных изделий до 150...670°С (температура отпуска), выдержке их при этой температуре (в зависимости от марки стали) и последующем медленном или быстром охлаждении в спокойном воздухе, воде или в масле. В процессе отпуска повышается вязкость стали, уменьшаются внутренние напряжения в ней и ее хрупкость, улучшается ее обрабатываемость.

Отжиг заключается в нагреве стальных изделий до определенной температуры (750...960°С), выдержке их при этой температуре и последующем медленном охлаждении в печи, в раскаленном песке или в другой среде. При отжиге стальных изделий понижается твердость стали, улучшается ее обрабатываемость, уменьшаются или снимаются внутренние напряжения.

Нормализация заключается в нагреве стальных изделий до температуры, несколько более высокой, чем температура отжига, выдержке их при этой температуре и последующем охлаждении в спокойном воздухе. После нормализации получается сталь с более высокой твердостью и мелкозернистой структурой, что обусловливает повышение предела прочности при некотором снижении пластичности.

Цементация — это процесс поверхностного науглероживания стали с целью получения у изделий высокой поверхностной твердости, износостойкости и повышенной усталостной прочности; при этом внутренняя часть стали сохраняет значительную вязкость.

Сварка — это процесс, в результате которого получают неразъемные (монолитные) прочные и плотные соединения металлических конструкций. Основное условие этого процесса — нагрев металла. В зависимости от степени нагрева различают сварку пластичную и плавлением. При пластичной сварке металл в местах соединения нагревают до тестообразного пластичного состояния, а затем свариваемые элементы соединяют между собой с помощью удара или давления, в результате чего происходит взаимное проникание их атомов. При сварке плавлением металл в месте соединения нагревают выше температуры его плавления, в результате чего элементы самопроизвольно свариваются между собой (с добавкой при необходимости расплавленного металла) без приложения внешних сил вследствие взаимного проникания атомов металла в зоне сварки. При сварке плавлением широко используют электродуговую, газовую сварки. При сварке под давлением применяют электроконтактную сварку.

Электродуговая сварка происходит под действием электрической дуги, возникающей между электродом и свариваемым металлом. Эту сварку применяют при сваривании металлов толщиной 2...40 мм и более. Ее применяют также в водной среде. При сварке под водой используют электроды с толстой обмазкой, защищенные сверху водонепроницаемым покрытием (парафином). В месте сварки парафин образует покрытие, способствующее сохранению в водной среде газовых пузырьков вокруг дуги.

При газовой сварке кромки свариваемых металлических элементов плавятся выходящим из горелки сварочным пламенем, получаемым при сгорании смеси горючего газа с кислородом. Эту сварку применяют при сваривании металлов толщиной до 10 мм.

Электрическая контактная сварка осуществляется электрическим током, проходящим в месте контакта соединяемых под действием внешнего усилия элементов. Различают контактную, стыковую, точечную и шовную сварки.

В последнее время внедряется плазменная сварка, которую выполняют с помощью плазменной горелки. При сварке этого вида между вольфрамовым электродом и изделием в потоке газа горит дуга, в результате чего образуется плазма с температурой 20 000...30 000°С. Плазменную сварку применяют при сваривании металлов большой толщины.

Пайка — соединение металлических деталей с помощью твердого или мягкого припоя. При пайке твердыми припоями (температура плавления до 900°С) место пайки нагревают газовыми горелками, токами высокой частоты в муфельных печах или электрической дугой, после чего на это место наносят припой. Пайку мягкими припоями (температура плавления до 400°С) производят путем нагревания соединяемых мест и припоя паяльниками или газовыми горелками. По технологическим особенностям припои подразделяются на монолитные, порошкообразные, слоистые и самофлюсующиеся. К твердым припоям относят сплавы на медной, серебряной, алюминиевой, магниевой и никелевой основах, к мягким — сплавы на оловянной, свинцовой, кадмиевой, висмутовой и цинковой основах. При пайке плавится только припой, который хорошо смачивает поверхность соединяемых металлических элементов и взаимодействует с металлом.

Резку применяют для получения заданных форм и размеров металлических конструкций. В зависимости от технологического процесса резку подразделяют на термическую (огневую) и механическую. К термической резке относят газовую, электродуговую, плазменную и др. В строительстве наибольшее распространение имеет газокислородная резка, которая основана на способности ряда металлов гореть в струе кислорода с выделением большого количества тепла. Электродуговую и газокислородную резку исполь-

зуют при подводной резке металла. Резку круглой или профильной стали, труб выполняют механическими ножовочными или абразивными станками.

67. Цветные металлы и сплавы

Алюминий и его сплавы. Алюминий — это легкий технологичный коррозионно-стойкий материал (благодаря окисной пленке), применение которого ограничивается его малой прочностью при растяжении. В чистом виде его используют для изготовления фольги, отливки деталей, в виде порошка для красок и как газообразователь ячеистых бетонов. Для изготовления алюминиевых изделий используют алюминиевые сплавы — алюминиево-марганцевый, алюминиево-магниевый, авиаль, самозакаливающийся свариваемый, дюралюминий и др. Применяемые в строительстве алюминиевые сплавы при незначительной плотности (2,7...2,9 г/см³) имеют прочностные характеристики, близкие к прочностным характеристикам строительных сталей. Их деформативность в 2...3 раза больше деформативности сталей. Изделия из алюминиевых сплавов характеризуются простотой технологии изготовления, хорошим внешним видом, хладо-, огне- и сейсмостойкостью, антимагнитностью, долговечностью. Такое благоприятное сочетание строительно-технических свойств у алюминиевых сплавов позволяет им конкурировать со сталью и другими строительными материалами. Использование алюминиевых сплавов в ограждающих конструкциях позволяет уменьшить вес стен и кровли в 10...80 раз, сократить трудоемкость монтажа и его сроки в 2...3 раза, увеличить оборачиваемость сборно-разборных сооружений в 3...5 раз, сократить затраты на ремонт зданий в 2...3 раза. Для изготовления изделий и конструкций применяют алюминиевые сплавы в виде листов и полос различных профилей. В качестве профильных материалов используют равнобокие прессованные уголки с полками шириной 12...60 мм; неравнобокие уголки с полками шириной от 15×20 до 50×75 мм, длиной 9 м; прессованные тавры равностенные высотой 15...45 мм с полками шириной 25...50 мм и разностенные высотой 20...35 мм с полками шириной 30...40 мм; прессованный двутавр высотой 23...60 мм; швеллер высотой 25...80 мм; швеллер отбортованный высотой 14...35 мм; зетовый профиль высотой 20...50 мм; трубы круглого сечения тянутые диаметром 6...120 мм; прессованные диаметром 25...280 мм;

квадратного сечения со стороной размером 10...90 мм; прямоугольного сечения с большей стороной размером 14...120 мм и меньшей стороной размером 10...60 мм. Для поливных трубопроводов широко применяют алюминиевые трубы круглого сечения диаметром до 250 мм. Из листового и профильного алюминия изготовляют стеновые панели, панели покрытий, оконные переплеты и блоки.

Медь и ее сплавы. Медь — это тяжелый цветной металл (плотность 8,9 г/см³), мягкий и пластичный с высокой тепло- и электропроводностью. В чистом виде медь используют в электрических проводах и в некоторых изделиях. В основном медь применяют в сплавах различных видов. Сплав меди с оловом, алюминием, марганцем или никелем называют бронзой. Бронза — это коррозионно-стойкий металл, обладающий высокими литейными, механическими и декоративными свойствами. Применяют ее для изготовления санитарно-технической арматуры, фурнитуры и т. п. Сплав меди с цинком (до 40%) называют латунью. Она обладает высокими механическими свойствами и коррозионной стойкостью, хорошо поддается горячей и холодной обработке. Ее применяют в виде изделий, листов, проволоки, труб, прутьев и др.

Цинк — это коррозионно-стойкий металл, применяемый в качестве антикоррозионного покрытия при оцинковывании стальных изделий в виде кровельной стали, болтов, закладных деталей и т. д.

Свинец — это тяжелый, легкообрабатываемый, коррозионно-стойкий металл, применяемый для зачеканивания швов раструбных труб и тюбингов, герметизации деформационных швов, устройства особо ответственной гидроизоляции, изготовления специальных труб, обеспечения рентгенозащиты.

68. Коррозия металлов и защита от нее

Воздействие на металлические конструкции и сооружения окружающей среды приводит к их разрушению, которая называется коррозией. Коррозия начинается с поверхности металла и распространяется в глубь него, при этом металл теряет блеск, поверхность его становится неровной, изъеденной.

По характеру коррозионных разрушений различают сплошную, избирательную и межкристаллитную коррозию. Сплошную коррозию подразделяют на равномерную

и неравномерную. При равномерной коррозии разрушение металла протекает с одинаковой скоростью по всей его поверхности. При неравномерной коррозии разрушение металла протекает с неодинаковой скоростью на различных участках его поверхности. Избирательная коррозия охватывает отдельные участки поверхности металла. Ее подразделяют на поверхностную, точечную, сквозную и коррозию пятнами. Межкристаллитная коррозия проявляется внутри металла, при этом разрушаются связи по границам кристаллов, составляющих металл. Часто металл одновременно подвергается коррозии нескольких видов.

По характеру взаимодействия металла с окружающей средой различают химическую и электрохимическую коррозию. Химическая коррозия возникает при действии на металл сухих газов или жидкостей неэлектролитов (бензина, масла, смол и т. п.). Наиболее опасна коррозия, возникающая в процессе действия на металл сухих газов при высоких температурах или кислорода сухого воздуха в смеси с другими газами (сернистым, углекислым). Электрохимическая коррозия сопровождается появлением электрического тока, возникающего при действии на металлы жидких электролитов (водных растворов солей, кислот, щелочей), влажных газов и воздуха (проводников электричества).

Для предохранения металлов от коррозии применяют различные способы их защиты: герметизацию металлов от агрессивной среды, уменьшение загрязненности окружающей среды, обеспечение нормальных температурно-влажностных условий, нанесение долговечных антикоррозионных покрытий, правильный выбор марки металла и т. п. Обычно с целью защиты металлов от коррозии их покрывают лакокрасочными пленкообразующими материалами (грунтовками, красками, эмалями, лаками), защищают металлическими коррозионно-стойкими тонкими покрытиями (цинкование, лужение, алюминиевые покрытия и др.), создают поверхностные окисленные пленки путем оксидирования (воронения) или фосфатирования. В качестве лакокрасочных покрытий применяют глифталевые, пентафталевые, алкидно-стирольные, полиэфирные, фенольно-формальдегидные, хлоркаучуковые, тиоколовые, эпоксидные, перхлорвиниловые, битумные, масляные и другие составы. Кроме этого, металл от коррозии защищают легированием, то есть путем сплавления его с другим металлом (хром, никель и др.) и неметаллом (кремний и др.).

Раздел II. АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Глава 17. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

69. Виды зданий и сооружений, их классификация и требования к ним

Освоение орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных массивов возможно только при комплексном водохозяйственном строительстве, когда наряду со зданиями и сооружениями на оросительных, осушительных и оросительно-осушительных системах строят базы строительной индустрии, промышленно-гражданские и сельскохозяйственные здания и сооружения, объекты водоснабжения, гидроэнергетики и др. При комплексном строительстве на осваиваемой или реконструируемой сельскохозяйственной территории возводят здания и сооружения, разнообразные не только по назначению, но и по архитектурно-инженерной сложности. Возводимые здания и инженерные сооружения должны отвечать функциональным, техническим, архитектурным, экономическим, санитарно-гигиеническим, эксплуатационным и другим требованиям.

Под зданиями понимают надземные строения, которые обычно состоят из отдельных помещений, предназначенных для разного вида человеческой деятельности (жилые дома, промышленные цехи, театры, клубы, детские сады, школы, институты и т. д.). Строения специального назначения — плотины, дамбы, водозаборные узлы, тоннели, дюкеры, акведуки, напорные бассейны, отстойные шлюзы и т. п. — относят к инженерным сооружениям, и так как они служат водохозяйственным целям, их называют гидротехническими сооружениями.

По назначению здания и сооружения подразделяют на водохозяйственные, возводимые на мелиорируемых землях; гидроэнергетические; промышленные, обслуживающие нужды производства; сельскохозяйственные, предназначаемые для сельскохозяйственного производства; гражданские — жилые, общественные и административные.

В зависимости от градостроительных требований и народнохозяйственной значимости зданий и сооружений или комплексов, в состав которых они входят, их делят по капитальности на четыре класса. Здания I класса должны удовлетворять повышенным требованиям, к ним относят крупные гидроэлектростанции, монументальные общественные здания (театры, музеи и др.). Ко II классу относят капитальные насосные станции, промышленные, жилые и общественные здания, удовлетворяющие средним требованиям; к III классу — промышленные здания в районных центрах, жилые и общественные здания средней этажности (пятиэтажные); к IV классу — малоэтажные здания сельских поселков, здания на оросительных и осушительных системах, промышленные, сельскохозяйственные и поселковые здания, к которым предъявляются минимальные требования.

По долговечности здания делят на три степени: I — со сроком службы не менее 100 лет; II — не менее 50 лет; III — на менее 20 лет.

По возгораемости конструкций и строительных материалов, используемых в них, здания подразделяют на три группы: несгораемые, трудносгораемые и сгораемые.

По этажности здания подразделяют на малоэтажные — до трех этажей, многоэтажные — до девяти этажей, повышенной этажности — до 20 этажей и высотные — более 20 этажей.

Здания можно классифицировать также по материалу стен (каменные, деревянные и др.), конструктивным элементам стен (блочные, панельные, объемно-блочные и др.) и другим признакам.

Каждое здание должно удовлетворять требованиям, вытекающим из его функционального назначения (обеспечивать наилучшие условия жизни и трудовой деятельности) и архитектурной выразительности.

Все здания независимо от их назначения состоят из конструктивных элементов, одни из которых выполняют функции ограждающих конструкций, другие — несущих. Ограждающие конструкции служат для защиты помещений от атмосферных воздействий, делят здание на соответствующие помещения и поддерживают в них необходимые температурно-влажностный и акустический режимы. Несущие конструкции воспринимают все воздействующие на здания нагрузки, а также нагрузки от самого здания и возникающие в

нем. В некоторых случаях отдельные элементы зданий могут одновременно выполнять функции несущих и ограждающих конструкций (стены, покрытия).

70. Архитектурно-строительное проектирование

Основа архитектурно-строительного проектирования водохозяйственных, сельскохозяйственных, промышленных и гражданских зданий — их назначение. Производственный процесс определяет архитектурно-планировочное решение здания: его площадь, этажность, высоту, число проемов и их размеры, размещение технологического и подъемно-транспортного оборудования, состав помещений и др. Одновременно производственный процесс предъявляет требования к основным конструктивным элементам зданий по прочностным показателям, категории пожарной опасности, степени огнестойкости, ориентировочному техническому сроку службы и др.

Исходным документом для проектирования здания (сооружения) служит задание на проектирование, составляемое заказчиком проекта с привлечением генерального проектировщика на основе исходных материалов и расчетов, плана развития производства или отрасли, предусмотренной народнохозяйственным планом или соответствующим постановлением правительства, схемы развития и размещения производительных сил по экономическим районам, а также на основании утвержденного акта отвода площадки под строительство. В задании указывают назначение здания (сооружения), проектную мощность (основные данные и показатели), подробные данные о технологическом процессе, особые условия проектирования и другие требования. Задание на проектирование утверждают в соответствующей вышестоящей организации в порядке, установленном Инструкцией о составе, порядке разработки, согласовании и утверждении проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений (СН 202—81). К исходным данным должны быть приложены сведения о районе, участке строительства — географические, топографические, гидрогеологические, геологические данные, о сейсмичности, индустриальной базе производства строительных материалов и конструкций, транспортных путях, электросиловой линии и т. д. Также прилагают данные экономического и демографического характера. После соот-

ветствующих утверждений обосновывающих материалов строительства приступают к проектным работам.

Проектирование зданий и сооружений выполняют в одну или две стадии. Несложные, типичные, небольшие объекты, которые могут быть построены за 1...2 года, проектируют в одну стадию, то есть разрабатывают техно-рабочий проект со сводным сметным расчетом. Сложные и крупные объекты строительства, для которых из-за отсутствия аналогов и типовых проектов должны разрабатываться новые проектные и конструктивные решения, проектируют в две стадии: составляют технический проект, а затем после соответствующих согласований и утверждений — рабочий проект.

В состав рабочего проекта входят следующие разделы: общая пояснительная записка с основными чертежами (ситуационный план, генплан, фасады, планы, характерные разрезы), проект организации строительства, сметная документация, основной комплект рабочей документации. Основной комплект рабочей документации содержит: генплан объекта строительства с нанесением наружных сетей водоснабжения, канализации, теплофикации, газификации, электроснабжения, перечень мероприятий по благоустройству и озеленению территории; основные рабочие чертежи здания (сооружения); архитектурно-строительные решения; проекты технологии, отопления и вентиляции, внутреннего водопровода, канализации и газопровода, электрооборудования, устройств связи и сигнализации и др. Кроме этого, в состав комплекта документации входят ведомости объемов строительных и монтажных работ, ведомости потребности в материалах, спецификации на изделия индустриального изготовления и оборудование, паспорт строительных рабочих чертежей.

Применяемые в строительстве типовые и повторные проекты должны быть скорректированы и привязаны к топографической основе с учетом инженерно-гидрогеологических условий строительной площадки, региона строительства и др. В процессе привязки этих проектов уточняют размеры и глубину заложения фундаментов, коструктивное решение ограждающих и несущих конструкций. При привязке типовых и повторных проектов, составлении рабочего проекта особое внимание следует уделять объемно-планировочному решению зданий, новым строительным материалам и методам строительства.

Проекты на строительство крупных и важных объектов утверждаются Советом Министров СССР по представлению

министерств и ведомств СССР и Советов Министров союзных республик после свободного положительного экспертного заключения Госстроя СССР, Госплана СССР, Государственного комитета СССР по науке и технике, Государственного комитета СССР по ценам.

Проектно-сметная документация должна иметь максимальный состав освещаемых в ней вопросов и приводимых данных по проектным решениям, из которой проектной организацией передают заказчику только основные рабочие чертежи и сметы.

71. Индустриализация, унификация, типизация и стандартизация объемно-планировочных решений

Снижение трудоемкости и стоимости, повышение технического уровня и темпов путем широкого использования индустриальных методов и превращения площадок в монтажные, где собирают здания и сооружения из готовых элементов, зависит от обеспечения строительства водохозяйственных и сельскохозяйственных объектов.

Под **индустриализацией** понимают комплексную механизацию и автоматизацию строительно-монтажных работ, максимальную сборность зданий и сооружений из конструкций и изделий заводского изготовления. При таких условиях возведения здания унификация, типизация и стандартизация строительных конструкций, элементов и изделий тесно связаны со стандартизацией основных объемно-планировочных параметров зданий, к которым относятся шаг, пролет и высота этажа. На планах зданий за шаг принимают расстояние между разбивочными осями (маркируемыми цифрами), расчленяющими здание на планировочные однотипные элементы. Пролетом называют расстояние между разбивочными осями (маркируемыми буквами) несущих стен или отдельных опор. Обычно пролеты больше шага и всегда перпендикулярны шагу. Высота этажа — расстояние от уровня пола этажа до уровня пола выше расположенного этажа (разность отметок чистого пола двух смежных этажей). В одноэтажных промышленных зданиях это расстояние от уровня чистого пола до условной отметки верха чердачного перекрытия или до выступающего нижнего элемента несущей конструкции покрытия.

Унификация — приведение многообразных видов типовых конструкций, элементов и изделий (деталей) к неболь-

шому числу определенных типов, единообразных по форме и размерам, обеспечивающих их взаимозаменяемость.

Типизация — установление конструкций, элементов и изделий, имеющих наиболее рациональные, экономически целесообразные конструктивные решения и размеры, позволяющие многократно использовать их в строительстве. Типовые конструкции и детали, получающие широкое применение в строительстве, стандартизируются и являются обязательными для заводского изготовления и при проектировании.

Стандартизация — установление единых норм по типам, маркам, параметрам, размерам и качеству изделий, технологии производства.

Базой для стандартизации и унификации служит единая модульная система (ЕМС), которая представляет совокупность правил увязки размеров всех параметров здания (шага, пролета, высоты этажа) с размерами элементов, конструкций и изделий заводского изготовления. Основной модуль составляет 100 мм. Его обозначают буквой М. При проектировании используют производные от основного укрупненные модули 6000 (60М), 3000 (30М), 1500 (15М), 1200 (12М), 600 (6М), 300 (3М), 200 (2М) мм и дробные модули 50 (1/2М), 20 (1,5М), 10 (1/10М), 5 (1/20М), 2 (1/50М), 1 (1/100М) мм. Укрупненные модули применяют для назначения размеров основных параметров зданий (сооружений) и соответствующих им строительных элементов (балок, колонн, ригелей, настилов, панелей стеновых и перекрытий и др.). Дробные модули применяют для назначения размеров малых конструктивных элементов (сечений, балок, колонн, перемычек и др.), ширины швов и зазоров между элементами. Применение производных модулей регламентируется СНиП.

При проектировании по модульной системе предусматривают три вида размеров: номинальные, конструктивные и натурные. Номинальные размеры — расстояние между разбивочными осями здания (модульными) и условные размеры конструктивного элемента (изделия), включающие соответствующие части швов и зазоров. Конструктивные размеры — проектные размеры объемно-планировочных и конструктивных элементов и строительных деталей, которые меньше номинальных размеров на нормированную величину шва или зазора между элементами. Натурные размеры — фактические размеры объемно-планировочных и конструктивных элементов, получившиеся при их строитель-

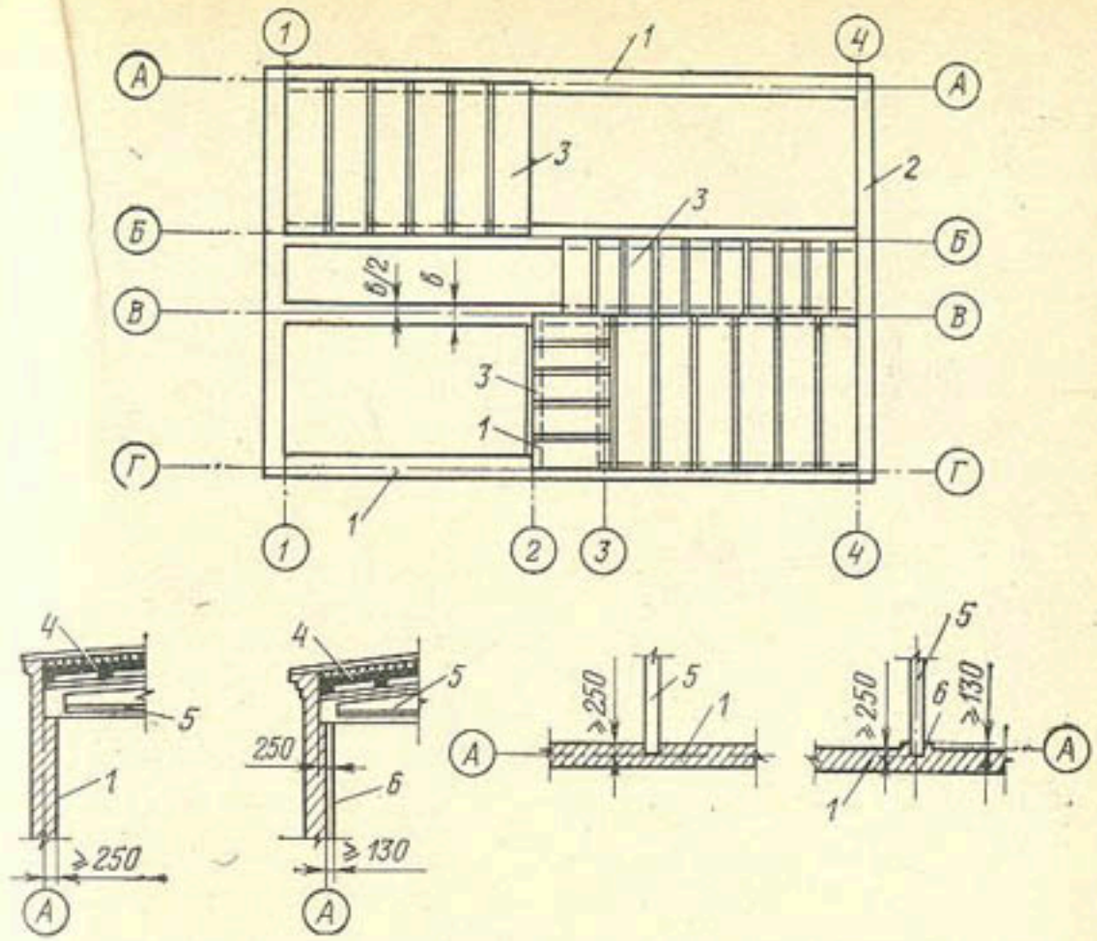


Рис.17.1. Плановые и разрезные схемы привязки несущих и ненесущих стен:

1 и *2* — несущая и ненесущая стены; *3* и *4* — плиты перекрытия и покрытия; *5* — балки покрытия; *6* — пилястра.

стве и изготовлении с учетом нормированных допусков.

Единая модульная система устанавливает правила расположения модульных разбивочных осей здания (сооружения) и привязку к ним его конструктивных элементов. Применение типовых конструкций и изделий при строительстве здания требует строго определенного их расположения и взаимной увязки. Основные правила привязки распространяются на здания с несущими стенами и на здания с неполным и полным каркасом.

В соответствии со СНиП при привязке стен зданий выполняют следующие требования.

При привязке несущих наружных стен к продольным модульным (координационным) разбивочным осям (рис. 17.1):

при опирании на стены плит покрытия *3* внутреннюю поверхность стен относят от продольной модульной разби-

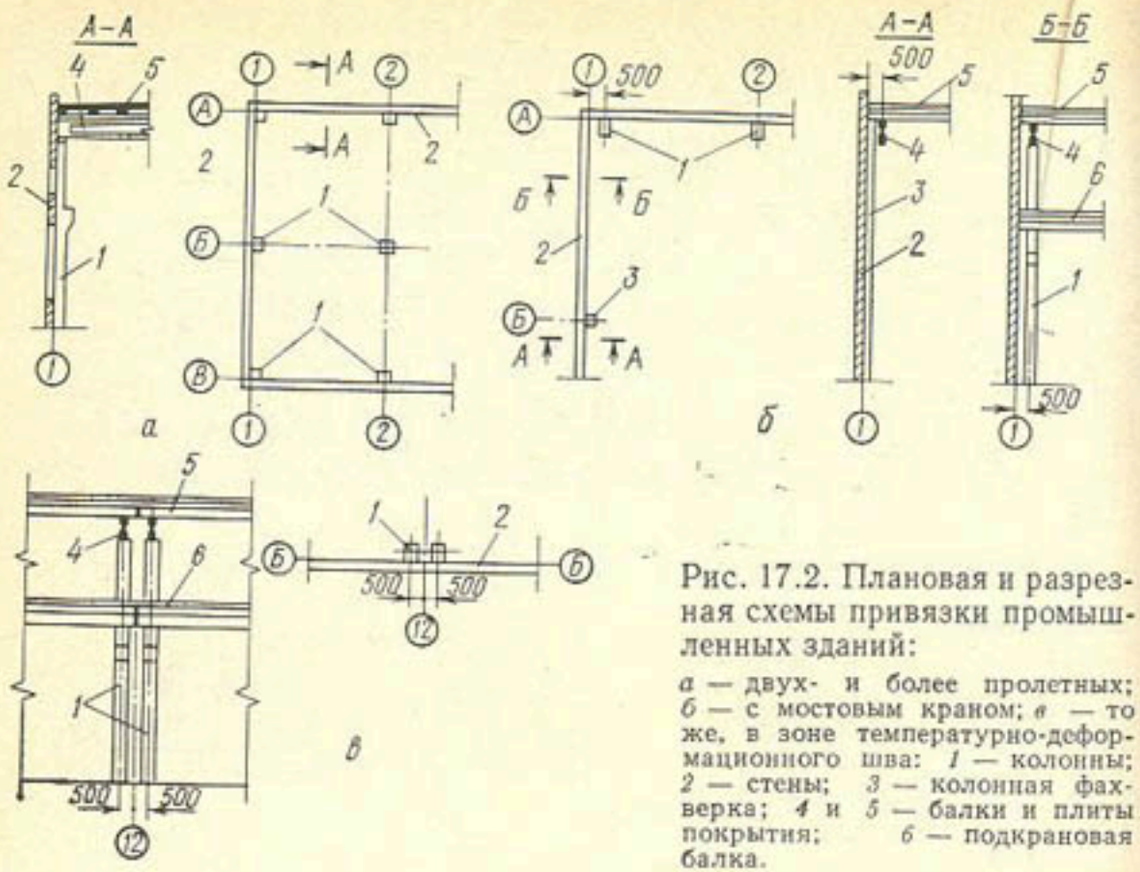


Рис. 17.2. Плановая и разрезная схемы привязки промышленных зданий:

а — двух- и более пролетных; *б* — с мостовым краном; *в* — то же, в зоне температурно-деформационного шва: *1* — колонны; *2* — стены; *3* — колонная фахверка; *4* и *5* — балки и плиты покрытия; *6* — подкрановая балка.

вочной оси внутрь здания на 150 мм для стен из крупных блоков и на 130 мм для кирпичных стен;

при опирании на стены несущих конструкций покрытий (балок, ферм *5*) внутреннюю поверхность стен относят от продольной модульной разбивочной оси внутрь здания на 300 мм для стен из крупных блоков толщиной 400 мм и более и на 250 мм для кирпичных стен толщиной 38 см и более;

при кирпичных стенах с пилястрами *6*, выступающими более чем на 130 мм, внутреннюю поверхность стен совмещают с продольной модульной разбивочной осью.

При привязке несущих торцовых стен к поперечным модульным разбивочным осям, если на стены опираются покрытия или перекрытия, внутреннюю поверхность стен относят от модульной оси внутрь здания на 150 мм для стен из крупных блоков и на 130 мм для кирпичных стен.

При привязке внутренних несущих стен их геометрические оси совмещают с разбивочными модульными осями.

При привязке ненесущих наружных стен их внутреннюю поверхность совмещают с модульными разбивочными осями.

При привязке колонн крайних рядов и наружных стен к продольным модульным разбивочным осям в одноэтаж-

ных промышленных зданиях наружные грани колонн и внутренние поверхности стен при условии отсутствия мостовых кранов совмещают с модульными разбивочными осями (рис. 17.2 *а*). При наличии мостового крана грузоподъемностью до 30 т, шаге колонн 6000 мм и высоте от пола до низа несущих конструкций покрытия менее 16200 мм крайние колонны относят от модульных разбивочных осей на 500 мм (рис. 17.2 *б*).

При привязке колонн средних рядов, за исключением примыкающих к температурным швам и устанавливаемых в местах перепада высот пролетов одного направления, их

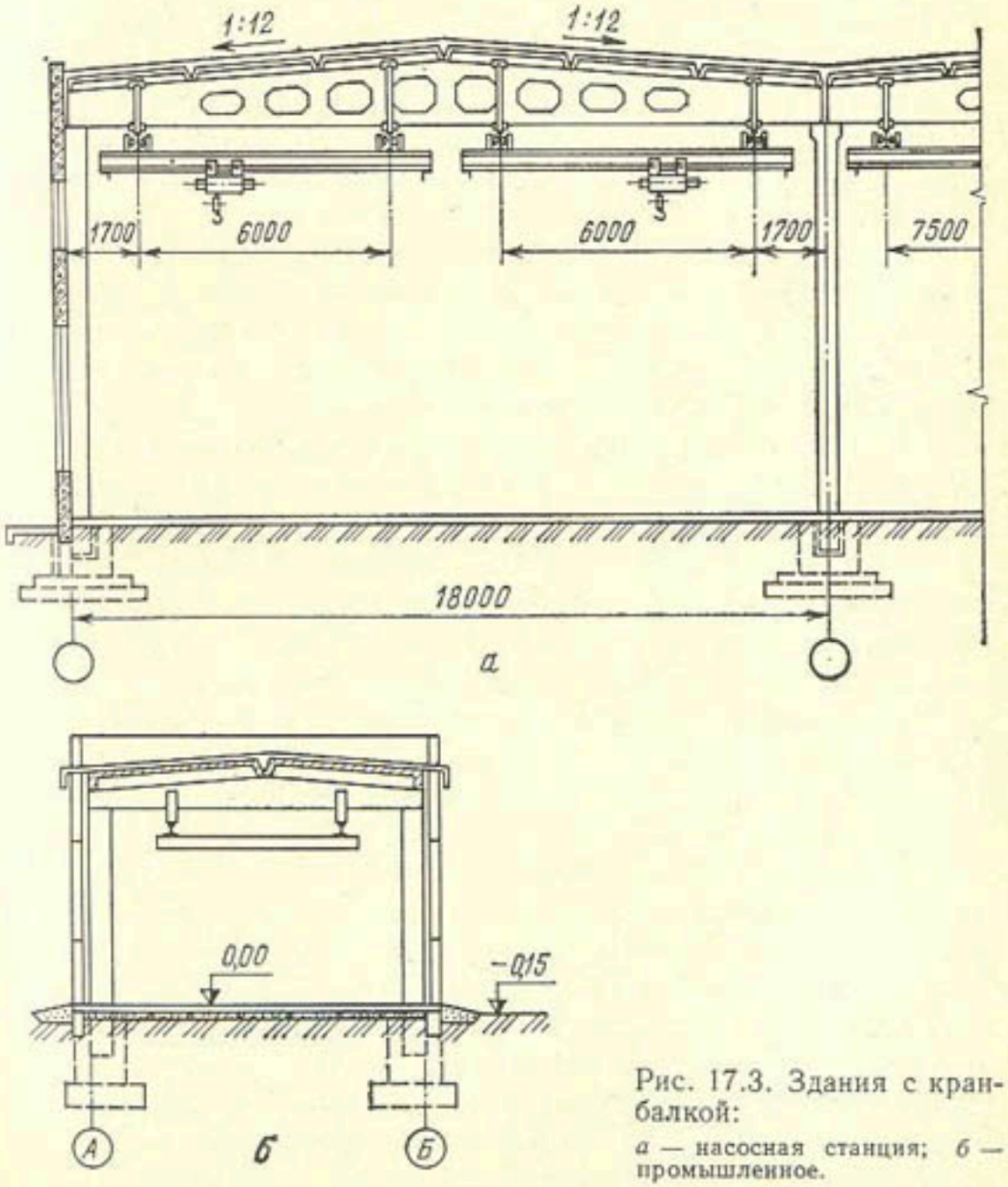


Рис. 17.3. Здания с кранбалкой:

а — насосная станция; *б* — промышленное.

располагают так, чтобы оси их сечений совпадали с продольными и поперечными модульными разбивочными осями.

При привязке колонн к поперечным модульным разбивочным осям геометрические оси их сечений, за исключением колонн в торцах здания, оборудованного мостовыми кранами, совмещают с поперечными модульными разбивочными осями.

Геометрические оси торцовых колонн основного каркаса здания с мостовыми кранами и при наличии фахверка смещают с поперечных модульных разбивочных осей внутрь здания на 50 мм, а внутренние поверхности торцовых стен совмещают с поперечными модульными осями (рис. 17.2*б*).

При привязке парных колонн у поперечного температурного шва их геометрические оси смещают с модульной разбивочной оси на величину, равную размеру привязки торцовых колонн основного каркаса, а ось температурного шва совмещают с поперечной модульной разбивочной осью (рис. 17.2*в*).

Объемно-планировочное решение здания зависит от технологических особенностей и его назначения, обеспечения условий для внедрения передовой технологии и высокой производительности труда, санитарно-гигиенических условий труда, экономической эффективности. На объектах водохозяйственного строительства экономически наиболее целесообразны одноэтажные промышленные здания (рис.17.3 и 17.4).

Здания обычно возводят из каменных штучных материалов (кирпич, камни, блоки), стеновых панелей и крупных блоков. Размеры панелей и блоков сочетают с грузоподъемностью кранового оборудования. Промышленные здания преимущественно каркасные, фасады имеют горизонтальное членение, которое обусловлено применением крупных панелей и устройством ленточных световых проемов или солнцезащитных устройств. Здания и сооружения сельскохозяйственного назначения имеют облегченные конструкции из легких и ячеистых бетонов, пористых заполнителей, асбестоцемента, дерева, эффективных утеплителей.

Для крупноблочных зданий наиболее характерна конструктивная схема с наружными продольными несущими стенами. Для зданий ячейковой структуры применяется схема с поперечными несущими стенами. Фасады таких зданий расчленены (разрезаны) на отдельные блоки. В зданиях насосных станций распространена двух- и трехрядная

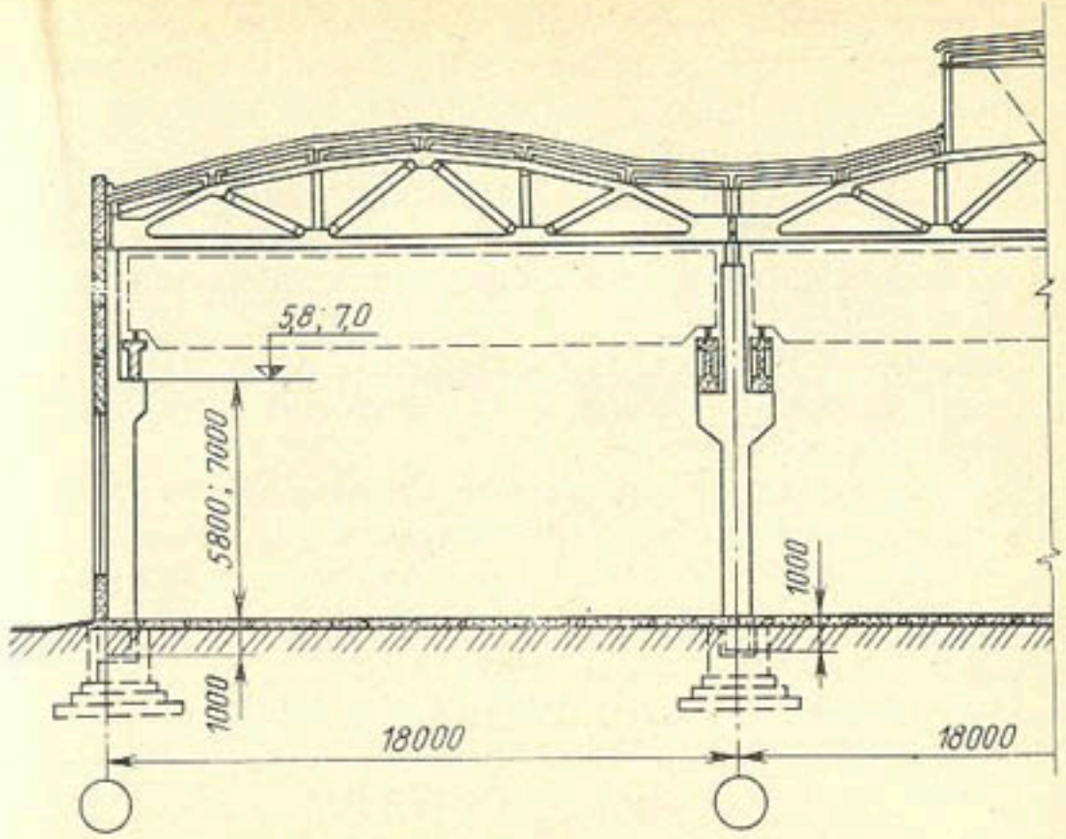


Рис. 17.4. Промышленное здание с мостовым краном.

разрезка, то есть по высоте этажа располагаются соответственно два и три блока.

Панельные здания имеют несущие, самонесущие и навесные стены, поэтому конструктивные схемы таких зданий бывают бескаркасные, каркасные и смешанные.

72. Основные положения строительной физики

Использование законов строительной физики при проектировании зданий и сооружений позволяет создать внутри зданий (помещений) такую среду, которая способствует нормальной трудовой и культурной деятельности человека и его отдыху. Внутренняя среда в зданиях и помещениях устанавливается с учетом их функционального назначения.

Строительная теплотехника. Она позволяет определить конструктивное решение ограждающих элементов зданий (наружных, а иногда и внутренних) с учетом обеспечения теплозащиты здания, защиты его от воздухопроницания и предотвращения образования конденсата на внутренней поверхности ограждений. Основаниемдля выбора конструктивного решения согласно СНиП II-3—82 «Строительная техника» служит их теплотехнический расчет.

Ограждающие конструкции — это стены, перекрытия над холодным подвалом, чердачные перекрытия, покрытия и другие части зданий, которые представляют плоскую конструкцию, ограниченную с двух сторон параллельными поверхностями. Они могут быть однослойными, двухслойными и многослойными, состоящими из разных несущих и теплоизоляционных материалов с различными теплотехническими свойствами.

Основной показатель теплозащитных качеств ограждающей конструкции — степень ее сопротивления прохождению через нее тепла.

При теплотехническом расчете учитывают три процесса: переход тепла от внутреннего воздуха к внутренней поверхности ограждения, прохождение тепла через ограждающую конструкцию, переход тепла от наружной поверхности ограждения к наружному воздуху.

Теплообмен между внутренним воздухом и внутренней поверхностью ограждения выражается формулой

$$Q_в = 0{,}28\alpha_в (t_в - \tau_в) Fz, \qquad (17.1)$$

где $Q_в$ — количество теплоты, кДж; $\alpha_в$ — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·°С); $t_в$ — температура внутреннего воздуха, °С; $\tau_в$ — температура внутренней поверхности ограждения, °С; F — площадь ограждающей конструкции, м²; z — время, ч.

Общее количество теплоты, проходящей через ограждение, определяют по формуле

$$Q_о = 0{,}28k (t_в - t_н) Fz, \qquad (17.2)$$

где k — коэффициент общей теплопередачи ограждения, Вт/(м²·°С); $t_н$ — температура наружного воздуха, °С.

Теплообмен между наружной поверхностью ограждения и наружным воздухом выражается формулой

$$Q_н = 0{,}28\alpha_н (\tau_н - t_н) Fz, \qquad (17.3)$$

где $\alpha_н$ — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения, Вт/(м²·°С); $\tau_н$ — температура наружной поверхности ограждения, °С.

Теплотехнический расчет ограждающих конструкций сводится к определению требуемого сопротивления теплопередаче (м²·°С/Вт) по формуле СНиП II-3—79

$$R_о^{тр} = 0{,}86n (t_в - t_н)/(\Delta t^н \alpha_в), \qquad (17.4)$$

где n — коэффициент, принимаемый в зависимости от геометрического положения наружной поверхности ограждающих конструкций; $t_в$ — расчетная температура внутреннего воздуха, °С; $t_н$ — расчетная

зимняя температура наружного воздуха (°С), назначаемая в соответствии с массивностью ограждающей конструкции; $\Delta t^н$ — нормативный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, °С.

Массивность ограждающей конструкции характеризуется показателем тепловой инерции.

$$D = R_1 S_1 + R_2 S_2 + \ldots + R_n S_n, \qquad (17.5)$$

где R_1, R_2..., R_n — термические сопротивления отдельных слоев ограждающей конструкции, м²·°С/Вт; S_1, S_2, ..., S_n — расчетные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоев ограждающей конструкции, Вт/(м²·°С);

$$S = 0{,}96 \sqrt{\lambda \rho_0 (c_0 + 0{,}01) W}, \qquad (17.6)$$

где λ — расчетная теплопроводность слоя материала, Вт/(м·°С); ρ_0 — средняя плотность материала, кг/м³; c_0 — удельная теплоемкость материала, кДж/(кг·°С); W — расчетная влажность материала, %.

Легкими считают конструкции с показателем тепловой инерции $D \leqslant 1{,}5$; малой массивности — $1{,}5 < D \leqslant 4$; средней массивности — $4 < D \leqslant 7$; массивными — $D > 7$.

Требуемое сопротивление теплопередаче $R_о^{тр}$ сопоставляют с сопротивлением теплопередаче проектируемой ограждающей конструкции (рис. 17.5), определяемым по формуле

$$R_0 = 1/\alpha_в + R_к + 1/\alpha_н, \qquad (17.7)$$

где $R_к$ — термическое сопротивление (м²·°С/Вт) ограждающей конструкции, которое рассчитывают по формулам:
для однородной (однослойной) конструкции

$$R_к = \delta/\lambda; \qquad (17.8)$$

для многослойной конструкции

$$R_к = R_1 + R_2 + \ldots + R_n + R_{в.п}, \qquad (17.9)$$

δ — толщина слоя материала в конструкции, м; $R_{в.п}$ — термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки в конструкции.

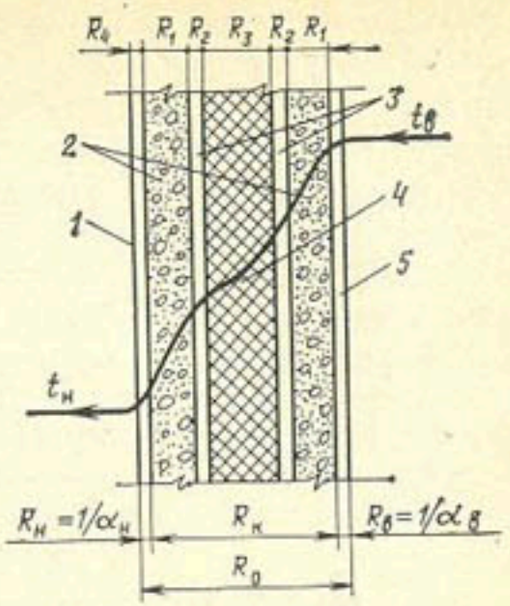


Рис. 17.5. Расчетная схема перемещения теплового потока в трехслойной наружной стене:
1 — наружный фактурный слой стены; *2* — ребристые наружная и внутренняя плиты (панели); *3* — воздушные прослойки; *4* — теплоизоляционная плита; *5* — внутренний защитный слой; *6* — направление теплового потока.

Сопротивление теплопередаче R_0 ограждающих конструкций следует принимать равным экономически целесообразному сопротивлению теплопередаче $R_o^{эк}$, но во всех случаях не менее требуемого сопротивления теплопередаче $R_o^{тр}$, определяемого с учетом санитарно-гигиенических условий.

Экономически целесообразное сопротивление теплопередаче многослойной или однослойной ограждающей конструкции предварительно определяют по формуле

$$R_o^{эк} = 1/\alpha_в + R_к + R_{ут}^{эк} + 1/\alpha_н, \qquad (17.10)$$

где $R_{ут}^{эк}$ — экономически целесообразное термическое сопротивление теплоизоляционного слоя (утеплителя);

$$R_{ут}^{эк} = 0{,}52\sqrt{\frac{n_{ут}(t_в - t_{от.\,пер})\,z_{от.\,пер} m C_т L_т}{\lambda_{ут} C_{ут} E_{н.\,п}}}; \qquad (17.11)$$

$n_{ут}$ — коэффициент, представляющий отношение термического сопротивления утеплителя к сопротивлению теплопередаче, принимаемый равным 0,85; $t_в$ — расчетная температура внутреннего воздуха, °С; $t_{от.\,пер}$ — средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С; $z_{от.\,пер}$ — продолжительность отопительного периода в течение года, ч; m — коэффициент, учитывающий дополнительные потери тепла из-за инфильтрации наружного воздуха, принимаемый равным 1,05; $C_т$ — стоимость тепловой энергии, (р. за 1 кДж), определяемая по действующему прейскуранту; $L_т$ — коэффициент, учитывающий изменение затрат тепловой энергии на перспективу; $\lambda_{ут}$ — расчетная теплопроводность материала теплоизоляционного слоя Вт/(м·°С); $C_{ут}$ — стоимость материала теплоизоляционного слоя, р. за 1 м³; $E_{н.п}$ — норматив для приведения разновременных затрат (год$^{-1}$), принимаемый в размере 0,08.

Толщину теплоизоляционного слоя (утеплителя) ограждающей конструкции предварительно определяют по формуле

$$\delta_{ут} = R_{ут}^{эк}\lambda_{ут}. \qquad (17.12)$$

Экономически целесообразное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции $R_o^{эк}$ (м²·°С/Вт) следует принимать исходя из условия обеспечения наименьших приведенных затрат $П$ (р. за 1 м²), рассчитываемых для вариантов ограждающей конструкции с различным сопротивлением теплопередаче R_0 по формуле

$$П = C_д + 0{,}28\frac{(t_в - t_{от.\,пер})\,z_{от.\,пер} m C_т L_т}{R_0 E_{н.\,п}}, \qquad (17.13)$$

где $C_д$ — единовременные затраты (себестоимость строительно-монтажных работ) (р. за 1 м²), определяемые по действующим для конкретного района нормативам для расчета сметной стоимости строительства.

В районах со среднемесячной температурой июля 21°С и выше амплитуда колебания $A\tau_в$ температуры (°С) внутренней поверхности ограждающих конструкций зданий, в рабочей зоне которых должны соблюдаться оптимальные нормы температуры и относительной влажности воздуха, не должна быть более требуемой амплитуды, определяемой по формуле

$$A_{\tau_в}^{тр} = 2{,}5 - 0{,}1\,(t_н - 21), \qquad (17.14)$$

где $t_н$ — среднемесячная температура наружного воздуха за июль, °С.

Амплитуду колебаний температуры (°С) внутренней поверхности ограждающих конструкций следует вычислять по формуле

$$A_{\tau_в} = A_{t_н}^{расч}/\nu, \qquad (17.15)$$

где $A_{t_н}^{расч}$ — расчетная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха; ν — затухание расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха в ограждающей конструкции:

$$\nu = 0{,}9e^{D/\sqrt{2}}\,\frac{(S_1+\alpha_в)(S_2+Y_1)\ldots(S_n+Y_{n-1})(\alpha_н+Y_n)}{(S_1+Y_1)(S_2+Y_2)\ldots(S_n+Y_n)\,\alpha_н}, \qquad (17.16)$$

$e = 2{,}718$ — основание натуральных логарифмов; $\alpha_в$ и $\alpha_н$ — коэффициенты теплоотдачи соответственно внутренней и наружной поверхности ограждающей конструкции; $Y_1, Y_2, \ldots Y_{n-1}, Y_n$ — коэффициенты теплоусвоения [Вт/(м²·°С)], определяемые по СНиП II-3—79.

Расчетную амплитуду колебаний температуры наружного воздуха (°С) следует определять по формуле

$$A_{t_н}^{расч} = 0{,}5A_{t_н} + \rho\,(I_{max} - I_{ср})/\alpha'_н, \qquad (17.17)$$

где $A_{t_н}$ — максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле, °С; ρ — коэффициент поглощения солнечной радиации наружной поверхностью ограждающей конструкции; I_{max}, $I_{ср}$ — соответственно максимальное и среднее значения суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной); $\alpha'_н$ — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции в летних условиях:

$$\alpha_н = 5 + 10\sqrt{v}, \qquad (17.18)$$

v — минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль с повторяемостью 16% и более.

Затухание расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха в ограждающей конструкции допускается определять по формулам:

при $D \geqslant 1{,}5$

$$\nu = 2^D\,(0{,}83 + 3R_к/D)\,\beta_1\beta_2; \qquad (17.19)$$

при $D < 1{,}5$

$$\nu = R_0\alpha_н, \qquad (17.20)$$

где $\beta_1=0{,}85+0{,}15S_{ут}/S_н$ (при однослойной конструкции $\beta_1=1$); $\beta_2=1+0{,}5\,R_{в.п}D/R_к$ (при отсутствии воздушных прослоек $\beta_2=1$); $S_{ут}$ и $S_н$ — расчетные коэффициенты теплоусвоения соответственно теплоизоляционного и наружного (отделочного или конструктивного) слоев.

Сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций (за исключением заполнений световых проемов — окон, балконных дверей, фонарей) зданий и сооружений $R_и$ (м²·ч·Па/кг) должно быть не менее требуемого сопротивления воздухопроницанию, определяемого по формуле

$$R_и^{тр}=\Delta p/G^н, \qquad (17.21)$$

где Δp — разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций, Па; $G^н$ — нормативная воздухопроницаемость ограждающих конструкций, кг/(м²·ч).

Разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций следует рассчитывать по формуле

$$\Delta p=0{,}55H(\rho_н-\rho_в)+0{,}03\rho_н v^2, \qquad (17.22)$$

где H — высота здания (от поверхности земли до верха карниза), м; $\rho_н$, $\rho_в$ — средние плотности соответственно наружного и внутреннего воздуха, кг/м³;

$$\rho=353/(273+t); \qquad (17.23)$$

t — температура внутреннего воздуха, принимаемая для определения $\rho_в$ согласно СНиП II-3—79, и наружного воздуха, принимаемая для вычисления $\rho_н$ равной средней температуре наиболее холодной пятидневки; v — максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь повторяемостью 16% и более; для типовых проектов скорость ветра v следует принимать равной 5 м/с, а в климатических подрайонах IБ и IГ — 8 м/с.

Нормативную воздухопроницаемость $G^н$ ограждающих конструкций зданий и сооружений следует принимать по СНиП II-3—79.

Сопротивление воздухопроницанию многослойной конструкции следует определять по формуле

$$R_и=R_{и_1}+R_{и_2}+\ldots+R_{и_n}, \qquad (17.24)$$

где $R_{и_1}$, $R_{и_2}$, . . ., $R_{и_n}$ — сопротивления воздухопроницанию отдельных слоев ограждающей конструкции.

Требуемое сопротивление воздухопроницанию окон и фонарей производственных зданий $R_и^{тр}$ следует принимать по СНиП II-3—79.

Сопротивление паропроницанию $R_п$ ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации) должно быть не менее наи-

большего из следующих требуемых сопротивлений паропроницанию:

из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации

$$R_{п_1}^{тр}=(e_в-E)R_{п.и}/(E-e_н); \qquad (17.25)$$

из условия ограничения накопления влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха

$$R_{п_2}^{тр}=2{,}4z_0(e_в-E_0)/(\rho_w\delta_w\Delta W_{ср}+\eta); \qquad (17.26)$$

где $e_в$ и $e_н$ — соответственно упругость водяного пара внутреннего воздуха при расчетной температуре и влажности этого воздуха и средняя упругость водяного пара наружного воздуха за годовой период, определяемые согласно СНиП II-3—79; E — упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации;

$$E=0{,}08(E_1z_1+E_2z_2+E_3z_3); \qquad (17.27)$$

z_1, z_2, z_3 — продолжительности (мес) соответственно зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов, определяемые согласно СНиП II-1—82; E_1, E_2, E_3 — упругости водяного пара, принимаемые при температуре в плоскости возможной конденсации, определяемой при средней температуре наружного воздуха соответственно зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов; $R_{п.и}$ — сопротивление паропроницанию части ограждающей конструкции, расположенной между ее наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации (СНиП II-3—79); z_0 — продолжительность (сут) периода влагонакопления, принимаемая равной периоду с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха (СНиП II-1—82); E_0 — упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации, определяемая по средней температуре наружного воздуха периода с отрицательными среднемесячными температурами; ρ_w — средняя плотность материала увлажняемого слоя; δ_w — толщина увлажняемого слоя ограждающей конструкции (СНиП II-3—79, п. 6.2); $\Delta W_{ср}$ — предельно допустимое приращение влажности (СНиП II-3—79, прил. 3); η — коэффициент, определяемый по СНиП II-3—79, п. 6.2.

Сопротивление паропроницанию $R_п$ чердачного перекрытия или части конструкции вентилируемого покрытия, расположенной между внутренней поверхностью покрытия и воздушной прослойкой, в зданиях со скатами кровли

шириной до 24 м должно быть не менее требуемого сопротивления паропроницанию, определенного по формуле

$$R_{\text{п}}^{\text{тр}} = 1{,}2\,(e_{\text{в}} - e_{\text{и. о}}). \qquad (17.28)$$

Сопротивление паропроницанию однослойной или отдельного слоя многослойной ограждающей конструкции следует рассчитывать по формуле

$$R_{\text{п}} = \delta/\mu, \qquad (17.29)$$

где δ — толщина слоя ограждающей конструкции, м; μ — расчетный коэффициент паропроницаемости слоя ограждающей конструкции.

Не требуется определять сопротивление паропроницанию следующих ограждающих конструкций: однородных (однослойных) наружных стен помещений с сухим или нормальным режимом; двухслойных наружных стен помещений с сухим или нормальным режимом, если внутренний слой стены имеет сопротивление паропроницанию более $57{,}6 \cdot 10^8$ м²·с·Па/кг.

Для защиты от увлажнения теплоизоляционного слоя (утеплителя) в покрытиях зданий с влажным или мокрым режимом следует предусматривать пароизоляцию (ниже теплоизоляционного слоя), которую учитывают при определении сопротивления паропроницанию покрытия.

Естественное освещение зданий. В промышленных зданиях (помещениях) должен соблюдаться надлежащий световой режим, позволяющий нормально выполнять производственный процесс. Помещения по задачам зрительной работы подразделяют на четыре группы:

I — помещения с различением объектов при фиксированном направлении линии зрения работающих на рабочую поверхность (производственные помещения промышленных предприятий, рабочие кабинеты, конструкторские бюро, кабинеты врачей и операционные лечебных учреждений, групповые комнаты детских дошкольных учреждений, классные комнаты, аудитории, лаборатории, читальные залы и т. п.);

II — помещения с различением объектов при нефиксированной линии зрения и обзором окружающего пространства (торговые залы магазинов, залы столовых, выставочные залы, картинные галереи, помещения для длительного пребывания детей, кроме групповых комнат в детских яслях-садах, производственные помещения, в которых ведется только надзор за работой технологического оборудования и т. п.);

III — помещения с обзором окружающего пространства при очень кратковременном, эпизодическом различении объектов (концертные залы, зрительные залы и фойе театров, клубов и кинотеатров, комнаты ожидания, рекреации, актовые залы, вестибюли, гардеробные общественных зданий и т. п.);

IV — помещения с общей ориентировкой в пространстве интерьера (проходы, коридоры, гардеробные производственных зданий, санузлы, закрытые стоянки автомобилей и т. п.).

Прямым источником естественного освещения является солнце, а диффузным (рассеянным) — свет небосвода. Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь естественное освещение. Допускается проектировать производственные помещения без естественного освещения только в том случае, если это разрешают санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.

При определении площади световых проемов в наружных ограждающих конструкциях отапливаемых зданий запрещается предусматривать площадь световых проемов более, чем требуется СНиП II-4—79.

Естественное освещение подразделяют на боковое, верхнее и комбинированное. При одностороннем боковом освещении нормируется минимальный коэффициент естественного освещения (КЕО) в точках, расположенных на расстоянии 1м от стены, наиболее удаленных от световых проемов, на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола). При двухстороннем боковом естественном освещении нормируется минимальный КЕО в точках посередине помещения на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола).

При верхнем или комбинированном естественном освещении нормируется средний КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола). Первую и последнюю точки принимают на расстоянии 1 м от поверхности стен или перегородок.

Допускается деление помещения на зоны с боковым освещением (зоны, примыкающие к наружным стенам с окнами) и зоны с вертикальным освещением; нормирование и расчет естественного освещения в каждой зоне производят независимо.

Нормированные КЕО для зданий принимают в соответствии со СНиП II-4—79.

Предварительно площади световых проемов рассчитывают по формулам:

при боковом освещении помещений

$$100S_0/S_п = e_н K_з \eta_0 K_{зд}/(\tau_0 r_1); \qquad (17.30)$$

при верхнем освещении помещений

$$100S_ф/S_п = e_н K_з \eta_ф/(\tau_0 r_2 K_ф), \qquad (17.31)$$

где S_0 — площадь световых проемов (в свету) при боковом освещении; $S_п$ — площадь пола помещения; $e_н$ — нормированный КЕО; $K_з$ — коэффициент запаса; η_0 — световая характеристика окон; $K_{зд}$ —коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями; τ_0 — общий коэффициент светопропускания;

$$\tau_0 = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5; \qquad (17.32)$$

τ_1 — коэффициент светопропускания материала; τ_2, τ_3, τ_4 и τ_5 —коэффициенты, учитывающие потери света соответственно в переплетах светопроема, в несущих конструкциях, солнцезащитных устройствах и защитной сетке, устанавливаемой под фонарями; r_1 — коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и поверхностного слоя, прилегающего к зданию; $S_ф$ — площадь световых проемов (в свету) при верхнем освещении; $\eta_ф$ — световая характеристика фонаря или светового проема в плоскости покрытия; r_2 — коэффициент, учитывающий повышение КЕО при верхнем освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения; $K_ф$ — коэффициент, учитывающий тип фонаря.

Звукоизоляция ограждающих конструкций. В промышленных зданиях и сооружениях повседневно возникают разнообразные шумы, которые воздействуют на орган слуха человека. Основные источники шума внутри зданий и сооружений различного назначения и на площадках промышленных предприятий — машины, механизмы, средства транспорта и другое оборудование.

Удельный уровень звукового давления производственного шума, длительное воздействие которого не сопровождается повреждением органов слуха, находится в пределах 80. . .90 дБ. При уровне звукового давления до 40 дБ ухо человека мало чувствительно к восприятию звука, при уровне звукового давления от 40 до 80 дБ (разговор, радиопередача и т. п.) ухо человека способно дифференцировать и анализировать качество звука, при уровне звукового давления более 80. . .90 дБ у человека возникает звуковое раздражение, он быстро утомляется, появляется нервозность.

Нормируемыми параметрами постоянного шума в расчетных точках следует считать уровни звукового давления L (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1 000, 2 000, 4 000 и 8 000 Гц.

Нормируемыми параметрами колеблющегося во времени шума в расчетных точках следует считать эквивалентные (по энергии) уровни звука $L_{Аэкв}$ (дБ).

Нормируемыми параметрами прерывистого и импульсного шума в расчетных точках следует считать эквивалентные (по энергии) уровни звукового давления $L_{экв}$ (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1 000, 2 000, 4 000 и 8 000 Гц.

Допустимые уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления) (дБ) в октавных полосах, уровни звука (эквивалентные уровни звука) (дБ) на рабочих местах производственных предприятий следует принимать в соответствии с ГОСТ 12.1.003—83.

Уровни звукового давления L в расчетных точках и требуемое снижение октавных уровней звукового давления $\Delta L_{тр}$ определяют по СНиП II-12—77.

Звукоизоляцию стен и внутренних строительных конструкций (перегородок, перекрытий) рассчитывают по индексу изоляции воздушного шума $J_в$, звукоизоляцию междуэтажных перекрытий — по индексу приведенного уровня ударного шума $J_у$ под перекрытием.

Воздушный звук — это звуковые колебания, распространяющиеся в воздухе.

Ударный звук — это звуковые колебания, возникающие при механическом воздействии на пол или перекрытие.

Воздушный звук передается в ограждающих конструкциях непосредственно через поры и неплотности в сопряжениях различных конструкций, а также в результате колебаний, возникающих в перегородках, стенах и других элементах здания под воздействием звуковых волн.

Индекс изоляции воздушного шума (дБ) ограждающей конструкцией с известной (рассчитанной или измеренной) частотной характеристикой изоляции воздушного шума следует определять по формуле

$$J_в = 50 + \Delta_в, \qquad (17.33)$$

где $\Delta_в$ — поправка, определяемая путем сравнения частотной характеристики изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией с нормативной частотной характеристикой изоляции воздушного шума по методике, изложенной в СНиП II-12—77.

Индекс приведенного уровня ударного шума (дБ) под перекрытием с известной (рассчитанной или измеренной) частотной характеристикой приведенного уровня ударного шума следует определять по формуле

$$J_y = 70 - \Delta_y, \qquad (17.34)$$

где Δ_y — поправка, определяемая путем сравнения частотной характеристики приведенного уровня ударного шума под перекрытием с нормативной частотной характеристикой приведенного уровня ударного шума (СНиП II-12—77).

Нормативные индексы изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями $J_в$ (дБ) и приведенного уровня ударного шума J_y (дБ) под перекрытием жилых и общественных зданий, а также вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий следует принимать по СНиП II-12—77.

Требуемую изоляцию от воздушного шума (дБ) ограждающей конструкции в октавной полосе частот следует определять по формулам:

при проникании шума из одного помещения в другое

$$R_{тр\,i} = L_ш - 10\lg B_н + 10\lg S_i - L_{доп} + 10\lg n; \qquad (17.35)$$

при проникании шума из помещений на прилегающую территорию (в атмосферу)

$$R_{тр\,i} = L_ш + 10\lg S_i - 15\lg r_i - L_{доп.\,т} + 10\lg n - 11; \qquad (17.36)$$

при проникании шума с прилегающей территории в помещение

$$R_{тр\,i} = L_{нар} + 10\lg S_i - 10\lg B_в + 6 - L_{доп} + 10\lg n, \qquad (17.37)$$

где $L_ш$ — октавный уровень звукового давления (дБ) в не защищаемом от шума помещении (СНиП II-12—77); $B_н$ — постоянная защищаемого от шума помещения (м²), определяемая в соответствии со СНиП II-12—77; S_i — площадь ограждающей конструкции (или отдельного ее элемента), через которую шум проникает в защищаемое от шума помещение, м²; $L_{доп}$ — допустимый октавный уровень звукового давления (дБ) в защищаемом от шума помещении (СНиП II-12—77); n — общее число ограждающих конструкций или их элементов, через которые проникает шум; r_i — расстояние от ограждающей конструкции или ее элемента до расчетной точки, м; $L_{доп.\,т}$ — допустимый октавный уровень звукового давления (дБ) на прилегающей территории (СНиП II-12—77); $L_{нар}$ — суммарный октавный уровень звукового давления (дБ) от всех источников шума на расстоянии 2 м от рассматриваемой ограждающей конструкции (СНиП II-12—77).

Индекс приведенного уровня ударного шума J_y (дБ) под междуэтажным перекрытием с полом на звукоизоляционном слое следует определять по СНиП II-12—77, в зависимости от индекса приведенного уровня ударного шума плиты перекрытия J_{y_0} (дБ) и частоты колебаний (Гц) пола, лежащего на звукоизоляционном слое,

$$f_0 = 1{,}6\sqrt{E_д/(h_з m_г)}, \qquad (17.38)$$

где $E_д$ — динамический модуль упругости звукоизоляционного слоя, Па; $h_з$ — толщина звукоизоляционного слоя в обжатом состоянии, м;

$$h_з = h_0(1 - E_д); \qquad (17.39)$$

h_0 — толщина звукоизоляционного слоя в необжатом состоянии, м; $m_г$ — поверхностная плотность пола (без звукоизоляционного слоя), кг/м².

Индекс изоляции воздушного шума $J_в$ междуэтажным перекрытием и индекс приведенного уровня ударного шума J_y под перекрытием без звукоизоляционного слоя с полом из рулонных материалов следует определять по СНиП II-12—77.

Защиту от шумов следует осуществлять с помощью архитектурно-планировочных, конструктивных, технологических и эксплуатационных мероприятий. Из архитектурно-планировочных мероприятий наиболее рациональны: деление территории на шумные и тихие зоны, расположение зданий с учетом направления господствующих ветров в разные сезоны года, устройство шумозащитных зон и полос зеленых насаждений из деревьев и кустарников.

Уровень звуковой мощности шума, возникающего от технологического оборудования или технологического процесса, проходящего внутри помещения, снижают согласно указаниям СНиП II-12—77.

При устройстве звукоизоляции особое внимание следует уделять конструкции сопряжений между перекрытием и стеной или перегородкой, а также сопряжения дверей со стеной и полом.

Глава 18. АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗДАНИЙ И ИХ КОНСТРУКЦИИ

73. Общие сведения

Промышленные, сельскохозяйственные и гражданские здания состоят из взаимосвязанных архитектурно-конструктивных элементов: фундаментов, отдельных опор каркасов,

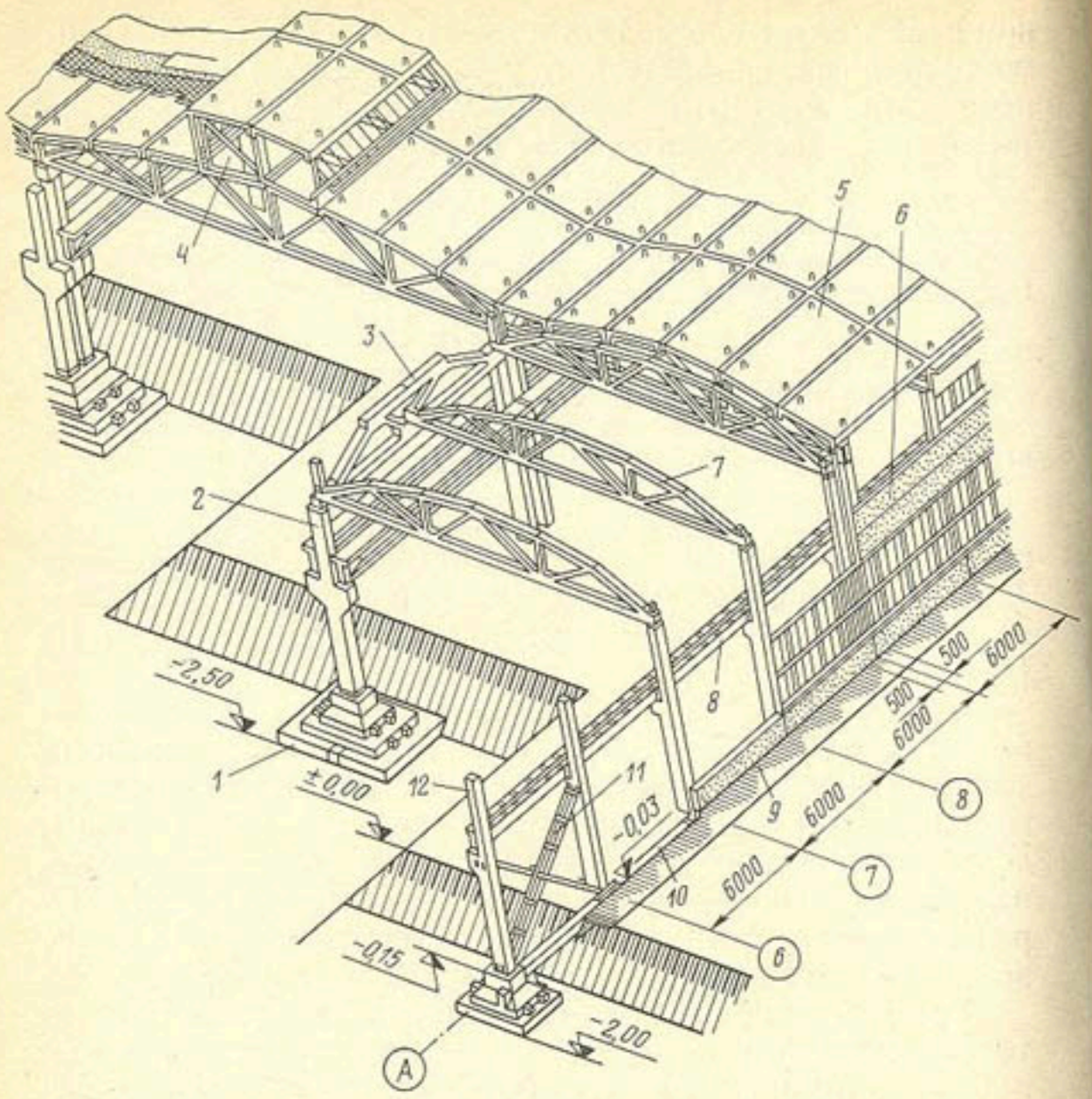


Рис. 18.1. Конструктивные элементы промышленного здания:

1 — столбчатый фундамент; *2* — средняя колонна; *3* — подстропильная ферма; *4* — фонарь; *5* — плита покрытия; *6* — стена панельная; *7* — ферма покрытия; *8* — подкрановая балка; *9* — отмостка; *10* — фундаментная балка; *11* — вертикальные связи; *12* — крайняя колонна.

стен, перекрытий, крыш или покрытий, полов, перегородок, лестниц, окон, фонарей, дверей, ворот (рис. 18.1 и 18.2).

Фундаменты — подземная опорная часть здания или сооружения, через которую нагрузка от надземной части здания или сооружения передается на грунт — основание.

Отдельные опоры каркаса — несущие вертикальные элементы (колонны, столбы, стойки) здания, воспринимающие сосредоточенные нагрузки от перекрытий и других элемен-

тов здания и оборудования и передающие их на фундаменты.

Стены — вертикальные наружные и внутренние ограждения здания. Наружные стены ограждают здание (помещения) от внешней среды и защищают его (их) от атмосферных воздействий, внутренние стены делят здание на отдельные объемы и помещения.

Перекрытия — горизонтальные элементы здания, ограничивающие здание по высоте и делящие его на отдельные этажи (междуэтажные). Они совмещают ограждающие и несущие функции, служат горизонтальными связями остова здания как диафрагмы жесткости.

Крыши служат для защиты здания от атмосферных осадков и удаления их за его пределы, а также для защиты здания от солнечной радиации, температурных воздействий и пр.

Покрытия — горизонтальные конструкции, в которых совмещаются такие два основных элемента здания, как перекрытие верхнего (последнего) этажа и крыша. В покрытиях отсутствует чердак, и они являются завершающим элементом здания по высоте.

Полы — многослойные горизонтальные конструкции, устраиваемые непосредственно по грунту или по перекрытиям.

Перегородки — вертикальные внутренние ненесущие ограждающие конструкции, которые делят внутреннее пространство здания в пределах одного этажа на отдельные помещения.

Лестницы — конструктивный элемент, связывающий этажи и служащий для сообщения между этажами.

Окна — вертикальные элементы, служащие для освещения помещения и естественной аэрации его.

Фонари — остекленные надстройки на покрытиях (крышах), обеспечивающие верхнее освещение и проветривание помещения.

Двери — вертикальные конструкции, служащие для сообщения помещений здания с внешним пространством, а также внутренних помещений между собой.

Ворота — предназначены для доставки в здание громоздкого технологического оборудования и въезда крупногабаритного транспорта (автомобилей, автопогрузчиков и т. п.).

Несущий остов здания, который воспринимает нагрузки всех видов (постоянные и временные), действующие на

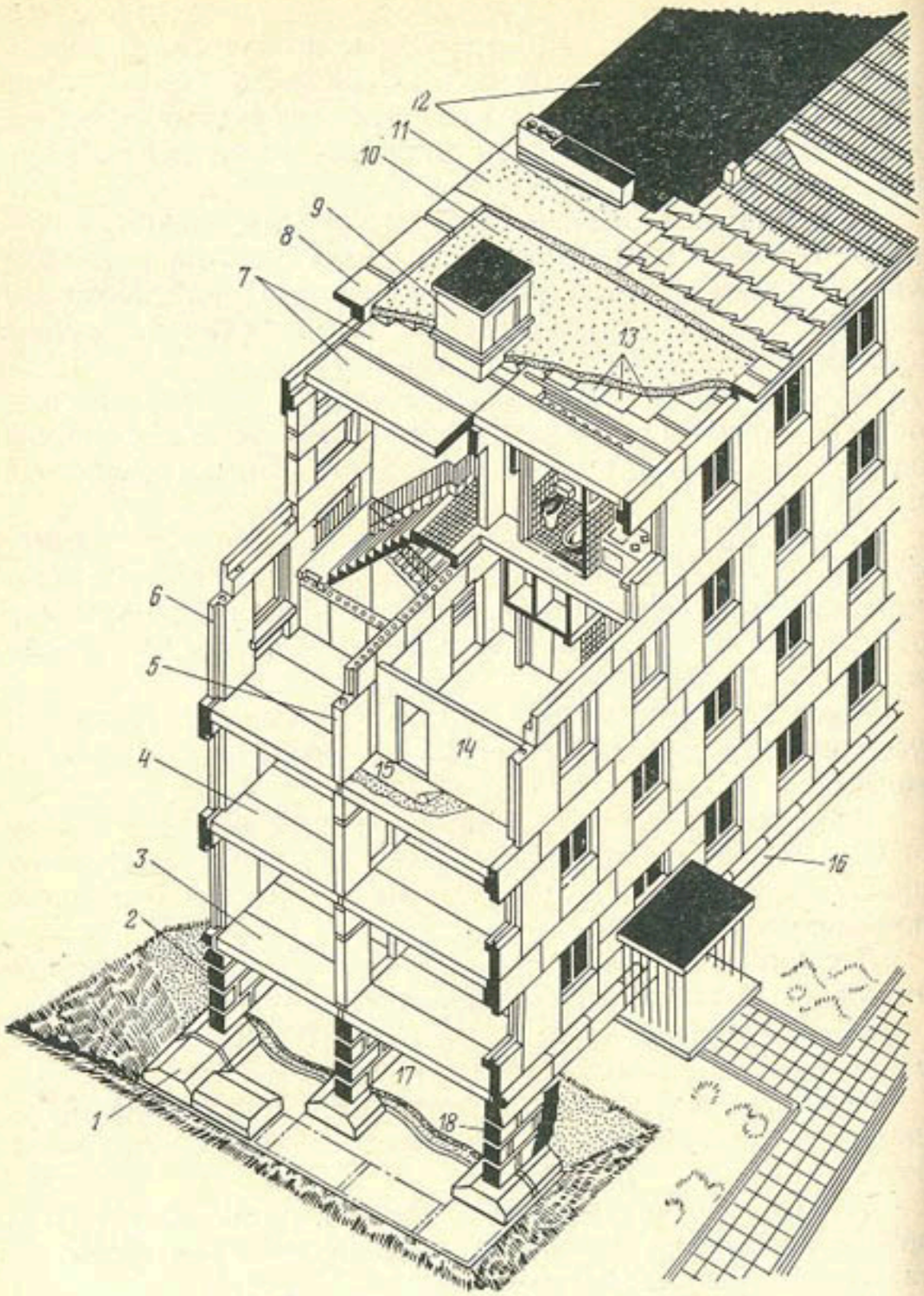


Рис. 18.2. Конструктивные элементы жилого здания:

1 — ленточный фундамент; *2* — гидроизоляция; *3* — подвальное перекрытие; *4* — междуэтажное перекрытие; *5* — внутренняя блочная стена; *6* — наружная стена из крупных блоков; *7* — настил покрытия; *8* — сборный карниз; *9* — выход на крышу; *10* — утеплитель; *11* — цементная стяжка; *12* — рулонно-мастичная кровля; *13* — пароизоляция; *14* — перегородка; *15* — пол из линолеума; *16* — цоколь; *17* — пол по грунту; *18* — стена подвала.

здание и его элементы, состоит из основных несущих элементов — фундаментов, стен, отдельных опор, балок, прогонов, ригелей и перекрытий. При совместной работе они обеспечивают пространственную жесткость и устойчивость здания. В зависимости от конструктивной схемы здания, его назначения, стенового материала, технологического процесса в здании и т. п. несущий остов может быть из стен или отдельных опор, связанных между собой ригелями, балками или прогонами. Обычно промышленные здания имеют несущий остов в виде каркаса, выполняемого из сборного железобетона, где основными элементами являются столбчатые фундаменты, фундаментные балки, колонны, подкрановые балки (если требуются), обвязочные балки, подстропильные балки (фермы), фермы (балки покрытия), фахверки и связи между колоннами и фермами. Колонны совместно с балками покрытия или фермами образуют поперечные рамы каркаса, а фундаментные балки, подкрановые и обвязочные (подстропильные) балки, вертикальные и горизонтальные связи, плиты покрытий связывают поперечные рамы каркаса между собой, образуя в целом жесткий и устойчивый каркас здания. В зданиях большой протяженности (более 100 м) через каждые 72 м по длине в каркасах устраивают температурные швы, которые расчленяют здание на отдельные блоки, обладающие самостоятельной пространственной жесткостью.

74. Факторы, влияющие на конструкцию элементов зданий

Учитывая, что строительство гидромелиоративных, сельскохозяйственных и других зданий ведется в самых разнообразных сложных геологических, гидрологических и климатических условиях, а в процессе эксплуатации они подвергаются различным воздействиям (водному, химическому, биологическому и др.), к ним предъявляют соответствующие дифференцированные требования.

Основные требования, предъявляемые к зданиям: прочность и устойчивость, обеспечиваемые путем применения различных расчетных коэффициентов; долговечность, обеспечиваемая путем применения соответствующих строительных материалов и изделий и их защиты от коррозийного воздействия окружающей среды; степень надежности против разрушающего воздействия гидрологических, геофизических и климатических факторов.

Рассматривая конструктивные элементы зданий, следует принимать во внимание, что они подвергаются различным воздействиям в весьма неблагоприятных сочетаниях, возникновение которых возможно в строительный и эксплуатационный периоды. Неблагоприятные и обычные сочетания нагрузок и воздействий на элементы здания образуются из постоянных и временных нагрузок и воздействий. К постоянным нагрузкам относят: собственный вес элемента или конструкции (изделия), нагрузки от вышележащих постоянных конструкций, вес и давление грунтов (насыпей, засыпок), воздействие предварительного напряжения конструкций. К временным нагрузкам относят: длительные — вес временных перегородок, вес стационарного оборудования, вес жидкостей и твердых тел, заполняющих оборудование в процессе его эксплуатации, нагрузки на перекрытия в складских и подсобных помещениях (зданиях), вес снегового покрова и др.; кратковременные — вес людей, ремонтных материалов, ремонтного оборудования, нагрузки от подвижного подъемно-транспортного оборудования, ветровые нагрузки, температурное воздействие и др. В зависимости от сочетания нагрузок и воздействий, а также от характера производства работ принимают соответственное конструктивное решение элементов здания.

75. Основания и фундаменты

Основание. Это — массив грунта, залегающий под подошвой фундамента, воспринимающий вес здания или сооружения со всеми действующими на них нагрузками. Грунты оснований должны обладать достаточной несущей способностью, противостоять разрушающему воздействию грунтовых вод, не изменять своего объема при промерзании и обеспечивать устойчивость здания. Основания подразделяют на естественные, когда грунт под фундаментом оставляют в естественном состоянии, и искусственные, когда вследствие недостаточной прочности грунта принимают меры, повышающие его несущую способность.

С целью определения физико-механических свойств грунтов, вида грунтовых вод и уровня их стояния на строительной площадке в период составления обосновывающих материалов на строительство выполняют изыскательские работы. Глубина изысканий под подошвой фундамента

должна быть не меньше ширины подошвы и не менее 2 м.

При устройстве искусственных оснований применяют: поверхностное уплотнение грунта с помощью вибраторов (до глубины 0,5 м) и механических трамбовок (до 2,5 м), втрамбовывание щебня в грунт на глубину 10. . .15 см, замену слабого грунта на новый грунт с более высокими прочностными показателями, глубинное уплотнение грунта (до 15 м) путем забивки свай или устройства грунтовых набивных свай, цементацию грунта путем введения в него жидкого цементного раствора под давлением, силикатизацию грунта путем нагнетания в него силикатных растворов (жидкого стекла, хлористого кальция), термическую обработку грунта путем сжигания горючих продуктов в скважинах или нагнетания через скважины в грунт разогретого до 700. . .800°С воздуха, электроосмотическое, электрохимическое закрепление грунта путем пропуска через его массив электрического тока низкого напряжения. При электрохимическом закреплении глинистый грунт обезвоживается, мелкие частицы глины переносятся током и уплотняются, а в результате электролиза и возникновения вторичных химических реакций повышается прочность грунта.

Фундаменты. Их классифицируют по конструктивной схеме: ленточные, столбчатые, сплошные; материалу: деревянные (применяют редко), из естественных камней (бута, камней правильной формы), бутобетонные, бетонные, железобетонные; характеру работы: жесткие и гибкие; глубине заложения: мелкого заложения (до 6 м), глубокого заложения (более 6 м); способу возведения: из сборных железобетонных элементов, штучных каменных материалов, монолитного бетона или железобетона, погружаемых конструкций (свай, колодцев, кессонов и др.); форме поперечного сечения: прямоугольные, прямоугольные с подушкой, трапецеидальные, ступенчатые, стаканного типа.

Глубина заложения фундамента зависит от его назначения, конструктивных особенностей зданий, величины и характера нагрузок и воздействий на основание, глубины заложения фундаментов оборудования, существующего и проектируемого рельефа застраиваемой территории, геологических и гидрогеологических условий, размыва грунта возле фундамента здания или опор сооружений (в руслах рек, в водоемах), глубины сезонного промерзания и оттаивания грунтов. Она должна быть достаточной для обеспечения надежной работы основания из условия его расчета

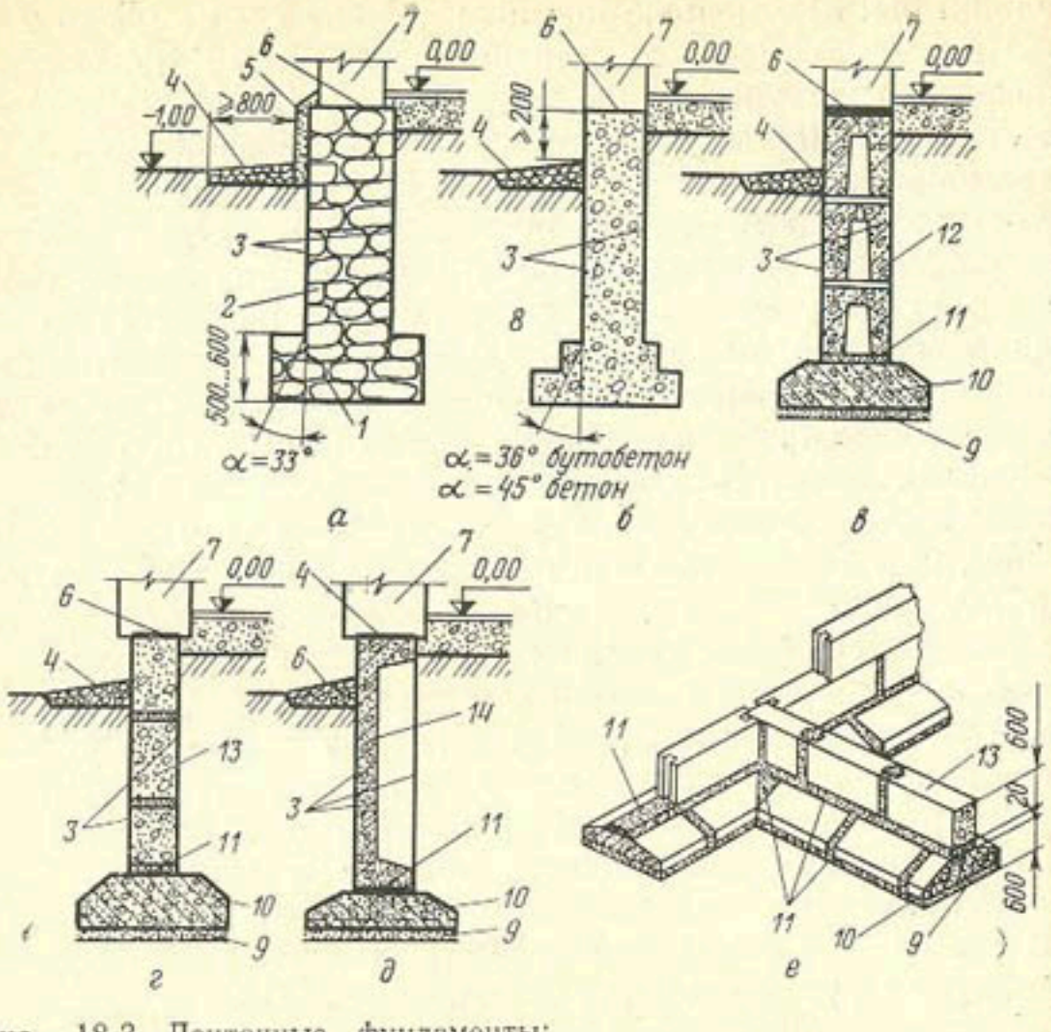


Рис. 18.3. Ленточные фундаменты:

а — бутовый; *б* — бутобетонный или бетонный монолитный; *в* — из пустотелых железобетонных блоков; *г* — из сплошных бетонных блоков; *д* — из железобетонных панелей; *е* — схема примыкания сборных бетонных фундаментов под наружную и внутреннюю стены: *1* — бутовая подушка фундамента; *2* — стена фундамента; *3* — обмазка гудроном; *4* — отмостка; *5* — цементная штукатурка (облицовка) цоколя; *6* — горизонтальная гидроизоляция; *7* — стена; *8* — монолитный фундамент; *9* — песчаная подготовка; *10* — железобетонные блоки-подушки; *11* — кладочный раствор; *12* — пустотелый железобетонный фундаментный блок; *13* — сплошной фундаментный блок; *14* — железобетонная фундаментная панель.

по предельным состояниям и исключения возможности промерзания пучинистого грунта под подошвой фундамента.

Ленточные фундаменты (непрерывные или прерывистые) возводят по всему периметру наружных и внутренних стен. Они имеют прямоугольную или ступенчатую форму (рис. 18.3). С целью предохранения материала фундамента от воздействия грунтовой влаги его вертикальные поверхности покрывают гидроизоляционным защитным слоем (битумной эмульсией, гудроном и т. п.), а в зоне контакта фундамента со стенами укладывают горизонтальную гидроизоляцию. Для защиты фундаментов наружных стен от увлажнения атмосферными осадками, попадающими на стены и крышу здания, по наружному периметру здания устраивают отмостку, которая отводит воду от здания.

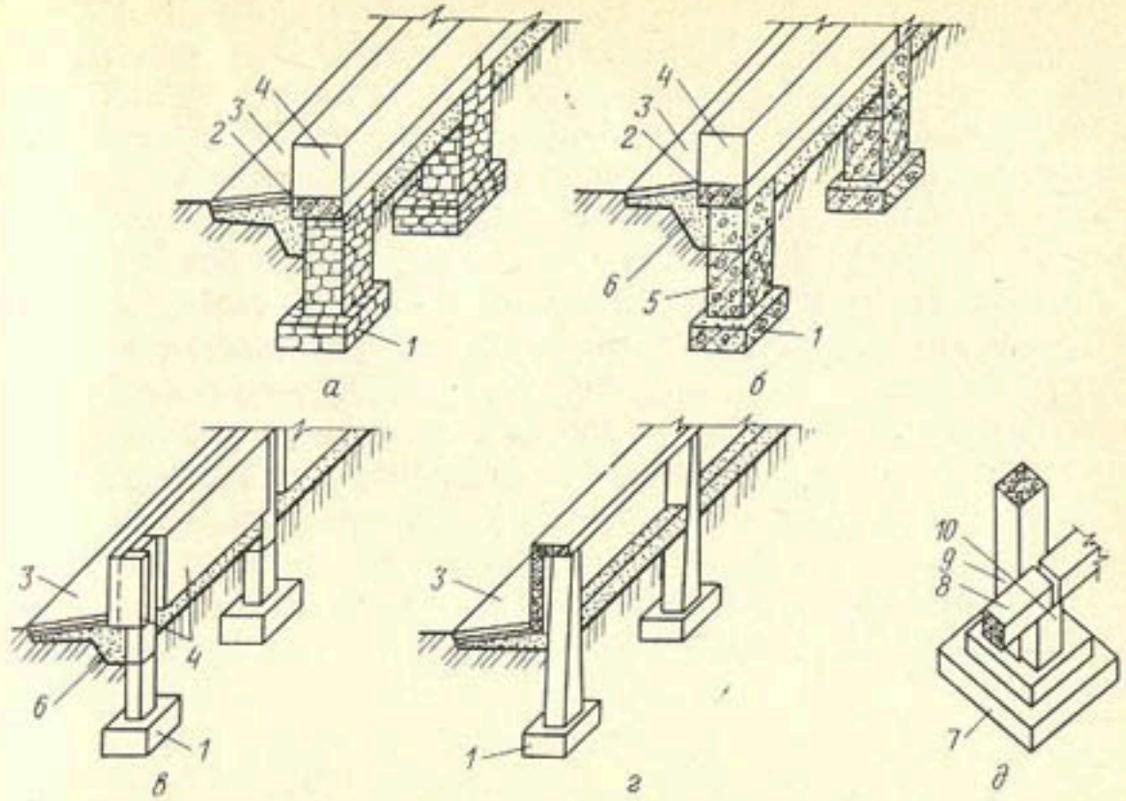


Рис. 18.4. Столбчатые фундаменты:

а — бутовые; *б* — из монолитного бетона; *в* — из сборного железобетона; *г* — то же, с цокольной Г-образной плитой; *д* — железобетонные стаканного типа: *1* — фундаментная подушка; *2* — гидроизоляция; *3* — отмостка; *4* — цокольный блок-балка; *5* — бетонный блок; *6* — песчаная подсыпка; *7* — железобетонный стакан; *8* — фундаментная балка; *9* — колонна; *10* — надбетонка.

На участках со значительным уклоном земной поверхности фундаменты устраивают с уступами высотой 500 мм и длиной 1 000 мм. Если встречаются ямы небольших размеров, то их засыпают крупным песком после очистки от растительного слоя и опавшего в них разрыхленного грунта.

В настоящее время ленточные фундаменты возводят (собирают) из сборных бетонных и железобетонных блоков-подушек, бетонных блоков, железобетонных фундаментных панелей. При монтаже фундаментных блоков (сплошных, пустотелых) обязательно соблюдают перевязку вертикальных швов и горизонтальность укладки. Для полного использования несущей способности блоков при незначительных нагрузках (малоэтажные здания) устраивают прерывистые фундаменты, то есть блоки-подушки укладывают с промежутками, которые заполняют местным грунтом с утрамбовкой.

Столбчатые фундаменты — это отдельно стоящие опоры, воспринимающие нагрузки от здания. Их устанавливают под всеми углами здания, простенками, пересечениями и примыканиями наружных и внутренних стен, а также по их длине через 3. . .6 м. В качестве материала для возведения таких фундаментов используют дерево (очень редко), бут, штучный камень (кирпич и т. п.), монолитный бетон (железобетон), сборные железобетонные блоки (рис. 18.4, *а—г*). Под сборные железобетонные каркасы устраивают фундаменты стаканного типа (рис. 18.4, *д*). В железобетонные стаканы устанавливают колонны с применением инвентарных клиновых вкладышей либо стальных или железобетонных клиньев. После тщательной проверки правильности установки колонн их замоноличивают высокопрочной мелкозернистой бетонной смесью. Для передачи нагрузки от самонесущих стен здания укладывают фундаментные балки

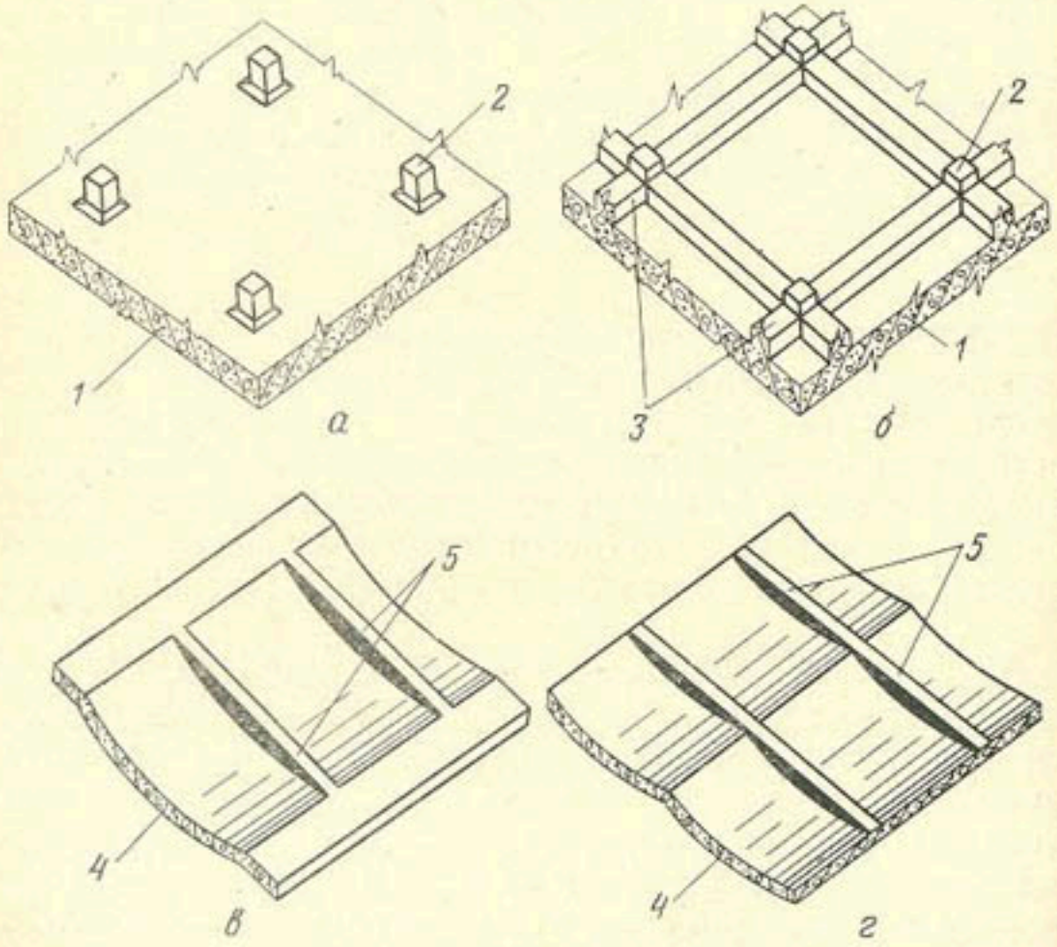


Рис. 18.5. Сплошные фундаменты:

а — гладкая плита; *б* — ребристая плита; *в* — цилиндрическая оболочка; *г* — параболическая оболочка с затяжкой: *1* — сплошная фундаментная плита; *2* — опорные столбы под каркас здания; *3* — монолитные железобетонные балки-ребра; *4* — железобетонная оболочка; *5* — затяжка.

таврового или трапецеидального поперечного сечения на стаканы. Балки крепят между собой и к стаканам на сварке. Места соединения и зазоры между балками и колоннами замоноличивают. Для защиты балок от пучинистых деформаций грунта при его замерзании и для предохранения от промерзания пола вдоль стен их с боков и снизу засыпают шлаком или песком.

Сплошные фундаменты устраивают при больших сосредоточенных нагрузках от зданий и сооружений (гидроэлектростанций, водонапорных башен), а также при объединении фундаментов здания с фундаментами оборудования (насосные станции) (рис. 18.5).

В практике гидроэнергетического, водохозяйственного и транспортного строительства часто возводят фундаменты с использованием свай и опускных сооружений. Фундаменты из погружаемых конструкций используют при устройстве заглубленных подземных помещений насосных станций, водозаборов, опор мостов, набережных и др. К ним относятся сваи, опускные колодцы, кессоны и опускные сооружения в тиксотропных рубашках.

Свайные фундаменты устраивают при наличии в основании слоев слабого грунта, когда необходимо уплотнить его или передать нагрузку от здания (сооружения) на нижележащие слои с большой несущей способностью (рис. 18.6). Сваи, уплотняющие слабый грунт, называют висячими. Они воспринимают нагрузку от здания или сооружения благодаря силам трения между боковой поверхностью сваи и грунтом. Сваи, пронизывающие слабый грунт и опирающиеся на грунт с большой несущей способностью, называют сваями-стойками. При строительстве сельскохозяйственных производственных зданий с нормальными эксплуатационными условиями используют двухконсольные сваи-колонны или пирамидальные сваи, которые механически погружают в песчаные и глинистые грунты. Свайные фундаменты уменьшают объем земляных работ по сравнению с глубокорасположенными фундаментами иных видов на 60. . .70%, строительство их осуществляется в любое время года, срок возведения подземной части зданий сокращается почти в 2 раза.

Опускные колодцы возводят или устраивают непосредственно на месте, отведенном для будущего сооружения, из заранее изготовленных опускных колец. Процесс возведения опускных колодцев состоит из ряда операций: извлечения из ствола колодца грунта, после чего он под дейст-

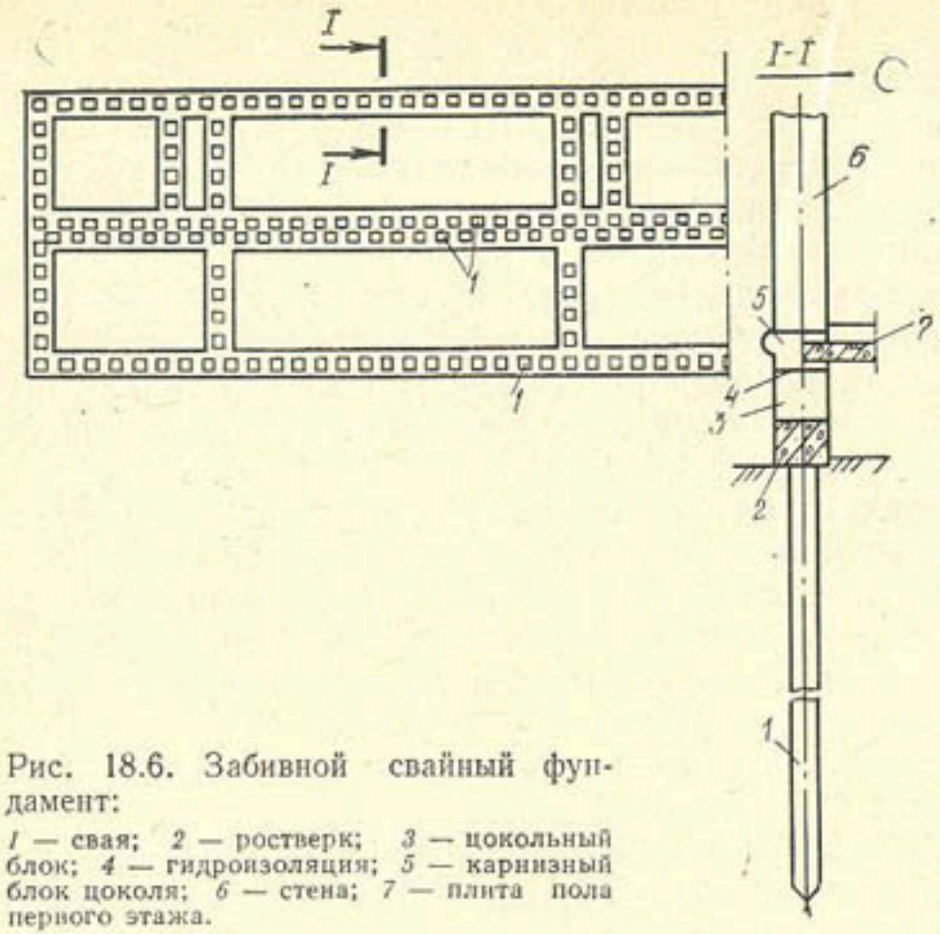


Рис. 18.6. Забивной свайный фундамент:

1 — свая; *2* — ростверк; *3* — цокольный блок; *4* — гидроизоляция; *5* — карнизный блок цоколя; *6* — стена; *7* — плита пола первого этажа.

вием собственного веса или с помощью вибрационного оборудования опускается до проектной отметки, заполнения внутренней полости колодца частично или полностью бетоном или другими материалами (рис. 18.7, *а*).

Кессонные фундаменты устраивают в водонасыщенных грунтах и на местности, покрытой водой. Кессон состоит из кессонной камеры, шлюзового аппарата и шахтной трубы (рис. 18.7, *б*). По способу опускания кессоны подразделяют на опускаемые с поверхности земли, островные (опускаемые на местности, покрытой водой, с искусственных островков) и наплавные (опускаемые непосредственно с поверхности воды путем затопления кессонной камеры, которой предварительно создают плавучесть). Кесонные работы выполняют в такой последовательности. Сначала сооружают кессонную камеру, устанавливают шахтную трубу и шлюзовой аппарат, причем одновременно строят и монтируют компрессорную и насосную станции. После выполнения всех видов подготовительных работ в кессонной камере разрабатывают грунт (вручную или гидромеханически) и удаляют его за пределы кессона. По мере разработки грунта кессон постепенно опускается под действием собственного веса и веса возводимого надкессонного строения. При этом шахтную трубу наращивают. Сначала кессон погружают без подачи сжатого воздуха в камеру, но как только в ней появляется вода, начинают подавать сжатый воздух, который отжимает воду. По достижении кессоном проектной отметки камеру и шахту кессона заполняют бетоном или песчаным грунтом.

Опускание полого или сплошного сооружения (кессона, колодца) в **тиксотропной рубашке** отличается тем, что благодаря заполнению пространства между грунтом и наружной поверхностью опускного сооружения глинистым раствором значительно уменьшаются силы трения между сооружением и грунтом, исключается зависание сооружения (рис. 13.7, в).

Конструктивное решение фундаментов под оборудование зависит от назначения здания, вида и класса машин. Под оборудование с динамическими нагрузками возводят массивные и рамные фундаменты, которые могут быть отдельными для каждой машины (насоса) или групповыми под несколько машин в виде железобетонного монолитного, сборно-монолитного или сборного массива (плиты, блока). При наличии больших вибрационных воздействий (вентиля-

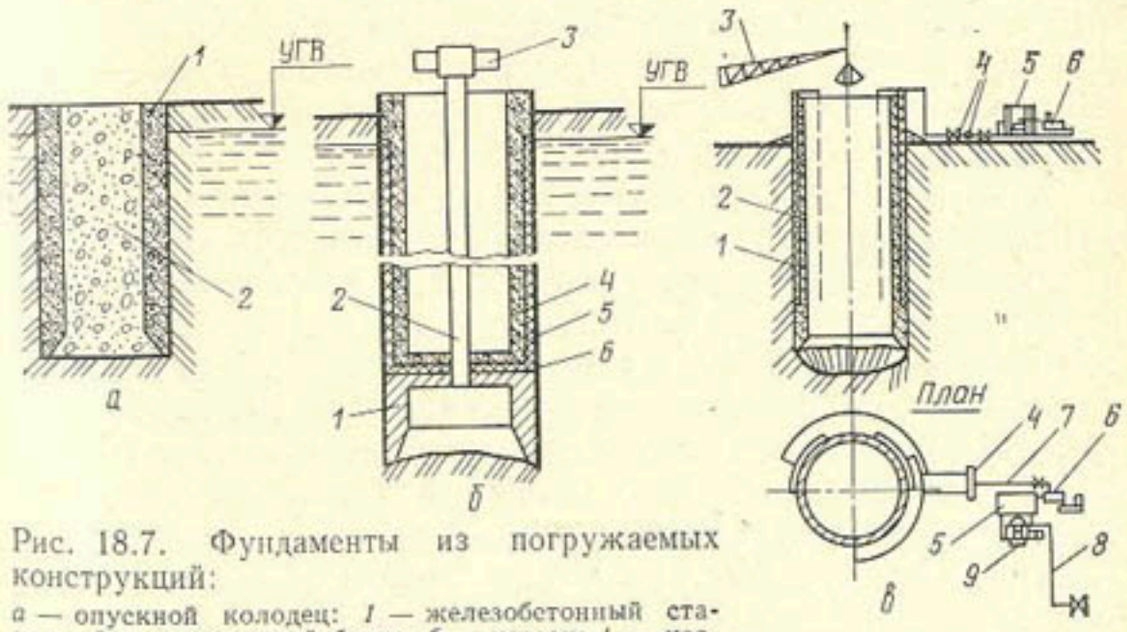


Рис. 18.7. Фундаменты из погружаемых конструкций:

а — опускной колодец: *1* — железобетонный стакан; *2* — монолитный бетон; *б* — кессон: *1* — кессонная камера; *2* — шахтная труба; *3* — шлюзовой аппарат; *4* — фундаментная опора; *5* — защитная стенка; *6* — гидроизоляция; *в* — опускной колодец в тиксотропной рубашке: *1* — опускной колодец; *2* — тиксотропная рубашка; *3* — экскаватор с грейферным ковшом; *4* — распределитель с трубопроводами и инъекторами; *5* — емкость с глинистым раствором; *6* — растворонасос; *7* — магистральная труба для подачи глинистого раствора; *8* — водопровод; *9* — растворосмеситель

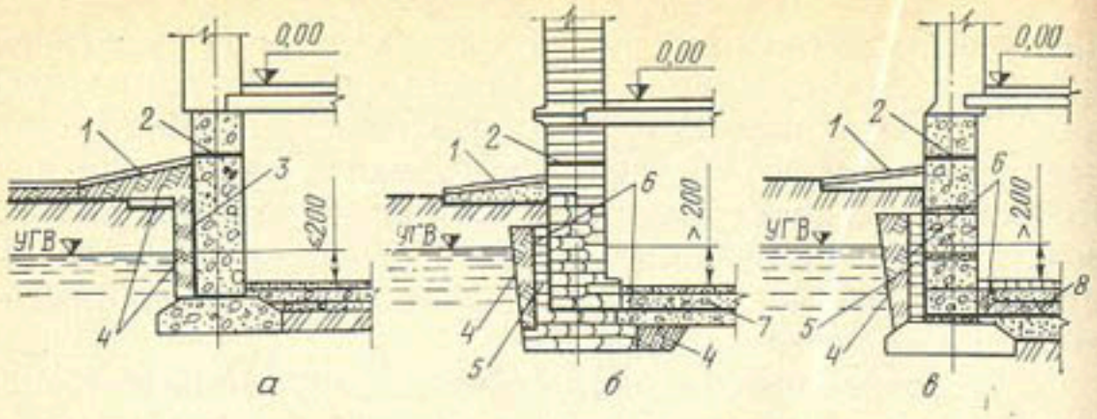


Рис. 18.8. Гидроизоляция фундаментов зданий с техническими подпольями:

а — при низком уровне грунтовых вод; *б* и *в* — при высоком уровне грунтовых вод: *1* — отмостка; *2* — горизонтальная гидроизоляция в зоне примыкания фундамента к стене; *3* — обмазка гудроном, пастой, мастикой; *4* — глиняный замок; *5* — защитная кирпичная стенка; *6* — гидроизоляция от напорных грунтовых вод; *7* — пригрузочный бетон; *8* — пригрузочная железобетонная плита.

торы) фундаменты под оборудование устраивают с виброизоляторами в виде стальных пружин или упругих прокладок из резины или другого подобного материала. Фундаменты под оборудование должны обеспечивать нормальную эксплуатацию машин, отвечать требованиям по прочности и устойчивости, не вызывать деформации грунтов.

Гидроизоляция (рис. 18.8) предохраняет материал фундаментов и стен от агрессивного воздействия грунтовой влаги или грунтовых вод. На поверхности фундаментов и стен подвалов, соприкасающиеся с грунтом, наносят путем пневматического напыления, набрызгом под высоким давлением, валиками, кистями или шпателями несколько слоев пленкообразующих жидких или пластичных гидроизоляционных материалов (битума, мастики и т. п.). Для защиты фундаментов и стен подвалов от грунтовых вод устраивают обмазочную, оклеечную, листовую и другую непрерывную вертикальную и горизонтальную гидроизоляцию со стороны гидростатического давления. При возведении фундаментов в среде, содержащей агрессивные воды, применяют каменные материалы и изделия, стойкие к этим водам, и цементные растворы, приготовленные на агрессивно-стойких цементах (сульфатостойком, пуццолановом и др.).

При выборе конструктивного решения фундаментов следует учитывать их экономическую целесообразность. Обычно стоимость возведения крупноблочных фундаментов промышленных зданий составляет 4,8% стоимости здания, сборных железобетонных столбчатых — 4,2%, кирпичных— 4,6%, бутобетонных — 3,8%, бутовых — 3,1%.

76. Каркасы и стены

Каркасы зданий. Они состоят из поперечных рам, образующихся из колонн, балок, ферм, арок и продольных связующих конструкций — фундаментных, подкрановых, обвязочных балок, подстропильных ферм, плит покрытий (перекрытий) и связей. Так как каркасы зданий подвергаются воздействию комплекса разнообразных нагрузок (вес конструкций и оборудования, снеговые и ветровые нагрузки, вес людей, нагрузки от эксплуатационного и кранового оборудования, температурные перепады и др.), то они должны иметь достаточную прочность, устойчивость, пространственную жесткость, долговечность их элементов, создавать благоприятные условия эксплуатации здания с учетом рационального размещения оборудования и безопасные и комфортные условия работы людей.

Основой для проектирования промышленных зданий служат типовые и унифицированные объемно-планировочные и конструктивные решения и схемы с пролетом здания, кратным 6 м, то есть 6, 12, 18 (допускается 9 м), шагом колонн 6120 мм (в зданиях с пролетом 6, 9, 12 м без мостовых кранов шаг средних колонн 6 000 мм), высотой помещения от уровня пола до низа несущих конструкций покрытия в пределах 3,6...4,8 м с интервалом 600 мм, в пределах 4,8...10,8 м с интервалом 1200 мм. В каркасных зданиях высоту помещения назначают в зависимости от технологических требований и в соответствии с унифицированными габаритными схемами здания. Унифицированные габаритные схемы позволяют полностью индустриализировать возведение зданий.

Устойчивость каркаса обеспечивается жестким соединением его элементов с помощью сварки и замоноличивания узлов.

Объемно-планировочные решения многоэтажных промышленных зданий получают путем блокировки объемно-планировочных элементов пролетного или ячейкового типа. При возведении каркасов используют сборные или монолитные железобетонные конструкции (изделия), стальной прокат в виде двутавра, тавра, швеллера, уголка и т. п. При применении стального каркаса снижается вес его конструктивных элементов.

При строительстве временных зданий (контор, насосных станций, общежитий, столовых и т. п.) используют

каркасные деревянные конструкции. Жесткий и устойчивый каркас таких зданий состоит из стоек, обвязок, балок, ригелей, стропил.

Стены зданий. Их подразделяют на наружные и внутренние; продольные и поперечные; несущие, самонесущие, ненесущие; каменные (из монолитного бетона, навесных панелей, крупнопанельные, крупноблочные, кирпичные, из керамических, легкобетонных и естественных камней), асбестоцементные, алюминиевые, синтетические, деревянные (бревенчатые, брусчатые, каркасные, каркасно-щитовые и сборно-щитовые). Стены должны удовлетворять требованиям по прочности, устойчивости, тепло- и звукоизоляции, долговечности, огнестойкости, индустриальности, экономичности, архитектурно-эстетической выразительности. Наиболее эффективны в эксплуатации однослойные (однородные) стены, однако для снижения веса стен, их стоимости, расхода дорогостоящих материалов целесообразно применять многослойные стены, в которых несущая способность обеспечивается прочным материалом (кирпичом, железобетоном), тепло- и звуконепроницаемость — пористым материалом, паро- и воздухонепроницаемость — паронепроницаемым слоем, внешний вид (выразительность) — отделочным (фактурным) слоем.

Техническая вооруженность строительных площадок и наличие сборных конструкций и элементов зданий позволяют практически полностью исключить ручной труд и индустриализировать процесс строительства зданий и сооружений. Высокая степень механизации монтажных работ при возведении панельных, объемно-блочных и крупно-блочный зданий, сокращение сроков их возведения, отсутствие сезонности строительства позволили значительно снизить стоимость возведения этих зданий.

Панельные стены (рис. 18.9) являются основным видом стен в каркасных промышленных зданиях. Панели изготовляют утепленные и неутепленные. Утепленные панели применяют в отапливаемых зданиях, неутепленные — в неотапливаемых зданиях (склады и т. п.). Основным материалом для изготовления неутепленных стеновых панелей служит обычный бетон, для изготовления утепленных — легкий и ячеистый бетоны. Неутепленные панели могут быть из асбестоцементных и стальных профилированных листов. При наличии легкого утеплителя между этими листами панели приобретают хорошие теплотехнические свойства и применяются как утепленные.

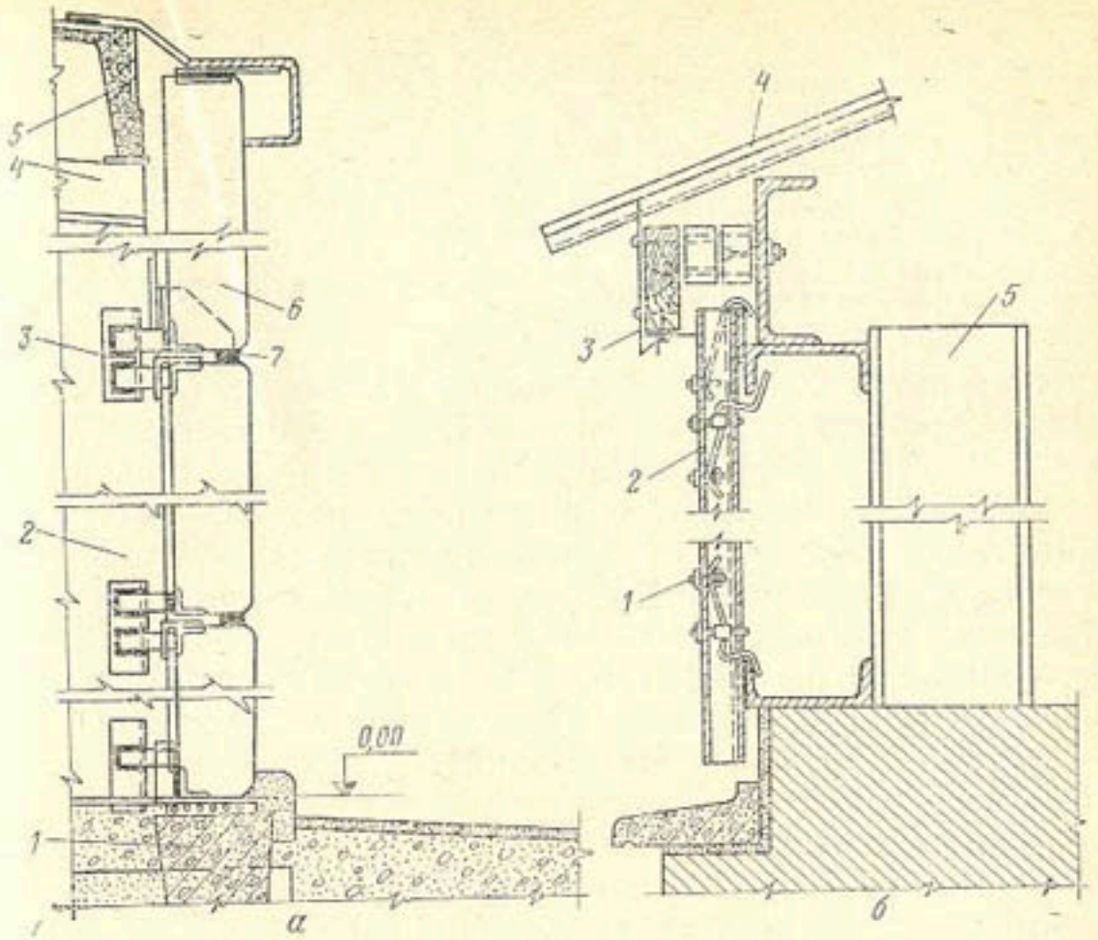


Рис. 18.9. Панельные стены:

а — здания насосной станции: *1* — фундаментная балка; *2* — колонна; *3* — закладные металлические детали; *4* — балка покрытия; *5* — плита покрытия; *6* — стеновая панель; *7* — уплотняющий герметизирующий материал; *б* — неотапливаемого здания из асбестоцементных листов: *1* — крепежный болт; *2* — асбестоцементный лист; *3* — оцинкованный стальной фартук; *4* — кровля; *5* — металлическая колонна.

Несущие (навесные) панели опираются в виде отдельных ярусов на металлические столики, приваренные к колоннам. Самонесущие панели несут нагрузку от собственного веса и от веса вышерасположенной части здания, поэтому их толщина должна быть не менее 200 мм.

Панельные стены применяют в каркасных зданиях с шагом пристенных колонн 6000 и 12 000 мм. Их крепят к колоннам каркаса с помощью сварки элементов металлических закладных деталей. Углы стен и вставки между разбивочными осями заполняют специальными блоками. При использовании панелей из ячеистого бетона под ними устраивают кирпичный цоколь высотой не менее 300 мм.

Стены животноводческих и птицеводческих зданий с относительной влажностью внутреннего воздуха до 85% монтируют из двухслойных легкобетонных панелей, кото-

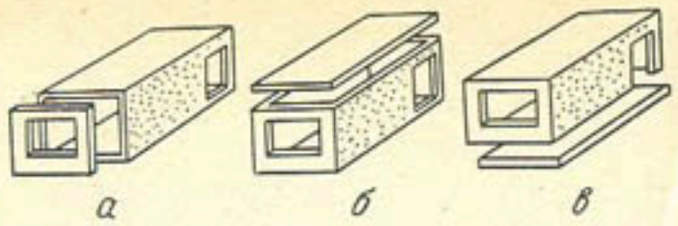


Рис. 18.10. Типы объемных блоков:

а — стаканный без торцовой наружной стены; *б* — колпак без верхней панели перекрытия; *в* — колпак без нижней панели.

рые крепят к колоннам с помощью хомутов из полосовой стали. Кроме двухслойных панелей, применяют утепленные вентилируемые панели на деревянном каркасе с обшивкой асбестоцементными листами и утеплителем из полужестких минераловатных плит на синтетическом связующем. К колоннам панели крепят крюками и хомутами. Швы между панелями заделывают минеральным войлоком или паклей и гернитовым или пороизоловым шнуром и перекрывают нащельниками. Крепление панелей между собой и с конструктивными элементами зданий осуществляют с помощью сварки закладных деталей.

Объемные блоки (рис. 18.10) имеют вид крупных железобетонных коробок. Их полностью изготовляют на домостроительных комбинатах с окончательной отделкой стен, окон, полов и т. д. Блоки доставляют на строительную площадку, где из них монтируют здание. В практике гидромелиоративного строительства объемные блоки применяют при возведении насосных станций, электроподстанций и т. п.

Крупноблочные стены (рис. 18.11) возводят из крупных блоков естественных пород (известняка, туфа, ракушечника доломита и др.) и блоков заводского изготовления (из шлакобетона, керамзитобетона, ячеистого бетона, силикатной массы и др.).

Размеры блоков и их форма зависят от климатических условий района строительства, места расположения в стене, конструктивной схемы здания. Наиболее распространена схема со средней внутренней продольной стеной с опиранием перекрытий на наружные и внутренние продольные стены. В таких условиях крупноблочные стены являются несущими. Стены, возводимые из крупных блоков, выполняют с двух-, трех- и четырехрядной разрезкой. Для зданий ячейковой структуры применяют схему с поперечными несущими стенами. Панели перекрытий опираются на внутренние стены.

По назначению (расположению в плане и разрезе) выпускают блоки угловые, простеночные, подоконные, перемычечные, цокольные, парапетные, карнизные, для стен лестничных клеток, оконных импостов. Связь блоков между собой и с перекрытием обеспечивается с помощью сварки стальных закладных деталей. Вертикальные стыки устраивают закрытыми и открытыми. Закрытые стыки выполняют при стыковании внутренних стен и горизонтального перемычечного ряда наружных стен. Вертикальные швы предварительно проконопачивают паклей, а затем зачеканивают цементным раствором. Открытые стыки устраивают при сопряжении простеночных блоков.

Крупные стеновые блоки из природного камня используют главным образом для наружных стен.

В гидромелиоративном строительстве крупноблочные стены применяют при возведении насосных станций, производственных и административных зданий.

Кирпичные стены возводят из глиняного обыкновенного, глиняного пустотелого, пористо-пустотелого. строительного легкого, силикатного, шлакового и шлакосиликатного кирпича. Такие стены могут быть однородными (сплошными), слоистыми (облегченными) и облицованными. Прочность и долговечность кирпичных стен, как и любых стен из штучных каменных материалов, обеспечивается при условии соблюдения системы перевязки швов — порядка укладки кирпичей (камней) относительно друг друга.

Толщину кирпичных стен назначают кратной половине кирпича, то есть в 1 $^1/_2$, 2; 2 $^1/_2$ кирпича и так далее, или 38, 51, 64 см и т. д. Толщину вертикальных швов принимают 10 мм, а горизонтальных — 10...12 мм. При кладке кирпичных стен швы наружной поверхности расшивают до схватывания раствора в форме валика или выкружки, что придает наружной поверхности четкий рисунок. Для увеличения несущей способности кладки, восприятия изгибающих и растягивающих напряжений, сейсмических и динамических воздействий в горизонтальные швы между кирпичами укладывают на раствор стальную прутковую арматуру или арматурную сетку, которая зажимается в швах и благодаря силам трения и сцепления с раствором работает как одно целое с кладкой.

Сплошные (однородные) кирпичные стены весьма трудоемки в исполнении, имеют значительный вес, требуют больших транспортных расходов на доставку кирпича, поэтому в практике строительства малоэтажных зданий

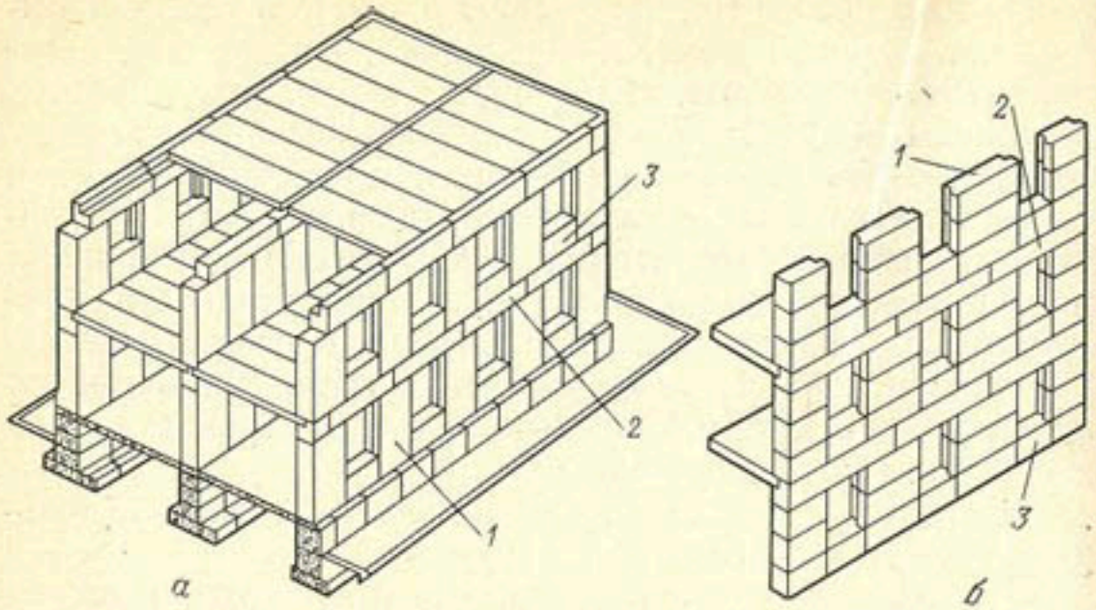


Рис. 18.11. Стены из крупных блоков:
а, б — соответственно двухрядная и четырехрядная разрезки стен; *1, 2,* и *3* — соответственно простеночный, перемычечный и подоконный блоки.

применяют облегченные кирпичные стены, самонесущие и несущие стены (рис. 18.12), в которых часть кирпича (до 35%) заменяют утепляющей засыпкой, легким бетоном, термовкладышами из легкого бетона, воздушными прослойками. Иногда используют другие типы кладок — кладку с облицовкой теплоизоляционными плитами, с уширенными швами и применением легкого кладочного раствора. Конструктивное решение облегченных кладок в основном представляет две ограждающие стенки в $^1/_2$ кирпича с теплоизоляционным материалом, укладываемым между ними. Обычно такие стены оштукатуривают и реже расшивают.

Стены из искусственных камней (керамических пустотелых камней, сплошных и пустотелых бетонных камней, легкобетонных камней с закрытыми щелевидными пустотами), **обработанных естественных камней** правильной формы из пористых горных пород (известняка, туфа, ракушечника и т. п.) и **бута** возводят в практике гидромелиоративного, сельскохозяйственного и гражданского строительства.

Стены из легкобетонных или ячеистобетонных камней оштукатуривают или облицовывают кирпичом. Учитывая, что прочностные качества легкобетонных камней невысоки, стены из них целесообразно возводить в малоэтажных зданиях или использовать их в качестве ненесущих в каркасных зданиях. Стены из бута применяют при строительстве

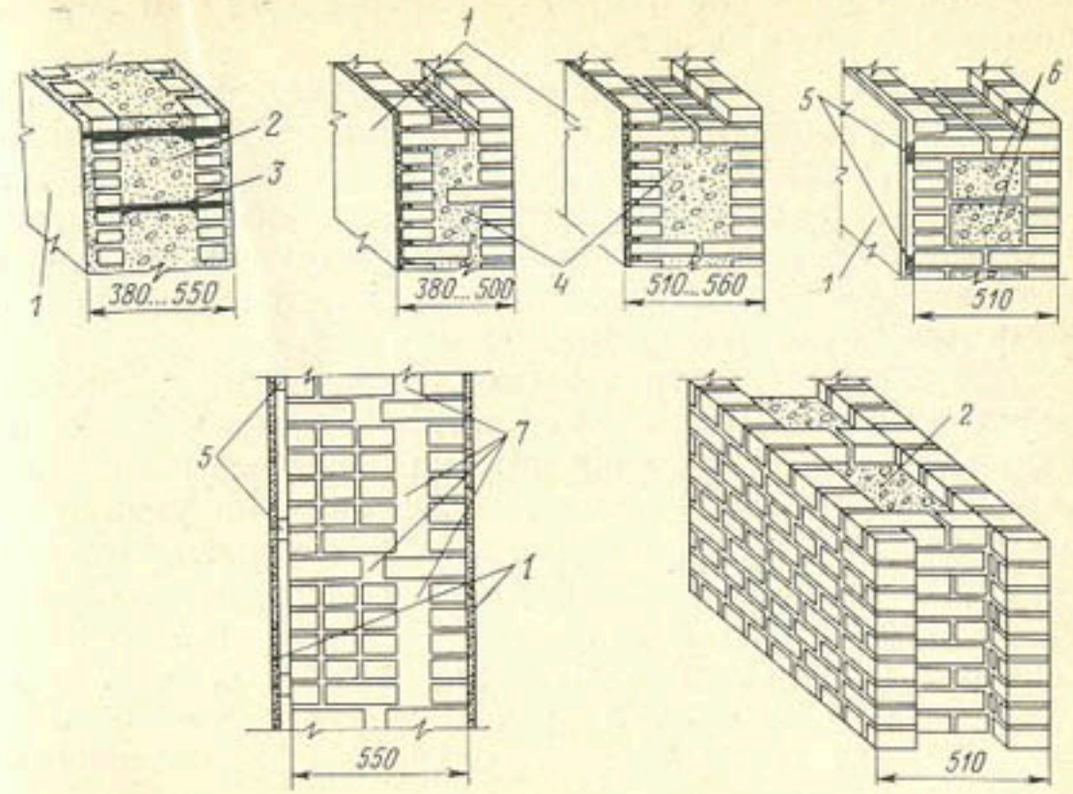


Рис. 18.12. Облегченные кирпичные стены:
1 — штукатурка; *2* — засыпка шлаком; *3* — армированные растворные диафрагмы; *4* — легкий бетон; *5* — деревянные рейки; *6* — термовкладыши (легкобетонные блоки); *7* — воздушные прослойки.

всевозможных одноэтажных и двухэтажных сельскохозяйственных построек. Для упрочнения бутовые стены часто выкладывают с кирпичными поясами через 50...70 см. Пояса делают из двух рядов кирпича с перевязкой швов.

При кладке каменных стен для установки оконных и дверных блоков оставляют проемы, перекрываемые перемычками (рис. 18.13, *а, б*). Для удобства установки оконных и дверных блоков, ликвидации продувания в проемах устраивают четверти. При ширине проемов в кирпичных стенах до 2 м выкладывают рядовую перемычку, представляющую обычную кладку высотой не менее четырех рядов кирпича на растворе марки 50. Перед кладкой перемычки устанавливают временную опалубку, на которую наносят раствор толщиной 20...30 мм, втапливая в него три-четыре арматурных стержня диаметром 6...8 мм. Стержни делают с крюками и заводят их в кладку на 250 мм.

Придание каменным зданиям художественной выразительности, а иногда и защиту их наружных стен от атмосферных воздействий с наружной стороны осуществляют не только расшивкой швов (рис. 18.13, *в*), но и декоративной

кладкой, облицовкой плитами, офактуренным камнем, лицевым кирпичом или камнем.

Каменные стены с внутренней стороны независимо от назначения помещений отделяют сухой или мокрой штукатуркой под окраску или оклейку обоями, полимерной пленкой, облицовывают плитками или декоративными панелями. В помещениях с повышенной влажностью стены облицовывают керамическими, стеклянными, синтетическими плитками или полимерными отделочными листами.

Архитектурная выразительность каменных зданий в основном определяется архитектурной композицией их наружных стен. Наружная сторона стены называется фасадом здания. Фасад здания, обращенный на улицу или площадь и определяющий лицо здания, называют главным. К главному фасаду предъявляют основные требования архитектурной выразительности, обеспечиваемой горизонтальными (цоколь, стилобат, карнизы, фриз, пояски, сандрики, парапет, фронтон) и вертикальными (колонны, пилястры, лопатки, пилоны, портал, оконные и дверные проемы) членениями.

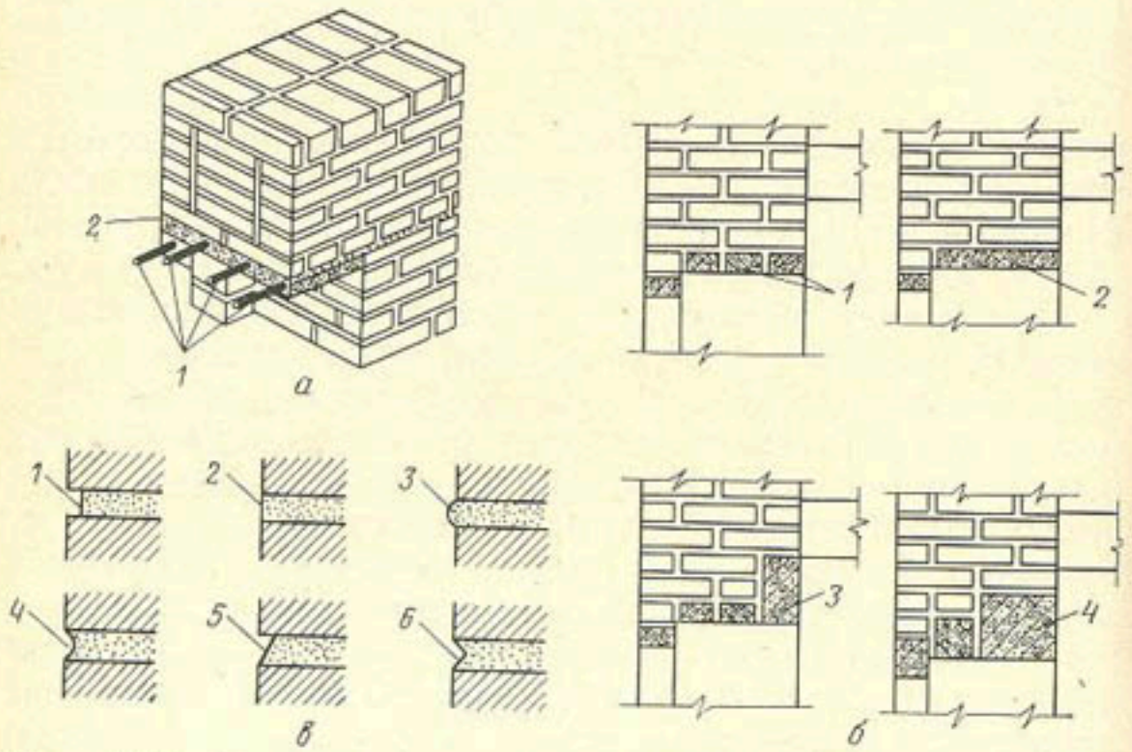


Рис. 18.13. Конструктивные элементы каменных стен:

а — рядовая проемная перемычка кирпичных стен: *1* — стальная арматура; *2* — раствор повышенной марки; *б* — то же, из сборных железобетонных элементов: *1* — железобетонные несущие бруски; *2* — железобетонная плита; *3* — железобетонный несущий брусок; *4* — железобетонная несущая балка-брусок; *в* — расшивка швов кирпичных стен: *1* — прямоугольная заглубленная; *2* — прямоугольная вподрезку; *3* — выпуклая; *4* — вогнутая; *5* — односрезная; *6* — двухсрезная.

Цоколь — нижняя надземная часть наружной стены, придающая зданию внушительный и устойчивый вид (монументальность). Цоколь выступает по отношению к наружной плоскости стены или западает за эту плоскость. Его выполняют из прочных каменных материалов, стойких к атмосферным и механическим воздействиям. Обычно верхнюю часть цоколя выполняют в виде профильного отлива.

Карнизные пояски (промежуточные или междуэтажные карнизы) придают архитектурную выразительность фасаду и защищают поле стены от размыва дождевой водой.

Венчающий карниз — имеет архитектурно-эстетическое назначение, подчеркивает завершенность стены, выражает переход от плоскости крыши к вертикальной стене путем его выноса за наружную плоскость стены. Он предохраняет верхнюю часть стены от увлажнения дождевой и талой водой, стекающей с крыши.

Сандрики — небольшие карнизы над окнами и и дверями, выполненные в виде прямых, ломаных или выпуклых тяг.

Парапет — верхняя часть стены над венчающим карнизом, являющаяся архитектурным элементом здания и в то же время ограждением крыши.

Фронтон — венчающая фасад здания часть стены прямоугольной, треугольной или полукруглой формы. Такая же часть стены в торце здания без венчающего карниза называется щипцом.

Колонна — столб круглой, квадратной или другой формы поперечного сечения в виде отдельно стоящей опоры, имеющей в нижней части базу и в верхней части капитель. Обычно колонны кверху сужаются.

Пилястра — узкий вертикальный выступ шириной от $^1/_7$ до $^1/_{10}$ своей высоты и толщиной от 3 см до половины своей ширины. Служит для усиления простенков или для повышения устойчивости стен. В нижней части имеет базу, а в верхней — капитель.

Лопатка — мощный столб квадратного или прямоугольного поперечного сечения, обычно подпирающий своды.

Столб — отдельно стоящая опора разнообразной формы в поперечном сечении (круг, прямоугольник, многогранник, крест и др.), поддерживающая балки перекрытия или своды. Столб по всей высоте имеет одинаковую

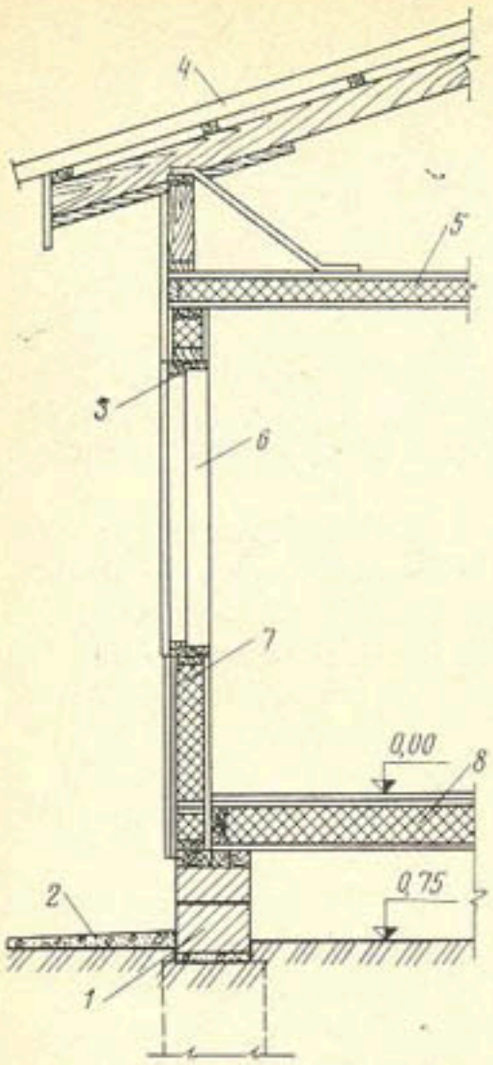


Рис. 18.14. Сборно-щитовые деревянные стены:

1 — столбчатый фундамент; *2* — отмостка; *3* — оконная коробка; *4* — кровля; *5* — потолочный щит; *6* — стеновой оконный щит; *7* — утеплитель; *8* — половой щит.

толщину (сечение). В нижней части столб имеет цоколь или базу, а в верхней — карниз или капитель.

Полуколонна выступает из стены до половины своей толщины. Имеет такое же архитектурное оформление как пилястра и колонна.

Аркада — несколько одинаковых арок, опирающихся на ряд колонн и реже на простенки.

Контрфорс — повышающее устойчивость стены утолщение с наклонной плоскостью. Устраивается в простенках и по углам зданий.

Деревянные стены строят из круглых бревен, брусьев, каркасными, каркасно-щитовыми (рис. 18.14) и сборно-щитовыми. Наиболее экономичны деревянные каркасные и сборно-щитовые стены. В каркасных домах несущим остовом служит каркас, который обшивают с наружной и внутренней сторон досками. Между обшивками укладывают утеплитель в виде засыпки (шлак, деревянные опилки, стружку, торф и т. п.), плит или рулонного материала (минеральную вату, минеральный войлок, шевелин, фибролит, камышит, древесно-волокнистые, полистирольные плиты и т. д.). Для наружной обшивки используют доски толщиной 19. . .20 мм, водостойкую фанеру, асбестоцементные, полимерные и реже металлические листы.

Щитовые бескаркасные здания собирают из стеновых щитов заводского изготовления — глухих наружных и внутренних, оконных и дверных. Щиты соединяют с помощью гвоздей. Стык перекрывают пароизоляционным материалом с прокладкой из минерального войлока. Снаружи

00-2

стыки закрывают нащельником. Конструктивное решение щитов аналогично каркасно-обшивным стенам.

Сметная стоимость 1 м² глухой стены в значительной степени зависит от ее конструктивного решения. Стоимость кирпичной стены толщиной 64 см (для расчетной температуры наружного воздуха минус 30°С) составляет 20,8 р. за 1 м². Стоимость стен из панелей навесных ниже на 30%, однослойных легкобетонных на 13%, легких трехслойных на 28%, крупноблочных легкобетонных на 25%. Стоимость наружных бревенчатых стен 14,2 р. за 1 м², а стен из индустриальных деревянных щитов 11,17 р. за 1 м².

77. Перекрытия

Устойчивость здания обеспечивается горизонтальными диафрагмами жесткости, к которым относятся перекрытия. Для выполнения несущих и ограждающих функций перекрытия должны быть прочными, жесткими, огнестойкими, по мере возможности легкими и тонкими, обеспечивать тепло- и звукоизоляцию, воздухо-, паро- и водонепроницаемость, быть максимально индустриальными и экономичными. Конструкция перекрытий состоит из несущих элементов (панелей, настилов, плит, балок), межбалочного заполнения (при наличии балок), паро- и водонепроницаемой защиты, звуко- и теплоизоляционной прослойки, отделочного слоя потолка, пола (в междуэтажном перекрытии).

Несущие элементы перекрытия могут быть железобетонные (монолитные и сборные), деревянные и металлические. По месту расположения в здании различают перекрытия надподвальные (над подвалом или подпольями), над проездами, междуэтажные (делят здание на этажи и обеспечивают звукоизоляцию между ними) и чердачные (отделяют верхний этаж от чердака и сохраняют тепло в верхнем этаже здания).

В современных условиях индустриального строительства широко применяют сборные железобетонные крупноразмерные панельные перекрытия с различными звукоизоляционными прослойками (в жилых, общественных и административных зданиях) и сборные перекрытия из железобетонных предварительно-напряженных ребристых плит из керамзитобетона (в промышленных зданиях).

Сборные железобетонные перекрытия в гидромелиоративных, сельскохозяйственных, производственных, промышленных, жилых, общественных и административных зда-

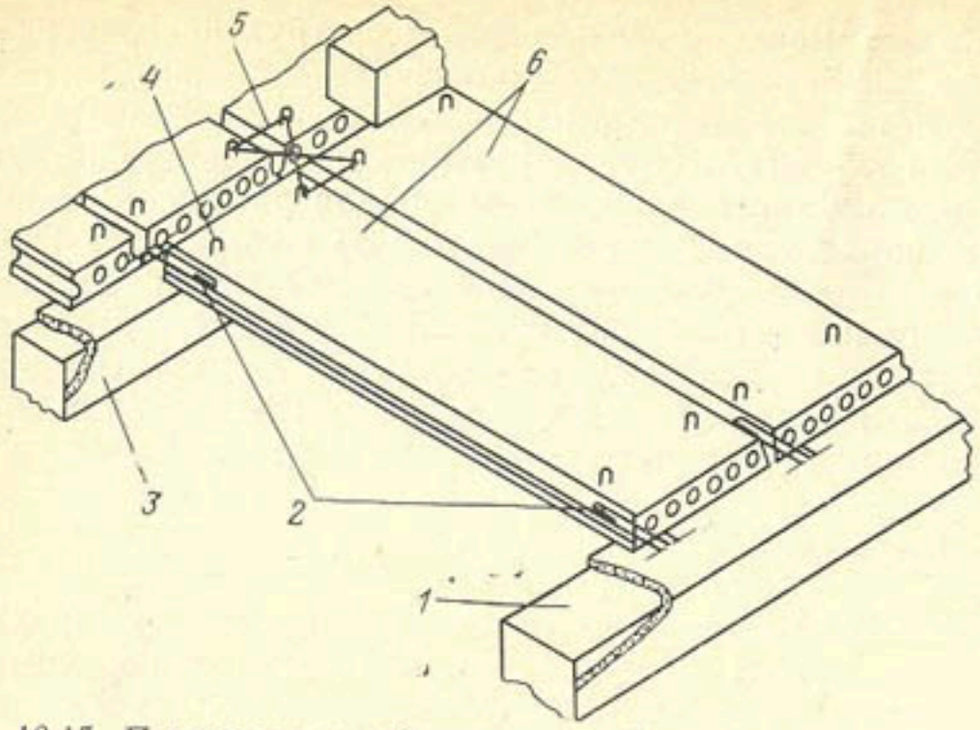


Рис. 18.15. Перекрытие из сборных железобетонных плит:

1 — несущая наружная стена; *2* — стальные анкеры; *3* — несущая внутренняя стена; *4* — монтажная петля; *5* — проволочная связь плит перекрытия; *6* — многопустотные плиты (панели) перекрытия.

ниях монтируют из различных железобетонных панелей заводского изготовления: сплошных, с овальными, круглыми и вертикальными пустотами, ребристых и шатровых.

Панели укладывают на стены (рис. 18.15) или прогоны с глубиной опирания не менее 100 мм. Пустоты на торцах панелей заделывают легким раствором (бетоном) или минеральной ватой. Панели заанкеривают в стены или прогоны с помощью металлических анкеров, чтобы обеспечить между ними жесткую связь. Над внутренними стенами или прогонами торцы панелей скрепляют между собой металлическими накладками, привариваемыми к их закладным элементам. Разновидность панелей перекрытия — железобетонные настилы (перекрывающие часть помещения), укладываемые впритык друг к другу. Продольные швы настилов замоноличивают цементным раствором.

В междуэтажных перекрытиях промышленных зданий в качестве несущих элементов используют ригели, которые входят как конструктивный элемент в каркас здания. Ригели выпускают с четвертями, на которые укладывают ребристые панели или плиты перекрытий.

В качестве звукоизоляционной прослойки используют рыхлую засыпку из песка, керамзита, шлака, минераловат-

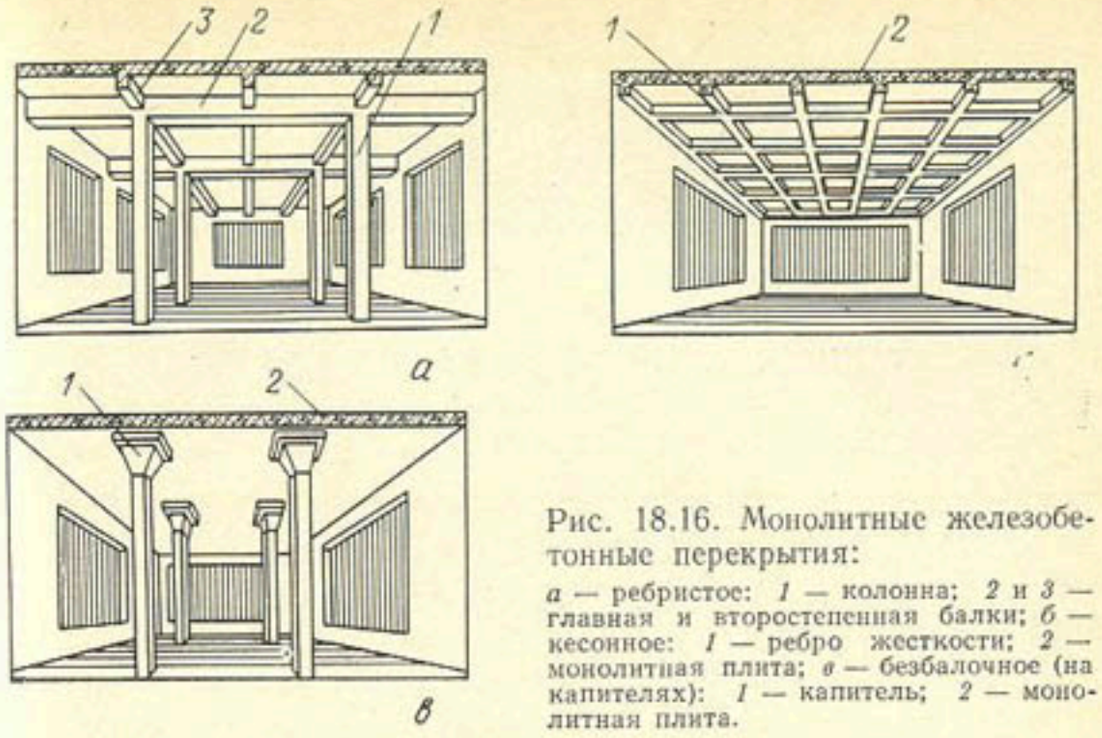


Рис. 18.16. Монолитные железобетонные перекрытия:

а — ребристое: *1* — колонна; *2* и *3* — главная и второстепенная балки; *б* — кессонное: *1* — ребро жесткости; *2* — монолитная плита; *в* — безбалочное (на капителях): *1* — капитель; *2* — монолитная плита.

ные или древесно-волокнистые плиты, ячеистый бетон.

В чердачных перекрытиях по пароизоляционному слою укладывают теплоизоляционный соответствующей толщины.

Монолитные железобетонные перекрытия: ребристые (балочные) по колоннам, балочные бесколонные (кессонные); безбалочные на колоннах с капителями (рис. 18.16, *а—в*) используют при строительстве нетиповых промышленных зданий. Они отличаются весьма большой трудоемкостью и высокой стоимостью.

Перекрытия по деревянным балкам устраивают в малоэтажных сельских и временных зданиях (рис. 18.17). Деревянные балки, служащие несущими элементами перекрытия, делают обычно из сосновых брусьев или досок. Для поддержания заполнения между балками (наката) к их боковым граням внизу прибивают квадратные бруски (черепные). Концы деревянных балок в каменных стенах укладывают в гнезда, устраиваемые при кладке стен. При заделке концов балок чердачного перекрытия в стенах толщиной 510 мм и менее особое внимание уделяют тепловой защите гнезда.

С целью обеспечения поперечных связей стен (для придания им устойчивости) концы деревянных балок закрепляют в стенах анкерами, один конец которых прикрепляют гвоздями к балке, а другой заделывают в кладке. Анкеровку осуществляют через одну балку. Концы балок, опирающие-

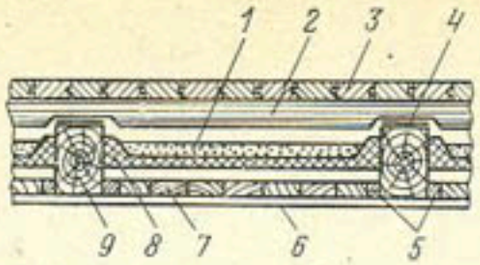


Рис. 18.17. Междуэтажное перекрытие по деревянным балкам:
1 — засыпка; *2* — лага; *3* — дощатый пол; *4* — толь; *5* — черепные бруски; *6* — сухая штукатурка; *7* — накат; *8* — глинопесчаная смазка; *9* — балки перекрытия.

ся на внутренние стены или прогоны, связывают между собой металлическими накладками. В бревенчатых и брусчатых стенах концы балок междуэтажных и чердачных перекрытий врубают сковороднем в венцы стен на всю их толщину.

Стоимость перекрытий по деревянным балкам, включая стоимость полов по ним, составляет 15...25% стоимости здания, а трудоемкость их устройства — 25% общей трудоемкости возведения здания.

78. Крыши и покрытия

Крыши состоят из несущих элементов (стропил, балок, ферм, и т. п.) и защитной водонепроницаемой конструкции (слоя) — кровли. Крыши должны быть прочными, долговечными, водонепроницаемыми, индустриальными, экономичными, иметь эстетический вид.

Пространство между кровлей и внешней поверхностью верхнего перекрытия здания называют чердаком. В промышленных зданиях устраивают в основном бесчердачные (совмещенные с перекрытием) крыши, называемые покрытиями.

Крыши бывают плоскими (горизонтальными или с очень пологими скатами) и скатными — с уклоном более 1/20 (5%). По форме крыши подразделяют на скатные, пирамидальные, конические, купольные, сводчатые. В свою очередь скатные крыши подразделяют на одно-, двух- и четырехскатные (вальмовые, полувальмовые), а также криволинейные (цилиндрические, сферические, двоякой кривизны и т. д.). Форма и уклон крыши обусловливаются архитектурно-конструктивным решением, местными климатическими условиями, материалом, из которого устраивается кровля.

Скатные чердачные крыши (рис. 18.18) отличаются небольшими пролетами и сравнительно легкими (неутепленными) кровлями. Несущими элементами в них являются в основном наслонные и висячие фермы, стропила, железобетонные плиты. Крыши с наслонными стропилами устраивают в зданиях небольшой ширины или имеющих внутренние опоры (стены, колонны, столбы). Наслонные стропила изготовляют из брусьев, досок, железобетонных балок.

Деревянные наслонные стропила укладывают через 1... 2 м на продольные брусья — мауэрлаты. Верхние части стропильных ног при двухскатных крышах опирают на коньковый прогон, поддерживаемый стойками, устанавливаемыми в брусья-лежни на внутренних опорах, а при односкатных крышах — на верхний прогон (мауэрлат) возвышающейся стены. Во избежание недопустимых прогибов стропильных ног длиной более 6 м под них ставят подкосы, уменьшающие пролет стропил. Более эффективны сборные дощатые стропила, изготовляемые на заводах в виде комплекта деталей (рис. 18.18, *а*).

Железобетонные наслонные стропила (балки) укладывают через 1,5. . .3 м с опиранием одного конца на наружные стены, а другого на средние стойки (рис. 18.18, *б*) или треугольные рамы (рис. 18.18, *в*).

При устройстве скатных крыш используют железобетонные панели, плиты и настилы, которые опираются на наружные стены и железобетонный коньковый прогон. Они могут выполнять функции как несущей конструкции, так и водозащитной оболочки (с поверхностным водоизоляционным слоем).

При отсутствии внутренних опор в здании, когда наслонные стропила установить невозможно, применяют стропильные фермы (висячие стропила) из бревен, брусьев, досок, металла, железобетона. Они отличаются от наслонных стропил наличием горизонтального элемента — затяжки, к которой подвешивают с помощью стальных хомутов и тяжей балки перекрытия (рис. 18.18, *г*).

Покрытия монтируют в промышленных, сельскохозяйственных, производственных и гражданских зданиях.

В промышленных зданиях с пролетом 6...36 м покрытия собирают из стропильных балок (пролет до 18 м), ферм (пролет от 18 до 36 м), арок, рам, прогонов, изготовленных из железобетона, металла или дерева. Ограждающими элементами служат крупноразмерные железобетонные настилы в виде ребристых или гладких плит. Существует две схемы

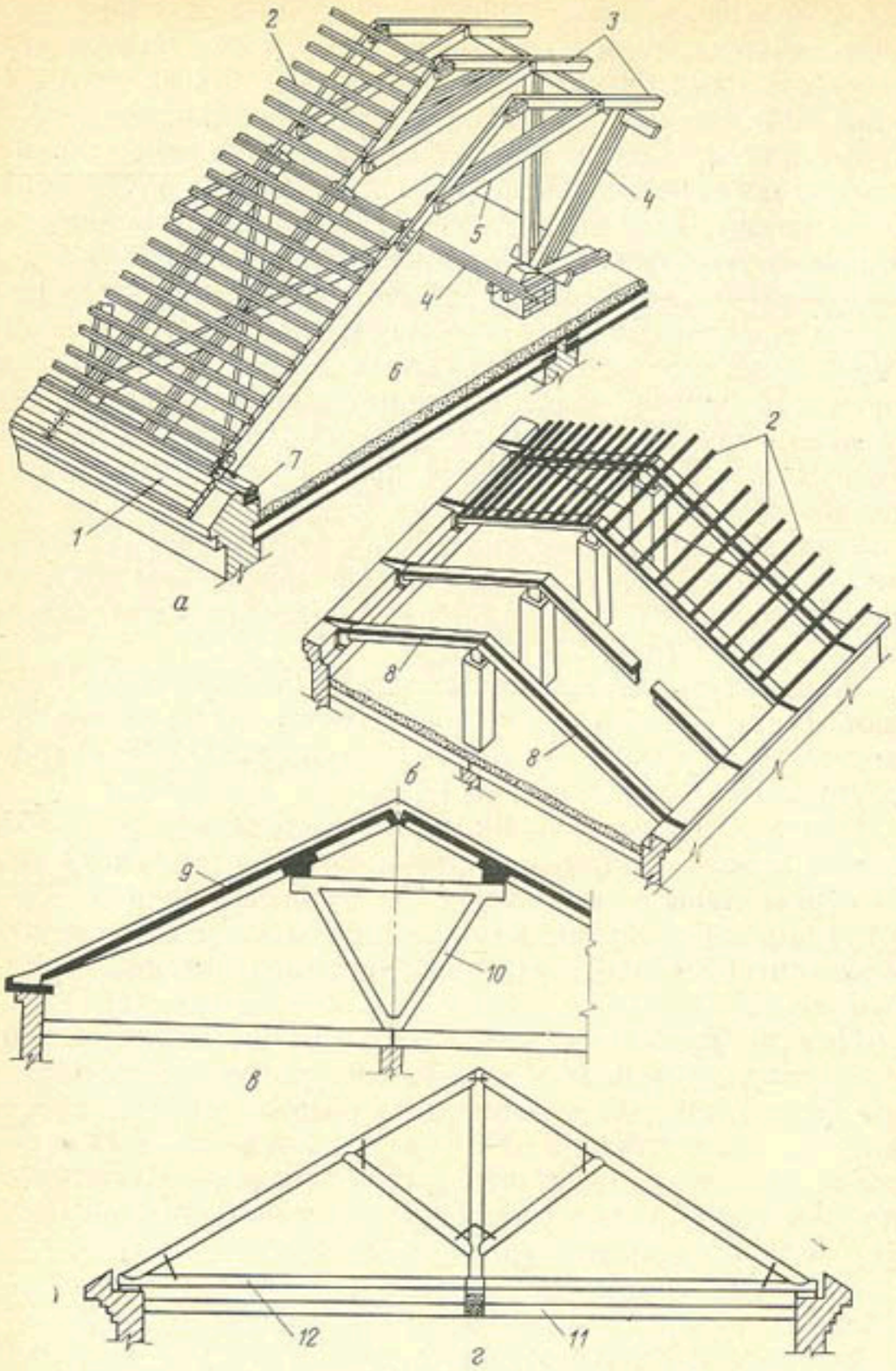


Рис. 18.18. Несущие элементы чердачных крыш:

а — из сборных дощатых стропил; *б* — из железобетонных балок; *в* — из треугольных железобетонных рам; *г* — из висячих стропил (ферм) с подвесным потолком: *1* — сплошная карнизная обрешетка; *2* — обрешетка; *3* — стропильные ноги; *4* — подкос; *5* — ригель; *6* — чердачное перекрытие; *7* — мауэрлат; *8* — железобетонная балка; *9* — железобетонная панель; *10* — треугольная железобетонная рама; *11* — балка подвесного потолка; *12* — стропильная ферма.

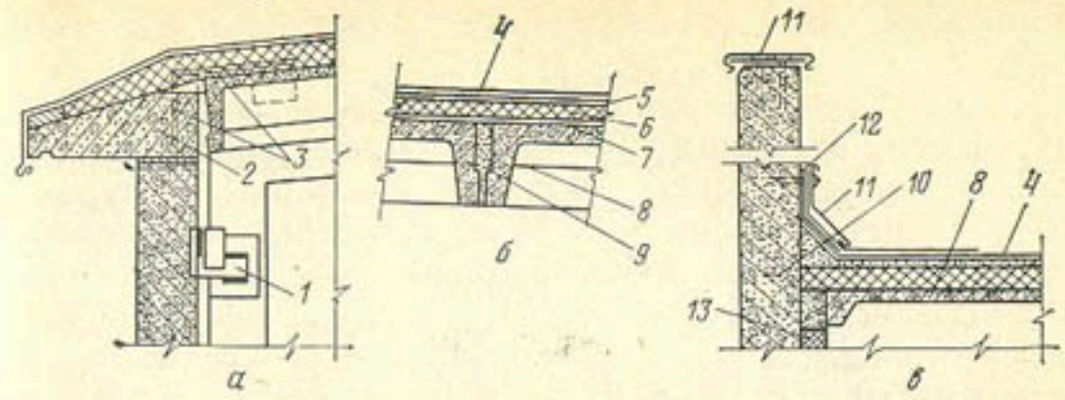


Рис. 18.19. Конструкция отдельных элементов покрытий промышленных зданий:

а — карнизный узел стен; *б* — конструкция покрытия; *в* — примыкание покрытия к парапету: *1* — крепление стеновой панели к балке покрытия; *2* — карнизная панель; *3* — крепление карнизной панели к плите покрытия; *4* — водоизоляционный слой; *5* — цементная стяжка; *6* — утеплитель; *7* — пароизоляция; *8* — плита покрытия; *9* — цементно-песчаный раствор; *10* — парапетная панель; *11* — оцинкованная кровельная сталь; *12* — герметизирующая мастика; *13* — пороизоловый жгут.

конструктивного решения покрытия: беспрогонная, когда крупноразмерные унифицированные панели укладывают в продольном направлении непосредственно по балкам и фермам покрытия, и прогонная, когда по основным балкам покрытия укладывают прогоны из железобетонных или стальных балок, а по ним укладывают в поперечном направлении настил из мелких плит. Для небольших пролетов (6 и 9 м) балки покрытия делают таврового сечения с ненапряженной арматурой, для пролетов 12...18 м — двутавровые с предварительным напряжением. При пролетах более 18 м применяют цельные или составные (собираемые на площадке) треугольные, полигональные и сегментные железобетонные фермы. По плитам покрытия, которые служат его несущим основанием, устраивают паро- и теплоизоляцию, стяжку и кровлю (рис. 18.19). Плиты покрытия приваривают к железобетонным и стальным несущим конструкциям (балкам, фермам), а швы между ними замоноличивают. Для устройства теплоизоляционного слоя используют газо- и пенобетон, пеносиликат, минеральные плиты, шлак или керамзит. После устройства выравнивающей стяжки настилают рулонную кровлю из двух-четырех слоев рубероида на битумной мастике или кровлю другого вида. Для устройства покрытий помещений с нормальной или пониженной влажностью применяют плиты из легких бетонов, что избавляет от необходимости укладки теплоизоляционного слоя. При холодных покрытиях поверхность плит выравнивают цементным раствором или асфальтом

(делают выравнивающую стяжку) и наклеивают рулонный ковер.

В сельскохозяйственных производственных зданиях для устройства покрытий применяют железобетонные односкатные балки, треугольные безраскосные фермы, полурамы. Односкатные балки предназначены для устройства покрытий зданий с кровлей из железобетонных плит или асбестоцементных листов при уклоне 25% и шаге колонн в продольном направлении 6 м. Треугольные безраскосные фермы перекрывают пролеты 6, 12 и 18 м; шаг колонн в продольном направлении 6 м. Пролеты между фермами перекрывают железобетонными плитами. Фермы в совокупности с односкатными балками позволяют возводить здания различной ширины. Для устройства каркасов сельскохозяйственных производственных зданий с вентилируемым утепленным покрытием из железобетонных плит и кровлей из асбестоцементных волнистых листов предназначены железобетонные рамы пролетом 12, 18 и 21 м. Шаг рам 6 м. Рамы состоят из двух Г-образных полурам, шарнирно соединенных с фундаментами и в коньковом узле. Продольная жесткость каркаса здания обеспечивается приваркой железобетонных плит покрытия к рамам.

В сельскохозяйственных производственных отапливаемых зданиях с относительной влажностью внутреннего воздуха до 75% и в неотапливаемых зданиях, в которых нет выделения водяных паров и отсутствует агрессивная газовая среда, в качестве несущих элементов применяют клееные деревянные конструкции. Такие конструкции изготовляют в специальных цехах деревообрабатывающих предприятий из хвойных пород — сосны, ели. Древесину склеивают клеями на основе фенолформальдегидных и резорциновых смол. Используют следующие клееные деревянные конструкции: металлодеревянные треугольные фермы пролетом 18 и 21 м; трехшарнирные арки пролетом 9, 12 и 18 м; гнутоклееные рамы пролетом 12, 18 и 21 м (из двух Г-образных полурам); трехшарнирные стрельчатые арки пролетом 12, 18 и 24 м для складов минеральных удобрений. Покрытие по фермам, аркам и рамам устраивают из облегченных утепленных плит или из настила по деревянным прогонам. Устойчивость верхних поясов и общая жесткость каркаса обеспечивается устройством соответствующих связей. Металлодеревянные треугольные фермы и трехшарнирные арки опираются на железобетонные колонны или несущие стены.

В административных, общественных и жилых зданиях устраивают неэксплуатируемые (используемые только в качестве ограждений) и эксплуатируемые (используемые в качестве площадок для отдыха, спортивных занятий) покрытия. Их делают сплошными или вентилируемыми. В последних между утеплителем и кровлей создают воздушные прослойки (продухи) для осушения покрытий и предохранения их от перегрева солнечными лучами. В эксплуатируемых покрытиях для защиты гидроизоляции от повреждений и неблагоприятных атмосферных условий поверх рулонного ковра на горячей мастике укладывают дренирующий слой из мелкого гравия, а затем пол из бетонных или каменных плит.

Для защиты помещений промышленных зданий от перегрева солнечными лучами в летнее время и повышения долговечности рулонного ковра кровли, особенно в условиях Средней Азии, на плоские покрытия наливают воду слоем толщиной 25...100 мм. При этом устраивают по периметру покрытия бортики и парапеты, а на кровле водоприемные воронки внутреннего стока, оборудованные вставными переливными втулками. Водонаполненные покрытия обеспечивают постоянный температурно-влажностный режим в здании.

В покрытиях промышленных и общественных зданий для лучшего освещения рабочих мест и аэрации (проветривания) помещений устраивают фонари. Различают светоаэрационные и зенитные фонари. Светоаэрационные фонари состоят из деревянного, стального или железобетонного несущего каркаса и ограждения — ленточного остекления в виде глухих и открывающихся переплетов. Зенитные фонари имеют вид прозрачных куполов с двухслойным светопропускающим элементом из органического стекла или возвышающихся над кровлей остекленных поверхностей.

При перекрытии пролетов более 36 м используют пространственные покрытия в виде сводов, куполов, цилиндрических оболочек, складчатых конструкций, оболочек двоякой кривизны и висячие (вантовые) (рис. 18.20). У цилиндрических и сферических сводов распор погашается затяжками, массивными стенами, контрфорсами. Цилиндрические оболочки, складчатые своды и оболочки двоякой кривизны представляют тонкостенные безраспорные криволинейные конструкции с закрепленными краями. Своды и оболочки чаще всего изготовляют из железобетона и армоцемента, иногда с применением металла, дерева, пластмасс и

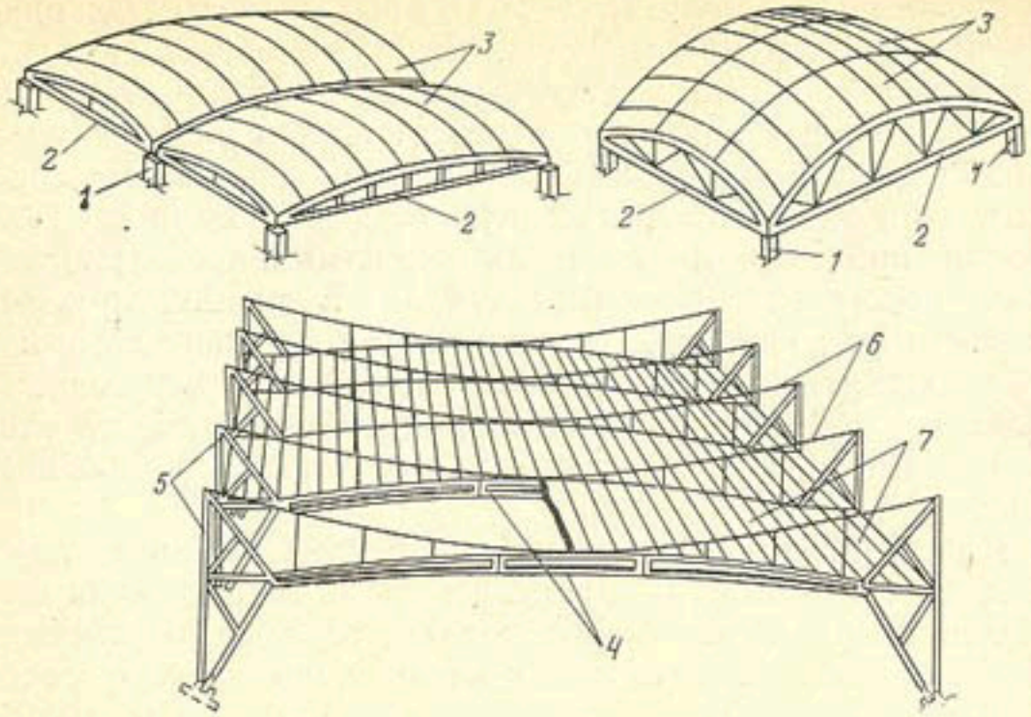


Рис. 18.20. Пространственные покрытия из оболочек двоякой кривизны, пространственных сводов и висячее (вантовое):
1 — колонны; *2* — фермы; *3* — оболочки; *4* — балки покрытия; *5* — опоры; *6* — стальные канаты (ванты); *7* — плиты покрытия.

камня. Наиболее широко распространены оболочки цилиндрические, складчатые и двоякой кривизны. Значительно легче жестких оболочек и экономичнее их по расходу металла висячие (вантовые) покрытия. Они состоят из системы натянутых стальных канатов-вантов с уложенными по фермам плитами. Распор висячие покрытия передают на жесткий или гибкий опорный контур.

Стоимость чердачных крыш гражданских зданий составляет 1,5...2% стоимости здания, а трудоемкость — 1,3...4%. Покрытия в 1,5 раза менее трудоемки, чем скатные чердачные крыши, и на 10...15% дешевле их. Стоимость покрытий одноэтажных промышленных зданий составляет 30...48% стоимости здания, многоэтажных — 10...13%, стоимость фонарей — 7...12%. Бесфонарные здания экономичнее зданий с фонарями по строительным затратам на 5...8%, а по эксплуатационным на 6...10% благодаря существенному снижению теплопотерь и исключению необходимости в ремонте и уходе за остеклением.

79. Кровли

Кровли должны быть водонепроницаемыми, легкими, долговечными, красивыми и простыми в устройстве. Их делают из различных рулонных и штучных материалов, мастик.

Рулонные кровли (рис. 18.21, *а*) обычно выполняют из двух — пяти (в зависимости от их уклона) слоев рубероида или толя, настилаемых поверх подкладочного беспокровного материала (пергамина, толя-кожи, гидроизола). Основанием для этих кровель служат покрытия из железобетонных плит (настила, панелей), настил из досок, цементная стяжка. Полотнища подстилающего и водонепроницаемого слоев наклеивают с помощью битумных или дегтевых мастик с напуском (впахлестку) параллельно коньку при уклонах до 15%, перпендикулярно коньку при уклонах более 15%. В примыканиях кровли к стенам и в разжелобках наклеивают дополнительные слои материала. При уклонах крыш и покрытий до 2,5% кровлю делают из четырех слоев и более.

Асбестоцементные кровли из волнистых и полуволнистых листов (см. рис. 18.21, *б*) делают в чердачных крышах с уклоном не менее 19%. Волнистые листы усиленного (ВУ) и унифицированного профилей применяют в покрытиях промышленных зданий. Укладывают листы рядами с напуском вдоль ската на 10 см, а в перпендикулярном к нему направлении — на полволны. Листы крепят к железобетонным брускам стальными крюками, под головки которых подкладывают шайбы из резины или рубероида. Кровли из волнистых листов обыкновенного профиля (ВО) настилают по деревянной обрешетке из брусков или досок. Коньки, ребра скатов, ендовы и примыкания кровель к стенам перекрывают специальными профильными элементами или выполняют из кровельной стали. Асбестоцементные кровли легкие, огнестойкие и долговечные, однако из-за хрупкости легко повреждаются.

В последнее время в качестве кровельного материала широко используют волнистые стеклопластиковые листы, которые укладывают на обрешетку и крепят к ней гвоздями.

Кровли из листовой черной или оцинкованной стали настилают по обрешетке из деревянных брусков (рис. 18.21, *в*). У карниза, ендов, в местах расположения горизонтальных стыков, на переломах крыши обрешетку делают из досок. У вентиляционных и дымовых труб кромки

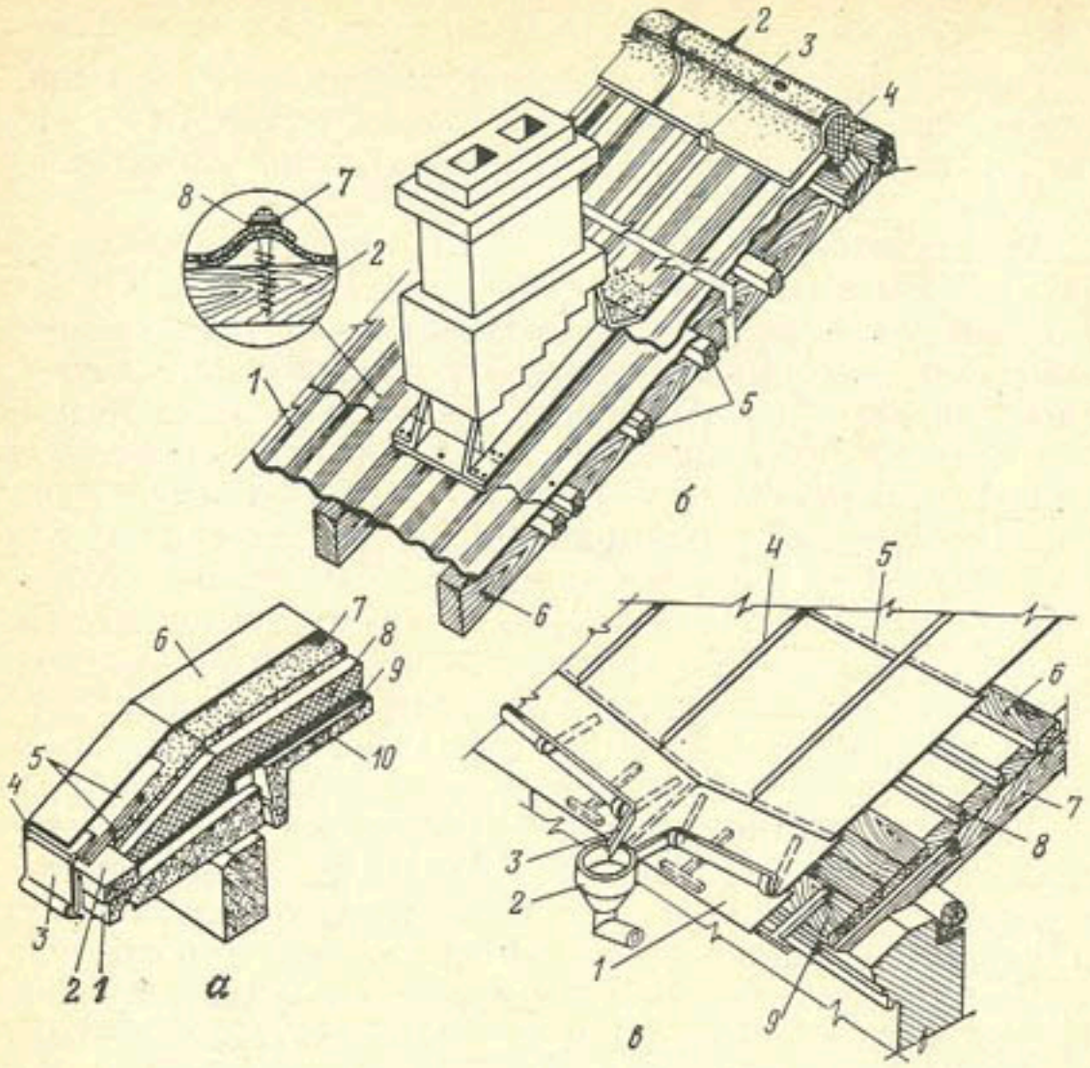


Рис. 18.21. Кровли:

а — рулонная по железобетонным плитам покрытия: *1* — карнизная плита; *2* — антисептированный брусок; *3* — оцинкованная сталь; *4* — буртик; *5* — дополнительные слои водоизоляционного ковра; *6* — водоизоляционный ковер; *7* — цементная стяжка; *8* — утеплитель; *9* — пароизоляция; *10* — плита покрытия; *б* — из волнистых асбестоцементных листов: *1* — волнистый лист; *2* — листы конька; *3* — крепежный анкер; *4* — рубероид; *5* — обрешетка; *6* — стропильная нога; *7* — крепежный шуруп; *8* — шайба; *в* — из листовой кровельной стали; *1* — картина карнизного свеса; *2* — воронка водосточной трубы; *3* — лоток; *4* и *5* — стоячий и лежачий фальцы; *6* — доска под лежачий фальц; *7* — стропильная нога; *8* — обрешетка; *9* — сплошной карнизный настил.

листов загибают кверху, создавая тем самым барьер, который не допускает попадания воды в примыкания кровель к трубам. Стальные кровли легкие, но недолговечные и требуют частой покраски и ремонта.

Сброс воды с крыш и покрытий может быть свободным или организованным, наружным или внутренним. В однопролетных одноэтажных промышленных зданиях осуществляется свободный наружный сток воды по всему свесу кровли. В многопролетных зданиях устраивают обычно

организованный сток с отводом воды в дождевую канализацию с помощью водоприемных воронок, которые располагают в пониженных местах ендов встречных скатов и вдоль наружных стен. При организованном наружном водостоке со скатных кровель воду отводят с помощью наклонных наружных желобов и водосточных труб из кровельной стали.

80. Полы

Полы устраивают непосредственно по грунту (в одноэтажных зданиях, подвалах, иногда на первых этажах) или по междуэтажным перекрытиям. Они состоят из верхней одежды (покрытия или чистого пола), несущей конструкции, звуко- и гидроизоляционных прослоек (рис. 18.22). Полы должны быть прочными, жесткими, нескользкими и бесшумными при ходьбе, гигиеничными (обладать малым теплоусвоением, не выделять пыли, легко очищаться от грязи), красивыми, индустриальными, экономичными и по возможности должны выполняться из местных материалов. В отдельных случаях к полам предъявляют требования по водонепроницаемости, звуко- и теплоизоляции, несгораемости, стойкости против высоких температур, воды, химических веществ и т. п. Основным элементом полов является покрытие — их верхняя одежда, воспринимающая различные механические, физические и химические воздействия. Полы подразделяют по материалу на металлические, из минеральных материалов (грунтовые, бетонные, цементно-песчаные, асфальтобетонные, керамические, ксилолитовые, каменные), деревянные, из синтетических материалов. По виду покрытия различают полы сплошные (бесшовные), штучные (из отдельных мелких плиток, плит, щитов или досок) и рулонные. По степени теплоусвоения покрытия полы бывают «теплыми» (устраивают в помещениях с длительным пребыванием людей) и «холодными», по характеру деформации — жесткими, упругими и эластичными. Для распределения нагрузки от пола устраивают подготовку из прочного уплотненного грунта, бетона, песка или щебня. Для предохранения помещений от влаги под половым покрытием устраивают паро- и гидроизоляцию. При наличии грунтовых вод гидроизоляцию укладывают между подготовкой и грунтом или подготовкой и пригрузочным бетоном, что позволяет компенсировать гидростатический напор воды. Звуко- и теплоизоляционные функции пола выполняют слои шлака, керамзита,

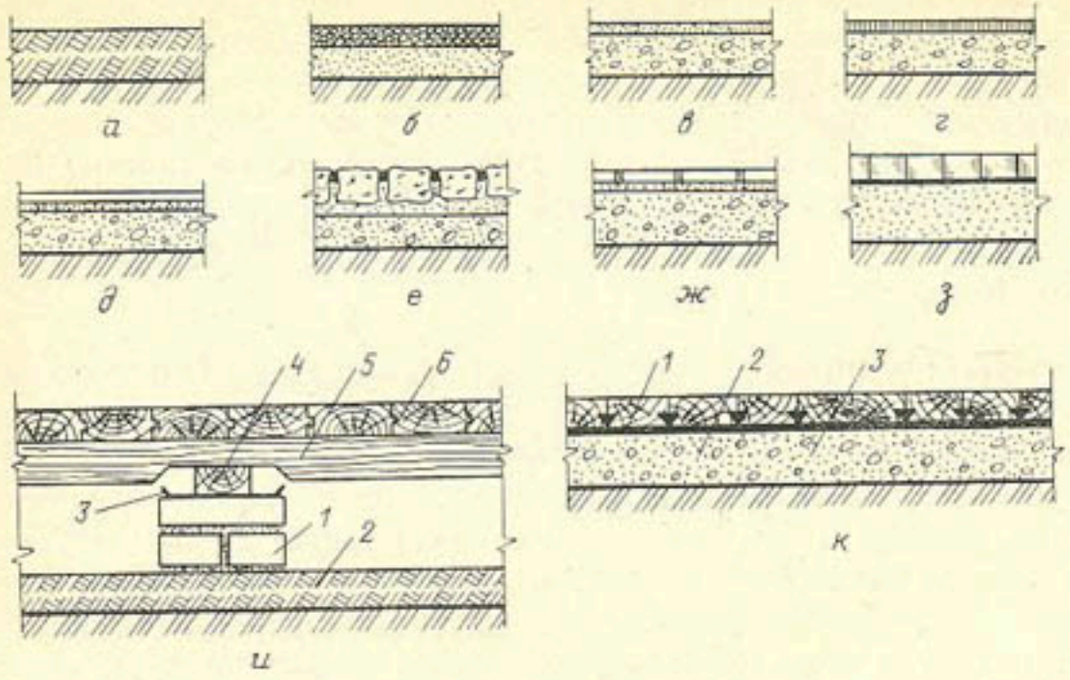


Рис. 18.22. Полы:

а — глинобитный; *б* — гравийный (щебеночный) с пропиткой битумом; *в* — бетонный; *г* — асфальтобетонный; *д* — с рулонным покрытием из линолеума; *е* — брусчатый; *ж* — из бетонных плит; *з* — торцовый; *и* — из полового бруса по кирпичным столбикам: *1* — кирпичный столбик; *2* — подготовка из уплотненного грунта; *3* — гидроизоляция; *4* — подкладка; *5* — лага; *6* — половой брус; *к* — паркетный: *1* — мастика; *2* — паркетная клепка; *3* — бетонная подготовка (основание).

легких бетонов, минераловатных плит и других материалов, укладываемые на несущую часть перекрытия. Существенно повышает звукоизоляцию полов и обеспечивает удаление парообразной влаги вентилируемое подполье.

Грунтовые полы могут быть земляными, глинобитными (из смеси глины и песка) и глинобетонными (при добавлении в смесь щебня или шлака). Они хорошо противостоят ударам и высоким температурам, но образуют много пыли. Устраивают их в складских помещениях, термических цехах, подвалах.

Гравийные и щебеночные полы выполняют из двух-трех слоев смеси гравия или щебня с песком или каменной мелочью, пропитываемых битумом и уплотняемых катками.

Бетонные полы устраивают монолитными или штучными из бетонных плит на цементном растворе по жесткой подготовке из бетона марки не ниже 200 с толщиной покрытия до 40 мм.

Цементно-песчаные полы устраивают толщиной до 30 мм из цементного раствора марки не ниже 100 по жесткой подготовке толщиной до 200 мм. Для повышения водостой-

кости и водонепроницаемости эти полы, так же как и бетонные, до начала схватывания свежеуложенного раствора (бетонной смеси) посыпают сухим цементом и затирают стальными гладилками (железнят). Бетонные и цементные полы применяют в помещениях со значительными влаговыделениями, а также в проездах, предназначенных для транспорта на резиновом ходу.

Асфальтовые и дегтебетонные полы выполняют из одного или нескольких слоев. Для их устройства используют горячие смеси битумной (дегтевой) мастики с тонкомолотыми заполнителями (каменной мукой, золой и др.), песком, щебнем или гравием, укладываемые на жесткую подготовку из щебня или низкомарочного бетона. Эти полы имеют достаточную прочность, упругость, водонепроницаемость, химическую стойкость, но размягчаются при повышении температуры и под действием статической нагрузки образуют вмятины.

Мозаичные полы выполняют из укладываемого на бетонное основание декоративного цементного раствора с мраморной крошкой (иногда с красителем). Такие полы обязательно обрабатывают машинами для получения гладкой, отшлифованной поверхности.

В помещениях и зданиях общественного назначения полы часто делают из камней или плит естественных пород— мрамора, гранита, сиенита, диорита, песчаника и др., которые укладывают на тщательно выровненную поверхность бетонного основания на цементном растворе.

Керамические полы, обладающие большой долговечностью, устраивают из глиняного обыкновенного кирпича, из клинкера или из керамических плиток. Кирпичи укладывают на ребро по песчаной подготовке или плашмя по бетону с заполнением швов песком, битумом или цементным раствором. Для устройства полов из керамических плиток применяют плитки разных форм (квадратные, восьмигранные, шестигранные), цвета и рисунка. Плитки укладывают на цементном растворе или битумной мастике по жесткому основанию. Из плиток малых размеров на заводе изготовляют плиты ковровой мозаики путем наклеивания их на листы плотной бумаги по какому-нибудь рисунку. Готовые плиты ковровой мозаики укладывают на раствор бумагой кверху, затем бумагу смывают, а швы между плитками заполняют цементным раствором. Керамические полы устраивают в помещениях с повышенными санитарными требованиями и значительными влаговыделениями, в лестничных

клетках, вестибюлях, машинных залах насосных и гидроэлектрических станций.

Деревянные полы имеют наибольшее распространение в административных и жилых зданиях. К ним относятся полы дощатые, паркетные, из древесно-стружечных или древесно-волокнистых плит, торцовые. При устройстве дощатых полов по грунту сплачиваемые в шпунт доски толщиной 29...37 мм прибивают гвоздями к деревянным лагам, укладываемым на кирпичные столбики или на подготовку. При настилке полов по перекрытию лаги укладывают на звукоизоляционные прокладки перекрытия. Дощатые полы остругивают и окрашивают. Паркетные полы изготовляют из наборного, щитового и мозаичного паркета. Наборные полы настилают из дубовой, буковой, березовой клепки (дощечек). К дощатому основанию шпунтовую клепку на прослойке из строительного картона прибивают гвоздями. К бетонному основанию клепку с косыми фальцами приклеивают битумной мастикой. Более эффективны щитовые паркетные полы заводского изготовления. Щиты прибивают к лагам или черному полу гвоздями. При жестком основании (плиты перекрытия) щиты укладывают на битумную мастику. Мозаичный паркет представляет мелкую клепку, наклеенную лицевой стороной на плотную бумагу соответствующих размеров. После приклейки мозаичных полотен к основанию с помощью половой битумной мастики бумагу смывают. Паркетные полы циклюют и натирают мастикой или покрывают лаком. Паркетные полы теплые, непыляющие, отличаются от дощатых большей долговечностью и красивым внешним видом, но имеют высокую стоимость. Полы из твердых древесно-волокнистых плит делают двух- и трехслойными. Плиты укладывают на бетонное основание из монолитного или плитного бетона, после чего их окрашивают масляной краской. Торцовые полы выкладывают из деревянных антисептированных прямоугольных или шестигранных шашек по песчаной или битумной прослойке. Эти полы теплые, упругие, бесшумные, мало истираются, хорошо поддаются ремонту, но требуют большого расхода древесины. Применяют их в механических, сборочных и ремонтных цехах.

Полы из синтетических материалов могут быть рулонными, плиточными и бесшовными. Рулонные полы из линолеума или релина приклеивают специальными клеями или мастиками на выровненное деревянное или бетонное основание. Весьма распространены в общественных зданиях

полы из синтетических ворсовых покрытий, полотнища которых расстилают на основание без приклеивания, закрепляют по периметру плинтусом. В настоящее время широко распространены плиточные полы из древесно-стружечных плит, обработанных синтетическими смолами и покрытых лаками и эмалями, и из плиток, изготовленных на основе полимеров. Они обладают лучшими декоративными возможностями, легко ремонтируются, однако более трудоемки. В производственных и общественных зданиях устраивают бесшовные (наливные) полы, изготовляемые в виде монолитного ковра толщиной 2...4 см из затвердевшей смеси синтетической смолы и наполнителя (кварцевой муки, красителя и т. д.) по жесткому основанию. Полы из синтетических материалов износоустойчивы, обладают малым теплоусвоением, эластичны, удобны при уборке и нетрудоемки при устройстве.

Стоимость полов гражданских зданий составляет 10...18% стоимости здания, промышленных — 10...15%, трудоемкость — 12...20%. Наиболее эффективны по стоимости бесшовные мастичные полы, затем идут полы из рулонных синтетических материалов. Они экономичнее дощатых по затратам труда в 1,5...2,5 раза и по стоимости на 30...50%.

81. Перегородки и лестницы

Перегородки (рис. 18.23 и 18.24) должны отвечать требованиям по звукоизоляции, прочности, устойчивости, санитарии и гигиене, огнестойкости, индустриальности, экономичности и др. Их классифицируют по материалу, конструкции, месту расположения, способу возведения, ограждающему назначению и степени возгораемости. Конструктивное решение и тип перегородки выбирают с учетом ее назначения, технологического процесса внутри помещения и других факторов. Опорами для перегородок в подвальных этажах и в первых этажах бесподвальных зданий служат бетонная подготовка или кирпичные столбики, во втором и последующих этажах — несущие элементы междуэтажных перекрытий (плиты, панели, балки). Деревянные столярные перегородки можно устанавливать непосредственно на полы.

Крупнопанельные перегородки из гипсобетона, пеносиликата, легких бетонов, камышита изготовляют в заводских условиях размером на помещение глухими и с проема-

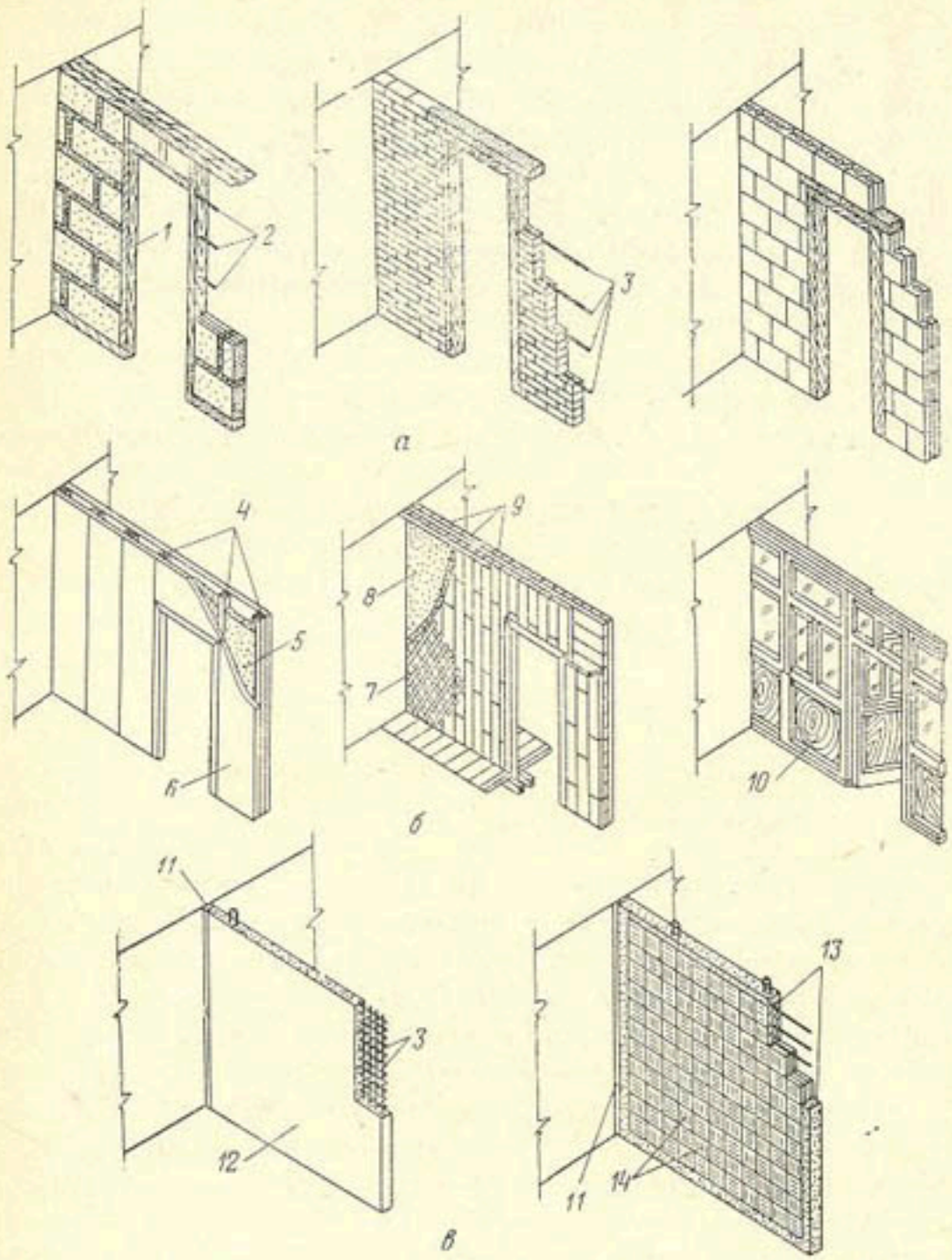


Рис. 18.23. Перегородки гражданских и общественных зданий:

а — из мелкоразмерных каменных материалов (гипсобетонных плит, кирпича, шлакобетонных камней); *б* — деревянные (щитовые, дощатые, столярные); *в* — из крупных железобетонных и стеклоблоковых панелей: *1* — обвязка; *2* — штыри металлические; *3* — арматура; *4* — стойки; *5* — заполнитель; *6* — лист сухой штукатурки; *7* — дранка; *8* — штукатурка; *9* — дощатые щиты; *10* — столярный щит; *11* — цементный раствор; *12* — железобетонная панель; *13* — железобетонная каркасная рама; *14* — стеклоблоки.

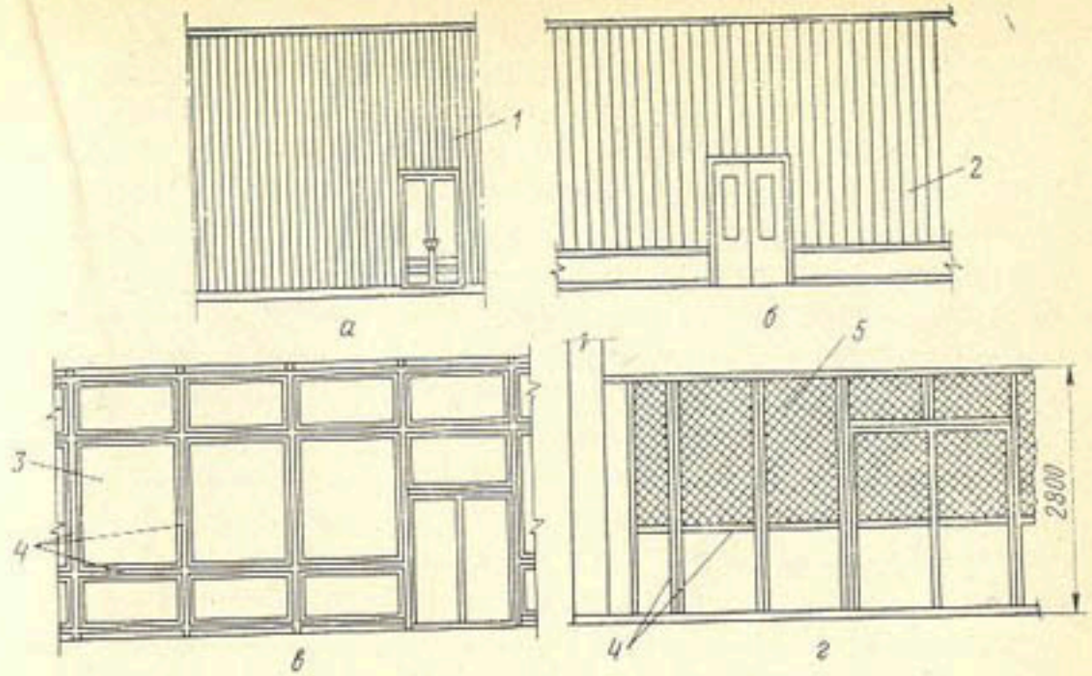


Рис. 18.24. Перегородки промышленных зданий:

а — из стального профилированного листа; *б* — из стекора; *в* — остекленная; *г* — из металлической сетки: *1* — стальной профилированный лист; *2* — профилированный стекор; *3* — стекло; *4* — стальной каркас; *5* — металлическая сетка.

ми, армированными и без арматуры. Наибольшее применение находят вибропрокатные плоские перегородочные панели толщиной 80...100 мм из гипсобетона с заполнением из шлака, опилок, легких минеральных и органических материалов. Для придания панелям жесткости их армируют деревянными рейками или стальной арматурой. Они имеют гладкие поверхности, подготовленные под окраску или оклейку обоями. Междуквартирные перегородки монтируют из двух панелей со сплошной воздушной прослойкой или мягкой прокладкой между ними. Для промышленных зданий используют вибропрокатные стекложелезобетонные перегородочные панели. Перегородочные панели крепят к перекрытиям специальными анкерами, а к стенам с помощью ершей. Места примыкания панелей к стенам и потолкам тщательно зачеканивают звукоизоляционным материалом и заделывают раствором.

Плитные перегородки выполняют из гипсобетонных, пеносиликатных, фибролитовых и других крупных и мелких плит. В местах расположения дверных проемов устраивают обвязку из брусков. Мелкие плиты с полукруглыми пазами по граням укладывают на длинное ребро с перевязкой швов и заливкой жидким гипсовым раствором всех каналов-пазов, после чего поверхность перегородки зати-

рают гипсовым раствором. Плитные перегородки весьма трудоемки и применяют их лишь при невозможности использования или при отсутствии крупных панелей.

Каменные перегородки из легкобетонных и керамических камней, кирпича выполняют с перевязкой швов на сложном растворе. Перегородки из пустотелых камней толщиной до 190 мм возводят без армирования; перегородки толщиной в $^1/_2$ кирпича при высоте более 3 м армируют стальной арматурой в горизонтальных швах через пять-шесть рядов кладки; для перегородок в $^1/_4$ кирпича делают арматурный каркас с размером ячеек 500×500 мм. Каменные перегородки оштукатуривают с обеих сторон.

Деревянные перегородки бывают щитовые, дощатые, столярные и каркасные. Их устанавливают обычно в малоэтажных зданиях. Щитовые перегородки собирают из стандартных щитов заводского изготовления большим размером на высоту помещения, шириной 500 мм и толщиной 80 мм с обшивкой сухой штукатуркой либо с оштукатуриванием по дранке. Складывающиеся щитовые перегородки применяют для временного разъединения отдельных помещений путем их раскрытия. Они состоят из набора створок, соединенных петлями, и деревянной обвязочной рамы с верхними и нижними металлическими направляющими профилями.

Дощатые перегородки устраивают из устанавливаемых вертикально досок толщиной 50 мм, сплачиваемых шипами, располагаемыми в шахматном порядке по высоте. Для повышения звукоизоляции нашивают второй слой досок толщиной 25 мм с прокладкой картона. С обеих сторон их отделывают сухой или мокрой штукатуркой, декоративным пластиком и др. Столярные перегородки монтируют из глухих или остекленных щитов, отделанных шпоном ценной древесины или пластиком, непосредственно на чистом полу и закрепляют верхней и нижней обвязками. Каркасные деревянные перегородки состоят из стоек, обвязки, обшивки из досок и заполнения из шлака и т. п. Обеспечить нужную звукоизоляцию перегородок можно при условии устранения всех щелей и неплотностей в местах их примыкания к стенам, перекрытиям и другим конструкциям при правильном конструктивном решении в качестве исполнения.

В промышленных зданиях часто используют перегородки следующих видов: из стальных профилированных листов со звукоизоляцией из полужестких минераловатных плит; каркасно-металлические, заполненные листовым материалом (металлическими листами, асбестоцементными или древесно-стружечными плитами, водостойкой фанерой, винипластом, стеклом, металлической сеткой); стальные щитовые.

В производственных и общественных зданиях устраивают перегородки из стеклоблоков, а также из стекора коробчатого и швеллерного сечения. Стекор устанавливают в смонтированный металлический или деревянный каркас. Швы между элементами коробчатого стекора уплотняют прокладками из поливинилхлорида и резины, а в сопряжениях с обвязкой — герметизирующей мастикой.

Перегородки в зданиях, особенно гражданских многоэтажных, являются наиболее массовыми конструкциями, но в то же время стоимость их 1 м² невелика. Так, 1 м² панельной гипсобетонной перегородки стоит 4,2 р., а стеклоблочных перегородок промышленных зданий — 9,5 р. Стоимость перегородок гражданских зданий составляет 7...10% сметной стоимости здания, трудоемкость — 16...20%. Стоимость перегородок производственных зданий составляет 3...5% стоимости здания.

Наиболее индустриальны и экономичны крупнопанельные гипсобетонные перегородки, которые вдвое дешевле деревянных щитовых и требуют втрое меньше затрат на монтаж.

Лестницы должны быть прочными и устойчивыми, удобными и безопасными в пользовании, обеспечивать достаточную пропускную способность для эвакуации людей, переноса мебели и оборудования, быть индустриальными и отвечать требованиям пожарной безопасности.

Лестницы состоят из наклонных маршей, горизонтальных площадок (этажных и междуэтажных) и ограждения (рис. 18.25). Марши включают несущие плиты или балки и ступени. Ступени опираются нижней плоскостью на косоуры (наклонные балки) или поддерживаются сбоку балками — тетивами. Число ступеней в марше должно быть не менее трех и не более 18. Наибольшая высота ступеней 18 см.

По назначению лестницы подразделяют на входные, основные (для повседневного сообщения между этажами и эвакуации), вспомогательные-служебные, аварийные и пожарные. Вспомогательные лестницы служат для служебного сообщения между этажами. Аварийные и пожарные лестницы обычно делают без лестничных клеток, открытыми и размещают их в удобных для доступа местах.

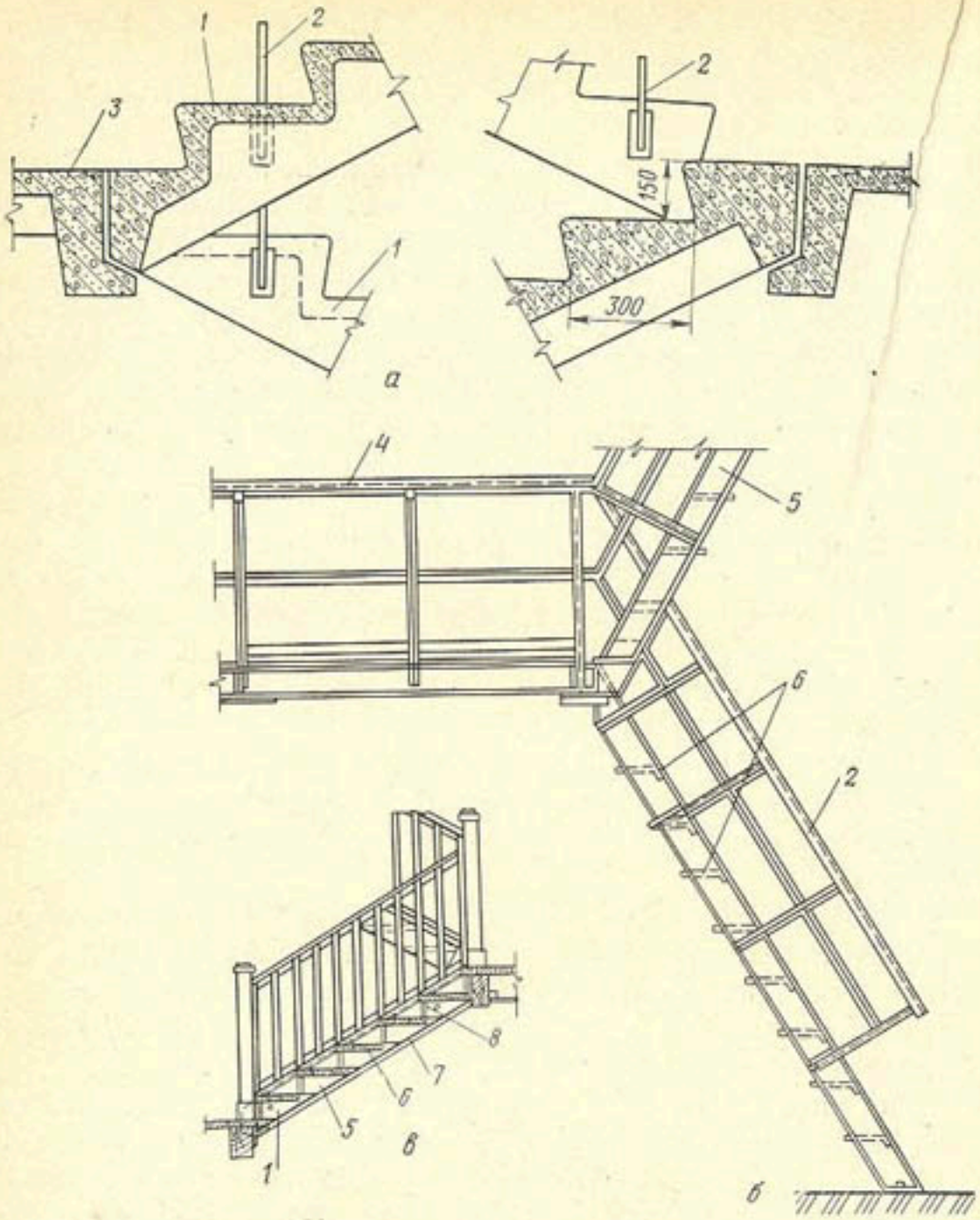


Рис. 18.25. Лестницы:

а — из железобетонных элементов; *б* — металлическая; *в* — деревянная: *1* — лестничный марш; *2* — ограждение; *3* — лестничная площадка; *4* — перила; *5* — тетива; *6* — проступи; *7* — подшивка; *8* — подступенок.

По числу маршей в пределах этажа лестницы бывают одно-, двух- и трехмаршевые. Уклон марша зависит от назначения лестницы: для жилых зданий 1 : 1,5, для общественных 1 : 2. В промышленных зданиях уклон маршей служебных стальных лестниц 1 : 1—1 : 2. Ширина маршей и переходных площадок должна соответствовать

назначению лестницы. В жилых зданиях наименьшая ширина основных лестниц 900 мм, в общественных 1 150 мм, служебных стальных 600, 800 и 1 000 мм. Ширина лестничных площадок должна быть не меньше ширины маршей. Размеры лестницы назначают исходя из высоты подъема (этажа), ширины марша и размеров ступеней.

По материалу различают лестницы железобетонные, каменные, металлические, деревянные и комбинированные (например, из бетонных ступеней по металлическим балкам). Лестницы выполняют сборными — из крупноразмерных (лестничных маршей и площадок) и мелкоразмерных (отдельных ступеней, укладываемых на косоурные балки и т. п.) элементов, а также монолитными. Крупноразмерные лестницы монтируют из цельных железобетонных маршей с отделанными или накладными мозаичными проступями (укладываемыми на растворе после монтажа маршей), а иногда со складчатыми ступенями. Выпускают и марши с двумя полуплощадками (этажной и междуэтажной). Площадки обычно изготовляют в виде плит с готовым чистым полом из керамических плиток и других материалов. Плиты имеют ребра по контуру, которыми они опираются на стены лестничной клетки. Металлические ограждения (перила с поручнями) высотой 900 мм крепят к боковой поверхности маршей. Мелкоразмерные элементы лестниц заполняют в виде отдельных косоуров, подкосоурных балок, ступеней, площадочных плит и ограждений. Подкосоурные балки опирают на стены лестничных клеток, в их гнезда устанавливают косоуры, на которые укладывают железобетонные или бетонные ступени из обычного или мозаичного бетона. Площадки монтируют из плоских, ребристых и пустотелых настилов. Служебные стальные лестницы имеют тетивы из швеллерной, угловой или полосовой стали; проступи, площадки и ограждения из листовой рифленой стали или из круглых стержней. Металлическим пожарным и аварийным лестницам придают значительный уклон (40... 60° и круче). Пожарные лестницы в зданиях высотой от 10 до 30 м устраивают вертикальными с креплением к стенам стальными упорами и анкерами. В многоэтажных промышленных и гражданских зданиях наружные лестницы совмещают функции пожарных и аварийных и сообщаются с помещениями через площадки и балконы, располагаемые на уровне эвакуационных выходов. Угол наклона маршей таких лестниц не более 45°, а ширина не менее 0,7 м. Они снабжаются ограждающими перилами высотой 0,8 м.

Стоимость и трудоемкость лестниц гражданских зданий составляет 1,5...2,5% стоимости и трудоемкости здания. Наиболее эффективны крупноразмерные железобетонные лестницы со складчатыми маршами. Их стоимость в 2. .. 3 раза, а трудоемкость монтажа в 7...8 раз меньше, чем у мелкоэлементных лестниц.

82. Окна, двери и ворота

Окна должны удовлетворять требованиям по тепло- и звукозащите, а также по архитектурной выразительности. Форма, размеры, пропорции и размещение окон зависят от необходимой освещенности помещений и их архитектурного решения.

В промышленных и сельскохозяйственных производственных зданиях и помещениях оконные проемы выполняют в виде отдельных окон, разделенных простенками, оконной сплошной ленты в один ряд или в несколько рядов по высоте здания либо в виде сплошного остекления (рис. 18.26). Площадь оконных проемов определяют с учетом обеспечения оптимальной освещенности помещения для нормального выполнения технологического процесса в нем, наименьших потерь тепла из здания, нормальных температурно-влажностных режимов внутри здания, естественной вентиляции. Оконные проемы промышленных зданий устраивают в основном из деревянных или металлических витражей (панелей) и реже железобетонных. Остекление переплетов витражей может быть одинарным, двойным или комбинированным. Оконные проемы заполняют светопрозрачными панелями из стекора швеллерного или коробчатого сечения или отдельными стекорными элементами, а также отдельными стеклянными пустотелыми блоками или стеклоблочными железобетонными оконными панелями. В животноводческих и птицеводческих зданиях устраивают ленточное остекление при толщине легкобетонных панелей и блоков 250...400 мм или оконные проемы шириной 4500 мм. Высота оконных проемов 915 или 1 215 мм.

Для жилых комнат световая площадь окон составляет $^1/_8$...$^1/_{10}$ площади пола, в зависимости от географической широты и ориентации здания по сторонам света. Увеличение площади светопроемов сверх нормативной ведет к потере тепла, удорожанию строительства и эксплуатации зданий. Например, если принять площадь оконных проемов равной $^1/_5$ площади пола вместо $^1/_8$, то площадь оконных проемов

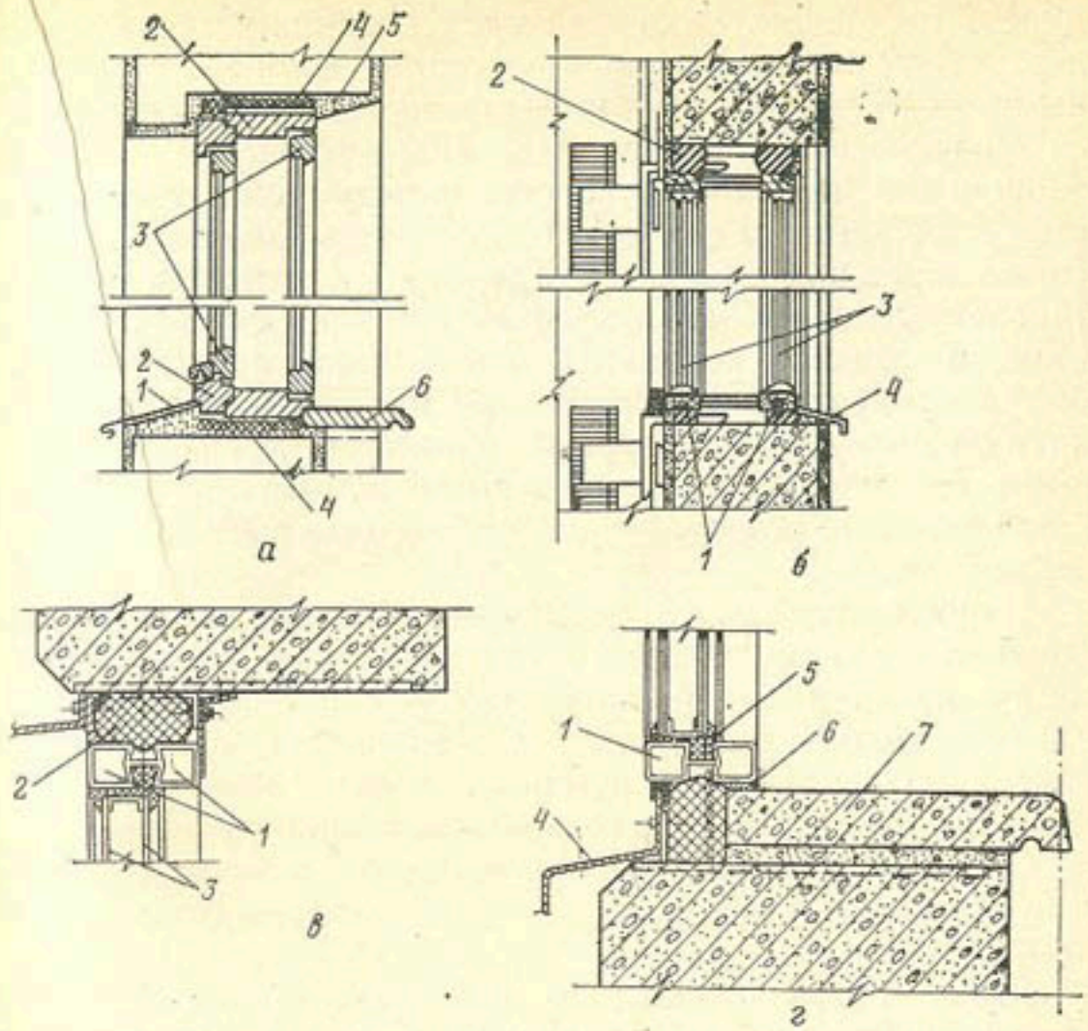


Рис. 18.26. Оконные проемы:

а — в гражданском здании: *1* — наружный слив; *2* — оконная коробка; *3* — створки; *4* — конопатка; *5* — откос; *6* — подоконная доска; *б* и *в* — в промышленном здании соответственно при деревянных и металлических переплетах: *1* — переплеты; *2* — утеплитель; *3* — стекло; *4* — отлив; *5* — уплотнитель; *6* — герметик; *7* — подоконная плита.

увеличится примерно на 60% и соответственно на 60% увеличатся расходы на отопление. Оконные проемы гражданских зданий заполняют оконными блоками, в которые входят оконные коробки и остекленные переплеты (вертикальные — створки, горизонтальные — фрамуги). По материалу переплетов различают окна деревянные, металлические, железобетонные, пластмассовые. Переплеты могут быть створными (подвижными) или глухими (неподвижными). Створные открываются внутрь помещений или наружу. К подвижным переплетам относятся также раздвижные и подъемные. С учетом климатических условий окна изготовляют с одинарным (в южных районах и неотапливаемых зданиях), двойным (в районах умеренного климата) и тройным (в северной зоне; в верхних этажах высотных зда-

ний) остеклением. В гражданских зданиях устанавливают деревянные оконные блоки двух серий: серии Р — с раздельными внутренними и наружными переплетами, серии С — со спаренными переплетами. При установке оконных блоков или деревянных коробок между ними и каменной стеной укладывают рулонный гидроизоляционный материал (толь, пергамин, рубероид). Крепят их к стеновым антисептированным деревянным пробкам ершами, а зазоры между ними и стенами конопатят, после чего откосы проемов оштукатуривают и устанавливают наружный слив и подоконную доску. Все створные элементы переплетов оснащают соответствующими оконными приборами (ручками, шпингалетами, стопорами, навесками, фрамужными устройствами и т. д.).

Наиболее просты и экономичны одинарные окна со стеклопакетами из двух стекол, герметично склеенных по периметру на стеклянной, пластмассовой или металлической рамке. Теплоизоляция окон со стеклопакетами выше, чем спаренных переплетов и обычных двойных окон, благодаря наличию прослойки сухого воздуха толщиной 20 мм.

Оконные проемы лестничных клеток, вспомогательных и служебных помещений заполняют стеклоблоками или стекором.

Двери подразделяют: по р а с п о л о ж е н и ю — на наружные (входные и балконные) и внутренние; по ч и с л у д в е р н ы х п о л о т е н — на однополотенные, двухполотенные и полуторные (с полотнами разной ширины); по с п о с о б у о т к р ы в а н и я — на распашные, раздвижные, вращающиеся (двери-турникеты) и подъемные (шторные); по к о н с т р у к ц и и — на глухие, остекленные и полностью из стекла. Обычно двери выполняют из дерева, но их делают также из стали, алюминия, закаленного стекла и пластмасс. Размеры дверей принимают по необходимой пропускной способности для эвакуации людей, по назначению здания, высоте этажей, а также с учетом габаритов проносимой мебели и оборудования в помещения. Дверные проемы (рис. 18.27) в стенах и перегородках заполняют дверными коробками, в которые устанавливают дверные полотна, или дверными блоками. Дверные коробки в проемах каменных стен устанавливают так же, как и коробки окон. В перегородках зазоры вокруг коробки конопатят и закрывают наличниками. Дверные полотна подразделяют на щитовые, обвязочные и решетчатые. Их оснащают дверными приборами (петлями, ручками, замками, задвижка-

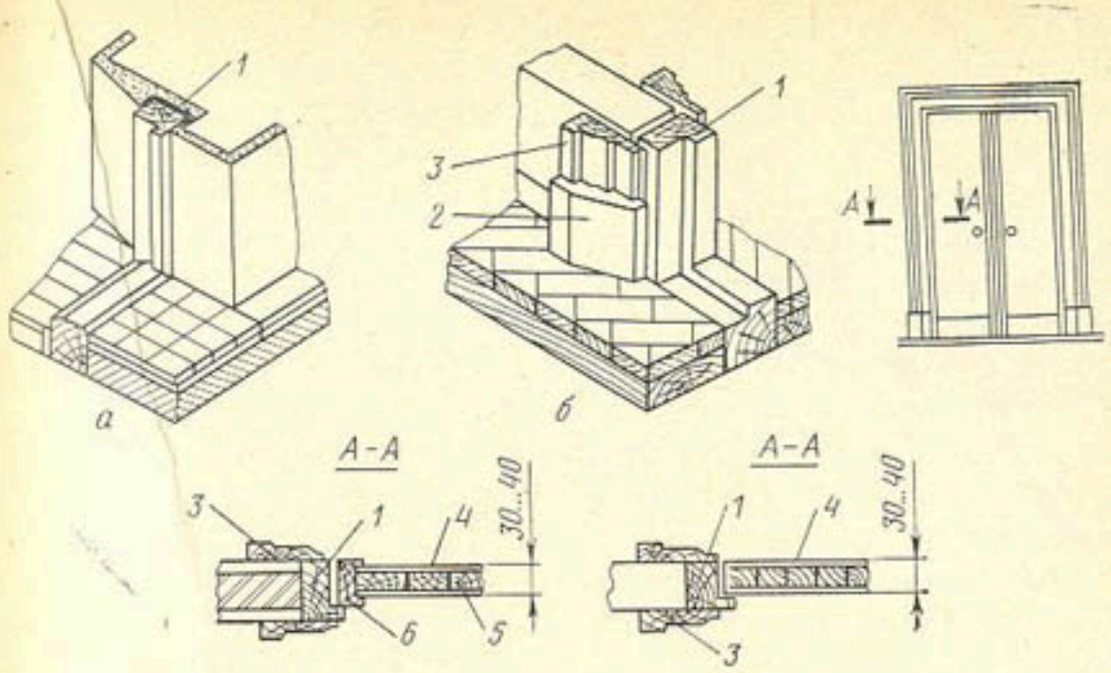


Рис. 18.27. Заполнение дверного проема:
а — в каменной стене; *б* — в перегородке: *1* — дверная коробка; *2* — тумбочка; *3* — наличники; *4* — листовая фанера; *5* — столярная плита; *6* — рамка полотна.

ми и т. д.). Наиболее трудоемки в исполнении филенчатые двери, состоящие из брусков обвязки и средников, в пазы которых вставлены филенки — дощатые, фанерные, древесно-стружечные или другие плиты. В наружных дверях филенки делают утолщенными — наплавными или двойными, с прокладкой теплоизоляции из войлока, пенопласта.

Входные двери, а иногда и внутренние двери общественных зданий выполняют из толстого (10. . .15 мм) закаленного стекла без обвязки или стекла в рамах из стальных или алюминиевых анодированных профилей. Стекла в рамы вставляют на резиновых обкладках и зажимают металлическими (пластмассовыми) раскладками на винтах.

В промышленных зданиях устраивают металлические противопожарные двери с несгораемой теплозащитой из вермикулита, перлита, асбестового картона и других материалов.

Стоимость окон и дверей гражданских зданий составляет 10. . .12% общей стоимости здания, трудоемкость — 8. . . 12%. Стоимость заполнения оконных, дверных и воротных проемов одноэтажных промышленных зданий составляет 3. . .5% общей стоимости здания, а многоэтажных — 12. . . 13%.

По расходу древесины окна со спаренными переплетами экономичнее окон с раздельными переплетами на 20. . .

30%, а по стоимости и затратам труда — на 10. . .20%. Щитовые двери из древесно-стружечных плит дешевле филенчатых на 35%. К тому же на щитовые двери необходимо всего 15. . .20% высокосортной древесины от общей потребности на двери.

Ворота промышленных и сельскохозяйственных производственных зданий устраивают распашными, раздвижными (рис. 18.28), откатными, створчато-складными, шторными, подъемными и габаритными. Они состоят из рам и полотен. Их изготовляют из стального или деревянного каркаса с заполнением досками или древесно-волокнистыми плитами с прокладкой между ними утеплителя или без него. Металлические ворота изготовляют из профильной или листовой строительной стали. Жесткость полотен повышают установкой стальных накладок и диагональных тяг с натяжными муфтами. Часто ворота имеют остекление в верхней части и калитки для прохода людей. Ворота, как правило, оборудуют механизмами для автоматического открывания, а зачастую и воздушными отопительными завесами, уменьшающими теплопотери. Воротные проемы обрамляют сборной железобетонной или стальной рамой, которую крепят в проеме стены с помощью анкеров.

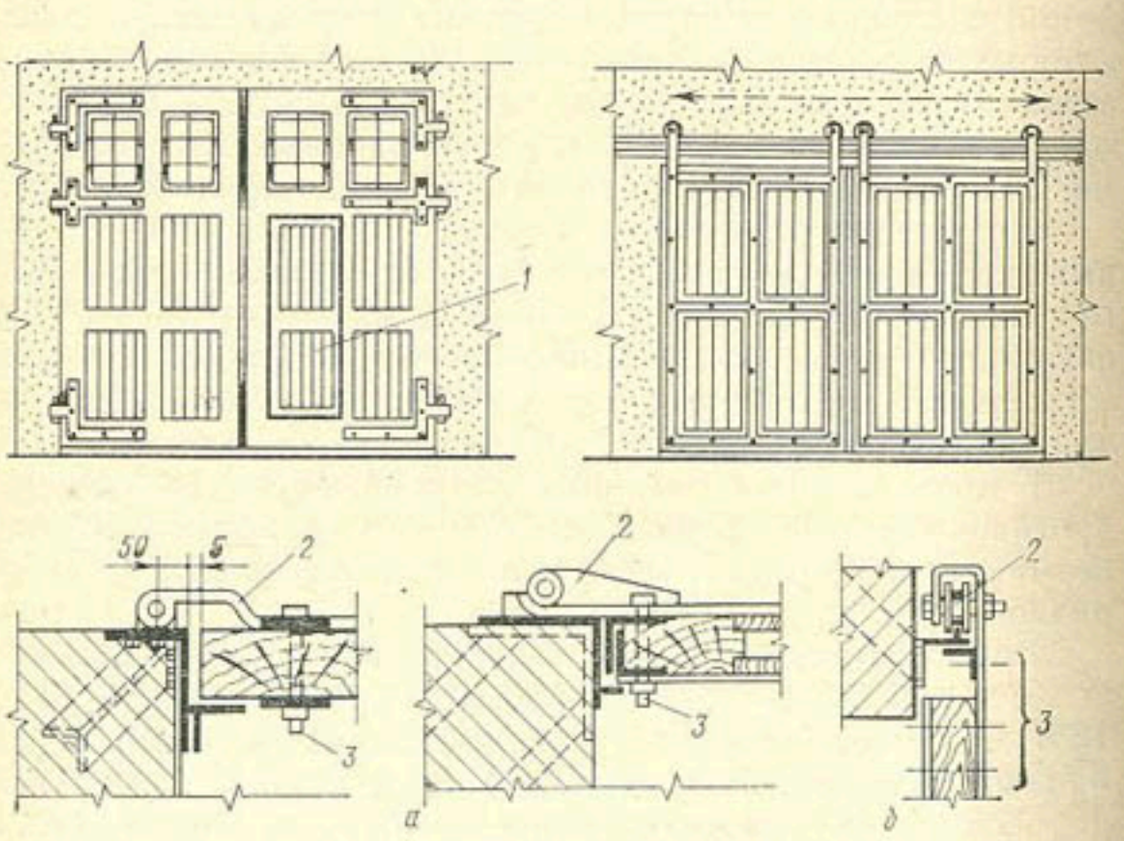


Рис. 18.28. Распашные (*а*) и раздвижные (*б*) ворота:
1 — калитка; *2* — петли; *3* — крепежные болты; *4* — опорный швеллер с анкерами.

83. Специальные элементы зданий

К специальным элементам зданий относят деформационные швы, противопожарные преграды, наружные пристройки (балконы, эркеры, лоджии, веранды). Наружные пристройки жилых и общественных зданий улучшают их эксплуатационные качества, создают архитектурную выразительность и связь с окружающей природой.

Деформационные швы разделяют здание на независимые части (рис. 18.29). Их устраивают для предотвращения появления в конструкциях здания трещин, изгиба и других деформаций, вызываемых температурными колебаниями, различными нагрузками от отдельных частей зданий и сжимаемостью грунтов оснований под ними. К деформационным швам относятся температурные и осадочные швы. Кроме температурных и осадочных швов, в зданиях могут быть антисейсмические и усадочные швы.

Температурные швы делают в зданиях большой протяженности, в которых накапливаются огромные внутренние напряжения из-за расширения материала стен при повышении температуры. Эти швы разрезают здание от верха (обреза) фундамента до верха карниза. Расстояние между температурными швами назначают по нормам, в зависимости от климатических условий района строительства и материала несущего остова. В кирпичных стенах швы устраивают с пазом и гребнем, прокладкой между ними рулонной изоляции и конопаткой просмоленной паклей. В стенах со сплошной разрезкой в швы закладывают стальные компенсаторы. В местах швов каркас здания выполняют в виде парных колонн и ригелей. Перекрытия и покрытия консольно примыкают к швам и сопрягаются с помощью компенсаторов с изоляционной прокладкой.

Осадочные швы делают при строительстве зданий по очередям, пристройке нового здания к старому, при перепаде высот частей здания более чем на 10 м, неоднородных грунтах оснований и т. п. В отличие от температурных швов осадочные швы разрезают здание на всю высоту, включая весь фундамент до его основания. В результате осадочный шов может выполнять функцию температурного, и поэтому в надземной части их обычно совмещают. Темпера-

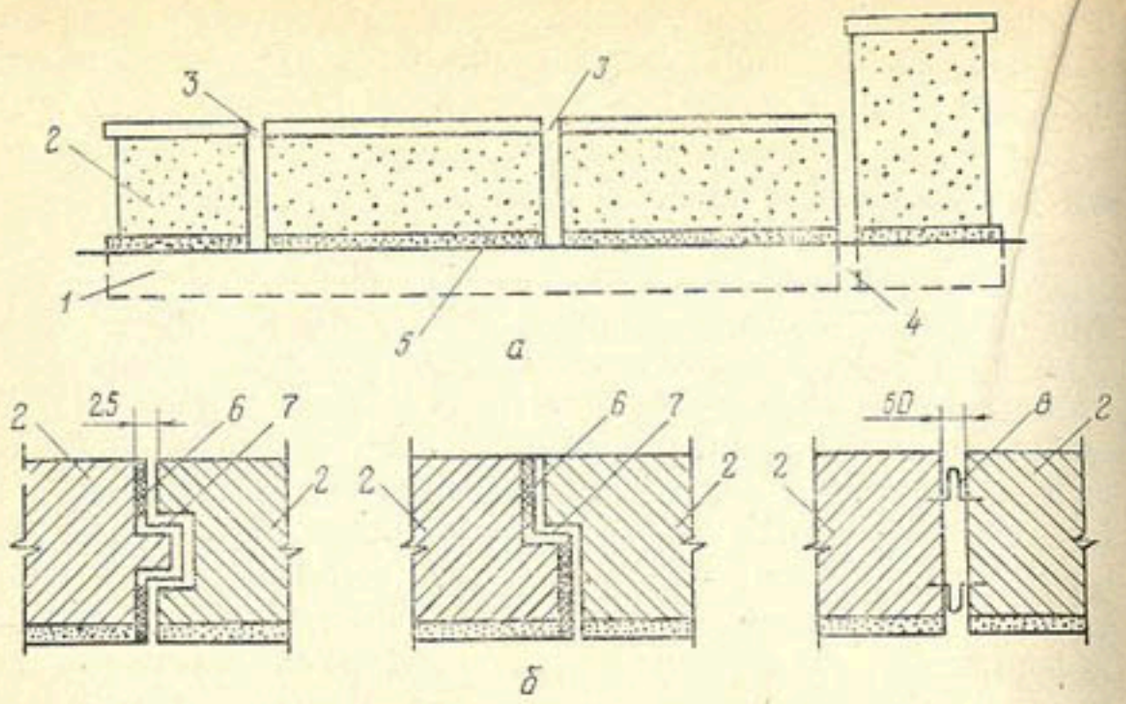


Рис. 18.29. Размещение (*а*) и конструкция (*б*) деформационных швов: *1* — фундамент; *2* — стена; *3* и *4* — температурный и осадочный швы; *5* — цоколь; *6* — утеплитель; *7* — рулонная изоляция; *8* — компенсатор.

турный же шов, постольку он не разрезает фундамента, функцию осадочного шва выполнять не может. В надземной части осадочных швов прокладывают два слоя толя, а в фундаментной части их закладывают осмоленные или обернутые толем доски, облегчающие взаимное скольжение стен при неравномерной осадке.

Антисейсмические швы устраивают в зданиях, возводимых в сейсмических (подверженных землетрясениям) районах. Сквозные швы разрезают здание в плане на самостоятельные объемные блоки, образуемые двумя стенами.

Усадочные швы устраивают в монолитных бетонных и глинобитных стенах значительной протяженности. После твердения монолитных стен они уменьшаются в объеме, ширина шва при этом увеличивается и его заделывают раствором.

Противопожарные преграды — несгораемые стены (брандмауэры), перекрытия и противопожарные зоны — разделяют здание на отдельные отсеки для локализации пожара, ограждают здание от переброски пламени от соседних зданий, защищают огнеопасные и особо важные помещения. Несгораемые стены, опирающиеся на отдельные фундаменты и разрезающие все конструкции здания (они выступают над кровлей), выполняют из кирпича, бетона и железобетона.

При сгораемых и трудносгораемых стенах, покрытиях и крышах брандмауэрные стены должны выступать за их наружные поверхности. Несгораемые перекрытия устраивают над цокольными и подвальными этажами и между этажами, в зависимости от назначения здания и степени его огнестойкости. Противопожарные зоны в производственных зданиях со сгораемыми и трудносгораемыми стенами и покрытиями устраивают в виде поперечных участков — отсеков шириной не менее 6 м из несгораемых конструкций.

Балконы — открытые, огражденные перилами площадки, выступающие за внешнюю плоскость стены на уровне междуэтажного перекрытия. Балконные несущие плиты или консольные балки балконов с выносом до 1 м заделывают в массивные стены и приваривают к закладным анкерам перемычечных блоков или перекрытий. При самонесущих и навесных наружных стенах балконные плиты крепят к перекрытиям или поперечным несущим стенам, опирают на кронштейнах или жестких элементах ограждения. Выполняют балконы и в виде этажерок из плит, опертых на стойки или наружные поперечные стенки. Водонепроницаемые полы на балконах делают с уклоном от стен 1. . .2%.

Эркеры — выступающие за плоскость фасада закрытые объемы здания. Они могут быть консольными, опирающимися на выступающие элементы междуэтажного перекрытия, с такими же наружными стенами, что и у основного объема здания, или из облегченных стеновых конструкций. Эркер может быть и пристроенным к зданию, и иметь собственный фундамент. Эркеры увеличивают площадь помещений и угол видимости из них.

Лоджии — открытые помещения (ниши) на фасаде, огражденные с трех сторон стенами. Несущими элементами лоджии являются либо железобетонная плита, заделанная в стены и огражденная перилами с фасадной стороны, либо боковые стены. Лоджии больше по площади и лучше, чем балконы, защищают помещения от атмосферных воздействий, но больше затеняют помещения.

Веранды — используемые в теплое время года открытые площадки с крышей или неотапливаемые помещения, пристроенные к зданию. Веранды делают высотой в один-два этажа из деревянных или железобетонных стоек и балок, поддерживающих пол, перекрытие и крышу.

Глава 19. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

84. Общие сведения

Технико-экономическая оценка запроектированных зданий и сооружений определяет целесообразность и экономическую эффективнось их возведения. Правильность выбранных объемно-планировочных и конструктивных решений характеризуется технико-экономическими показателями, которые сопоставляют с показателями аналогичных типовых или наиболее экономичных индивидуальных проектов. На экономичность проектов зданий и сооружений влияют внешние факторы и факторы, определяемые принятыми проектными решениями.

Внешними факторами являются физико-географические, экономико-географические и социальные. К физико-географическим факторам относят климатические, гидрологические и гидрогеологические условия, рельеф, сейсмичность. К экономико-географическим факторам относят сырьевые ресурсы, развитие материально-технической базы строительства, рассредоточенность строительства и транспортные условия, уровень цен на местные материалы, условия оплаты труда рабочих, стоимость машино-смен, уровень накладных расходов и т. д. Социальные факторы — это национальные и бытовые особенности населения.

Факторами, определяющими целесообразность принятых проектных разработок, являются объемно-планировочные и конструктивные решения, инженерное оборудование. Объемно-планировочные решения характеризуются планировочной схемой здания, этажностью, высотой этажа, размером комнат и их составом (удельный, объемный и площадной показатели) и др. К конструктивным решениям относят строительно-конструктивную схему здания, материал его основных элементов, степень унификации его сборных элементов и т. д.

85. Определение технико-экономических показателей

Для технико-экономической оценки зданий в основном применяют следующие показатели: стоимостные, объемно-планировочные, степень унификации сборных элементов, затраты труда, расход основных строительных материалов,

годовые эксплуатационные затраты, показатель, характеризующий эффективность капитальных вложений, и показатель генерального плана объекта.

При установлении объемно-планировочных показателей прежде всего определяют рабочую площадь $F_р$ — площадь всех остальных помещений; вспомогательную площадь $F_в$ — площадь коридоров, складских помещений, санузлов и т. п. Полезная площадь здания — это сумма рабочей и вспомогательной площадей. В дополнительную площадь $F_д$ включают площадь холодных помещений, лестничных клеток внутри здания, стен, перегородок, колонн и т. д.

Площадь застройки $F_з$ определяют по наружному обмеру стен здания на уровне тротуара или отмостки.

Основной объем здания $V_{осн}$ равен произведению площади отапливаемой части здания $F_{от}$, определенной по наружному периметру, на основную высоту здания $h_{осн}$. За основную высоту здания в бесподвальных зданиях принимают расстояние от отмостки до верха засыпки чердачного перекрытия (в зданиях с подвалом от пола первого этажа).

Объем бесчердачных зданий определяют произведением площади вертикального сечения, измеренного по наружному обмеру (включая фонари и подстройки), на длину здания.

Дополнительный объем (м³) неотапливаемой части здания (подвалов) определяют по формуле

$$V_д = F_д h_д k,$$

где k для неотапливаемых и неотделанных подвалов и полуподвалов равен 0,6, для пристроек и наружных лестниц — 0,5.

Общий строительный объем V есть сумма $V_{осн}$ и $V_д$.

Планировочный коэффициент $K_п$ — отношение рабочей площади к полезной.

Объемный коэффициент $K_о$ — отношение общего строительного объема к полезной площади.

Коэффициент компактности определяется площадью ограждающих конструкций, приходящейся на 1 м² полезной площади.

86. Экономическая оценка зданий

Основные критерии экономической оценки запроектированного здания (сооружения) и его элементов — единовременные, текущие и приведенные затраты. Единовре-

менные затраты — сметная стоимость строительства, включающая стоимость здания (сооружения), благоустройства, сооружений наружных сетей, затраты, вызванные освоением территории, удорожанием работ в зимнее время, устройством временных зданий и сооружений и др. Текущие затраты — затраты по содержанию зданий (сооружений), куда относят амортизационные отчисления, затраты на текущий ремонт, отопление, вентиляцию, уход за зданием, электроосвещение и т. п. Приведенные затраты обычно используют при сопоставлении проектных решений здания (сооружения) в зависимости от поставленной задачи. При определении сравнительной эффективности объемно-планировочных и конструктивных решений в составе полных приведенных затрат учитывают удельную сметную стоимость здания (сооружения), текущие затраты и удельные капитальные вложения в предприятия строительной индустрии и промышленности строительных материалов.

Экономическими показателями запроектированного здания (сооружения) являются стоимость 1 м² полезной площади и стоимость 1 м³ строительного объема.

Глава 20. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

87. Общие сведения

Оросительные системы состоят из следующих основных сооружений: головного, обеспечивающего забор воды из реки, водохранилища, пруда или другого водоисточника; магистральных и распределительных каналов или трубопроводов, на которых могут быть водовыпуски, акведуки, дюкеры, регуляторы водоотводной сети, мосты и т. п.; дренажной сети и др.

Осушительные системы в своем составе имеют регулирующую сеть, выполненную из открытых каналов или закрытых дрен, транспортирующие собиратели, нагорно-ловчие каналы, регуляторы, магистральные открытые и закрытые коллекторы (каналы, трубопроводы), водоприемники.

В состав оросительных и осушительных систем входят также дорожная сеть, сооружения и здания службы эксплуатации.

Строительство мелиоративных систем любого типа возможно при наличии производственных баз строительной индустрии, в состав которых входят заводы сборного железобетона, крупнопанельного домостроения, керамзитового гравия и песка, дренажных труб, капитального ремонта строительных и дорожных машин, изготовления нестандартного оборудования и др.

88. Здания гидромелиоративного назначения

Насосные станции относятся к гидротехническим сооружениям оросительных, осушительных и осушительно-увлажнительных систем. Конструктивные решения зданий насосных станций на этих системах мало различаются. Независимо от назначения насосных станций в их комплекс входят водозаборное сооружение, водоподводящий канал, аванкамера с всасывающими трубопроводами, здание насосной станции с насосами и оборудованием, напорные трубопроводы с водовыпускным сооружением.

В зданиях насосных станций размещают основное и вспомогательное механическое, гидромеханическое и электрическое оборудование, трубопроводную арматуру (задвижки, обратные клапаны и т. п.), системы противопожарного и технического водоснабжения, служебные помещения.

При гидромелиоративном строительстве применяют насосные станции трех основных типов: наземного, камерного и блочного. Насосные станции наземного типа применяют при заборе воды из поверхностного источника, имеющего устойчивые берега или откосы и незначительные колебания уровня воды (в пределах допустимой высоты всасывания насосов) (рис. 20.1, *а*). Насосные станции камерного типа сооружают, когда колебания уровня воды в поверхностном источнике превышают допустимую высоту всасывания насосов (рис. 20.1, *б*). В этом случае насосы располагают ниже уровня земли и ниже минимально возможного положения уровня воды в источнике с целью обеспечения их постоянного залива. Насосные станции блочного типа применяют при заборе воды из поверхностного источника с любыми колебаниями уровня воды (рис. 20.1, *в*). Забор воды насосным оборудованием обеспечивается благодаря изогнутым всасывающим трубам или камерным подводам.

Здание насосной станции наземного типа возводят из крупных стеновых блоков, панелей или кирпича. Основные

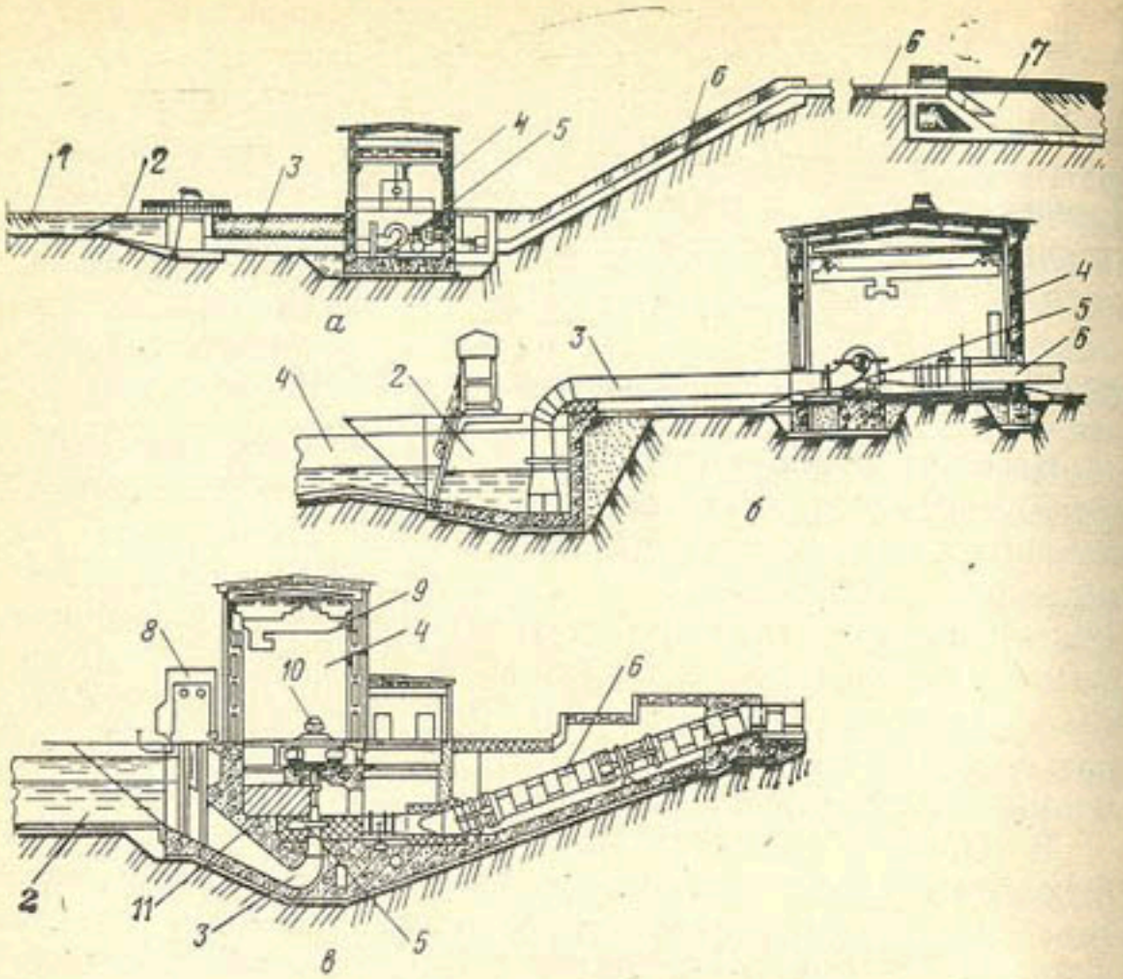


Рис. 20.1. Насосные станции оросительных систем:

а, б и *в* — соответственно наземного, камерного и блочного типов: *1* — подводящий канал; *2* — аванкамера; *3* — всасывающая труба; *4* — здание станции; *5* — насос; *6* — напорный трубопровод; *7* — водопроводящий канал; *8* — козловой кран; *9* — мостовой кран; *10* — электродвигатель; *11* — подземный блок.

насосы монтируют на отдельно стоящих фундаментах. В стенах здания предусмотрены ниши под всасывающие и напорные трубы. Водозаборные и водовыпускные сооружения размещают за пределами здания насосной станции. Конструктивное решение здания зависит от топографических, инженерно-геологических, гидрологических и климатических условий, от назначения насосной станции, типа (марки) основных насосов, наличия базы стройиндустрии, технико-экономических показателей и т. д.

Здания насосных станций камерного и блочного типов состоят из подземной части и верхнего строения.

В подземной части зданий насосных станций размещают основное и вспомогательное оборудование, всасывающую линию трубопроводов, помещения для хранения масел и размещения компрессоров, дренаж и т. п.

Подземную часть выполняют из монолитного, сборного или сборно-монолитного железобетона. Толщину стен и днища δ принимают равной 0,1 $H_{ст}$, где $H_{ст}$ — максимально возможный напор воды на конструкции в рассматриваемом сечении. При выполнении подземной части из монолитного или сборного железобетона используют гидротехнический бетон марок не ниже 200, В4—В12 (в зависимости от напорного градиента $I=H_{ст}/\delta$), Мрз50 — Мрз400 (в зависимости от климатических условий). Для защиты железобетонных конструкций подземной части от воздействия капиллярной сырости, агрессивной среды и для повышения их водонепроницаемости применяют окрасочную, оклеечную или другую гидроизоляцию.

В верхнем строении зданий размещают подъемно-транспортное оборудование, основные электродвигатели, распределительные устройства, служебные помещения и т. д.

Верхнее строение возводят бескаркасным или каркасным в соответствии с нормами строительства промышленных зданий. Как правило, здание — одноэтажное со стенами из сборных бетонных блоков, железобетонных панелей, кирпича и других стеновых материалов. Оно имеет прямоугольную форму с пролетом 6, 9, 12, 15 18, 21 и 24 м при шаге колонн 6 000 и 12 000 мм. Высота помещений в зданиях без мостовых кранов 3000, 3600, 4200, 4800, 5400 и в зданиях с мостовыми кранами 8400, 9600, 10 800, 12 600, 14 400, 16 200 и 18 000 мм (здание только каркасное). При высоте машинного зала более 4 800 мм служебные помещения и распределительные устройства выносят в пристройку. Длина бескаркасных зданий при пролете 6000 мм кратна 1500 мм, при пролете 12 000 мм — 3000 мм.

Конструктивное решение покрытия зданий такое же, как у обычных промышленных зданий (рис. 18.19).

Для выполнения работ по сборке оборудования и ремонту в зданиях станций предусматривают монтажные площадки, располагаемые в торце машинного зала, со стороны подъездных путей. Для выноса оборудования из заглубленных помещений на монтажную площадку используют монтажные люки в междуэтажных перекрытиях. Для прохода через трубопроводы устраивают служебные мостики.

Здания заводов стройиндустрии при гидромелиоративном строительстве (обычно одноэтажные каркасные) компонуют из унифицированных объемно-планировочных секций и блоков-секций с использованием конструктивных элементов, конструкций и изделий заводского изготовления. Про-

леты и шаг колонн назначают кратными 6000 мм, а высоту — кратной 600 мм (от пола до низа несущих конструкций на опоре). Унифицированный пролет в габаритной схеме здания без мостовых кранов 12 000, 18 000 и 24 000 мм, с крановым мостовым оборудованием 18000, 24 000 и 30 000 мм; шаг колонн 6000 и 12 000 мм. Здания каркасного типа состоят из поперечных рам, ригелей и обвязочных балок. Поперечные рамы монтируют из колонн, защемляемых в фундаментах стаканного типа, и железобетонных одно- или двускатных балок двутаврового сечения либо ферм (сегментных, сегментных безраскосных, с параллельными поясами), они связываются плитами покрытия. Поперечные рамы обеспечивают пространственную жесткость здания в поперечном направлении. В продольном направлении жесткость здания обеспечивают фундаментные балки, плиты или панели покрытий, а в зданиях с кранами — подкрановые балки и другие горизонтальные и вертикальные связи. Горизонтальные связи размещают по нижнему и верхнему поясам основных несущих конструкций покрытия (балок, ферм). Вертикальные связи устанавливают между несущими конструкциями покрытий или колоннами.

Стены таких зданий в основном панельные, но могут быть и из кирпича, штучных блоков, камней правильной формы, крупных блоков, укладываемых на фундаментные балки, которые опираются на фундаменты колонн.

Конструктивное решение ограждающих вертикальных и горизонтальных элементов промышленных зданий было рассмотрено ранее (см. гл. 18). Для верхнего естественного освещения в покрытии устраивают световые фонари, которые используют также для удаления газов и избыточного тепла, для воздухообмена.

В зданиях с мостовыми кранами на консоли колонн укладывают подкрановые балки таврового сечения или двутавровые несимметричного профиля.

89. Сооружения на гидромелиоративных системах

Регуляторы, представляющие перегораживающие сооружения, устраивают из условий обеспечения командования над оросительной сетью. Они обеспечивают необходимый забор воды из источника, свободное маневрирование затворами, имеют переходы или переезды. Регуляторы выполняют из сборного или монолитного железобетона (рис. 20.2, *а*).

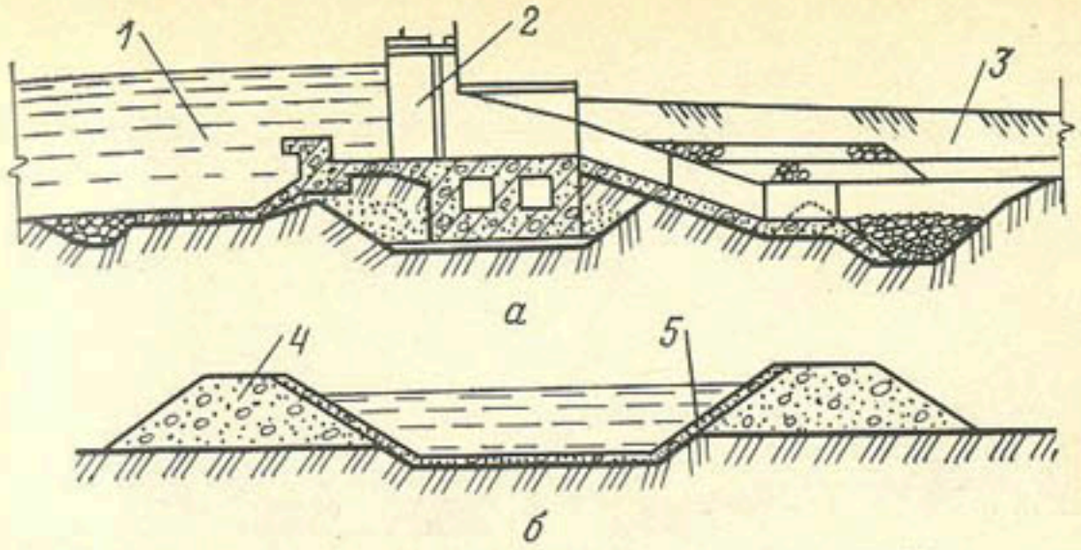


Рис. 20.2 Регулятор (*а*) и открытый облицованный канал (*б*):
1 — водохранилище; *2* — затвор; *3* — канал; *4* — дамба; *5* — облицовка канала.

Открытые каналы оросительных систем, как правило, выполняют в земляном русле, однако в таких каналах теряется много воды на фильтрацию и испарение, а это приводит к необходимости увеличения забора воды из источника орошения, что в свою очередь повышает капитальные затраты на строительство каналов и сооружений. Снижение фильтрационных потерь воды из таких каналов и увеличение их пропускной способности возможны при устройстве противофильтрационных облицовок. Наиболее целесообразны монолитные бетонные, железобетонные и бетонопленочные облицовки, имеющие максимальную эффективность и долговечность (рис. 20.2, *б*). Толщина этих облицовок колеблется от 70 до 200 мм, в зависимости от климатических, инженерно-геологических, рельефных и эксплуатационных условий, способов производства работ, размеров канала, значимости и назначения его. На открытых каналах оросительных систем строят ряд гидротехнических сооружений, обеспечивающих нормальную эксплуатацию системы. К таким сооружениям относятся водозаборы, акведуки, дюкеры, перепады с гасителями, быстротоки, сифонные водовыпуски и т. д.

Акведуки (мосты-водоводы) состоят из лотка, расположенного на опорах, и входного и выходного оголовков, сопрягающих лоток акведука с каналом (рис. 20.3, *а*). Акведуки выполняют из монолитного или сборного железобетона. Водопроводящая часть акведука (лоток) имеет обычно прямоугольную форму сечения и состоит из отдельных секций, устанавливаемых на опоры. Лоток акведука

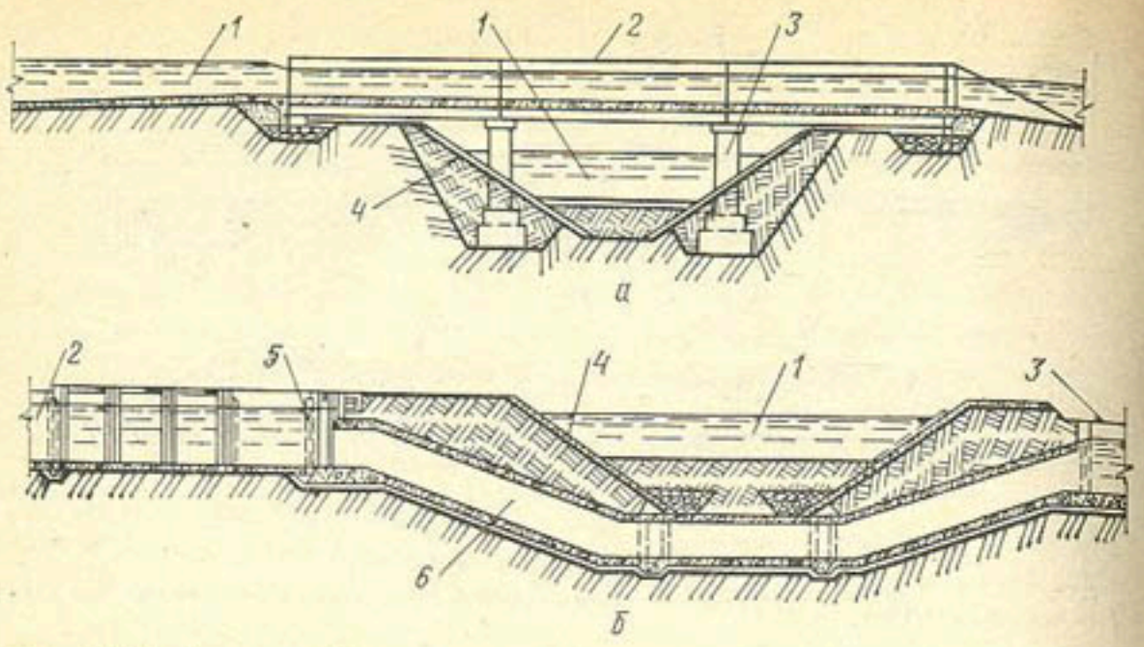


Рис. 20.3 Акведук (*а*) и дюкер (*б*):
1 — канал; *2* и *3* — лоток и опора акведука; *4* — крепление откосов; *5* — затвор; *6* — труба дюкера.

можно монтировать также из сборных железобетонных лотковых звеньев параболического сечения или асбестоцементных, железобетонных, металлических труб. Опорами водопроводящей части акведука служат рамы, сваи или эстакады.

Дюкеры представляют трубопроводы, укладываемые под руслом реки, канала, под дорогой или по дну глубокой и широкой долины (рис. 20.3, *б*). Трубопровод дюкера монтируют из звеньев труб бетонных, железобетонных, металлических и др. Дюкер имеет выполняемые из бетона или железобетона входной и выходной оголовки для сопряжения его с подводящим и отводящим участками канала.

Сифонные водовыпуски позволяют забирать воду из открытого распределительного канала или борозды и подавать ее в поливной трубопровод (шланг).

Лотковые каналы являются более совершенными конструкциями открытых каналов оросительных систем. Они практически не имеют потерь воды на фильтрацию, позволяют выбирать короткую трассу, индустриальны, могут монтироваться при отрицательных температурах, обеспечивают необходимый командующий уровень воды над орошаемой площадью. В практике гидромелиоративного строительства применяют железобетонные раструбные лотки параболического сечения с ненапряженной и предварительно-напряженной арматурой. Отдельные звенья лотков сое-

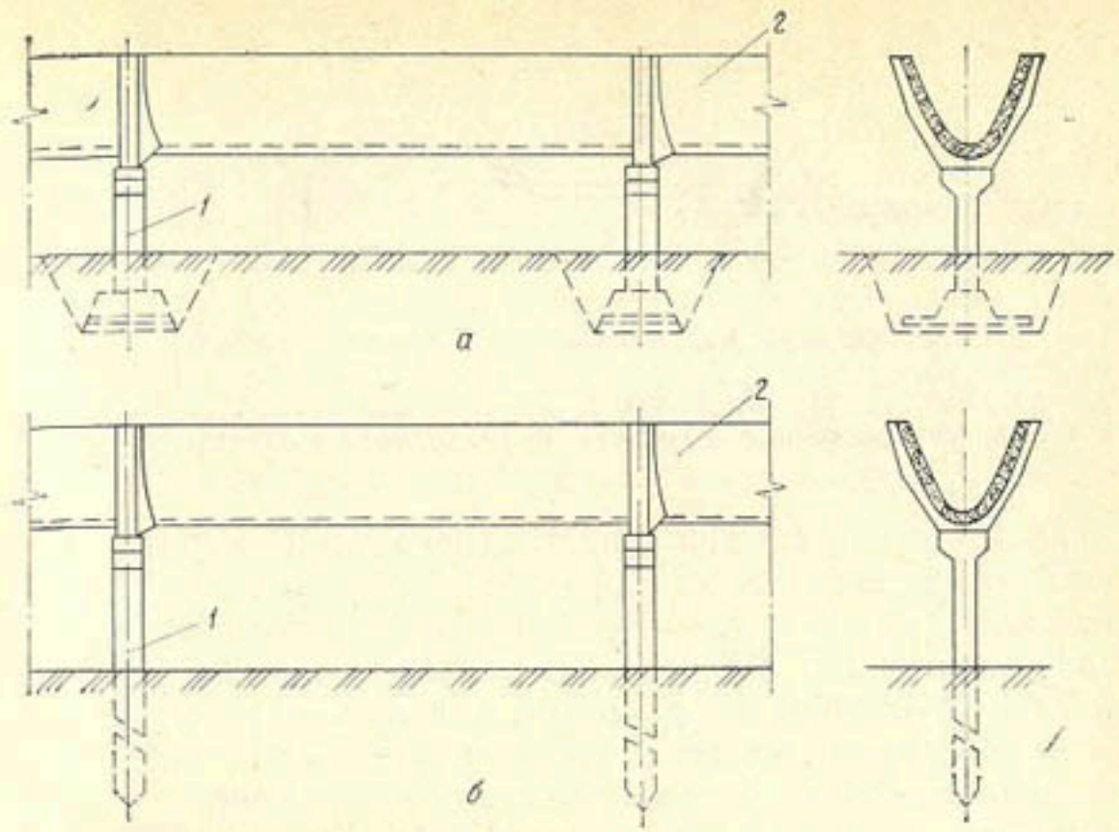


Рис. 20.4. Лотковые каналы на стойках с опорными плитами (*а*) и на сваях-стойках (*б*):
1 — опора; *2* — лоток.

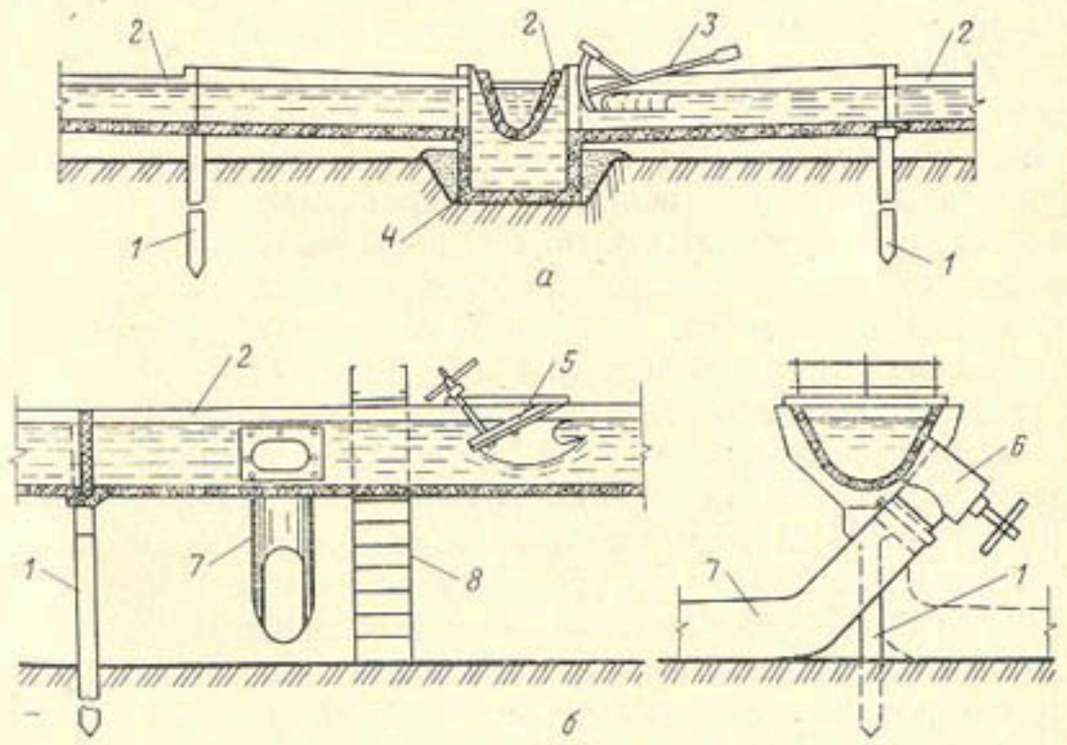


Рис. 20.5. Вододелитель на лотках (*а*) и сифонный водовыпуск из лотка (*б*) в гибкий трубопровод:
1 — опора; *2* — лоток; *3* — автомат уровня воды; *4* — колодец; *5* и *6* — клапанный и вентильный затворы; *7* — гибкий трубопровод; *8* — металлическая лестница.

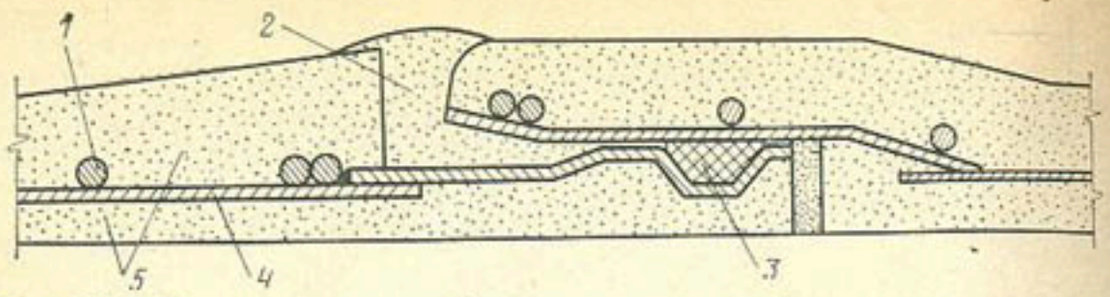


Рис. 20.6. Соединение железобетонных напорных со стальным сердечником труб:

1 — арматура; *2* — цементный раствор; *3* — герметизирующее резиновое кольцо; *4* — стальной сердечник; *5* — покрытие из мелкозернистого бетона.

диняют путем установки их гладкого конца в раструб на герметизирующий жгут (пороизол). Звенья лотков стыкуют на опорах в виде стоек с опорными плитами или в виде свай-стоек (рис. 20.4). Уклон лотковых каналов 0,0005... 0,0030, глубина от 40 до 120 мм, длина звена лотка 6 и 8 м. Для регулирования водоподачи и обеспечения планового водопользования возводят перегораживающие сооружения (рис. 20.5, *а*) и водовыпуски (рис. 20.5, *б*). При пересечении лотковыми каналами дорог, водотоков, оврагов, коллекторов и других препятствий сооружают трубчатые переезды, акведуки, дюкеры. Для предотвращения переполнения лотковых каналов устраивают сбросные сооружения.

Закрытая подводящая сеть оросительной системы состоит из магистральных и распределительных трубопроводов, по которым подается вода для орошения. Она позволяет значительно увеличить коэффициент земельного использования, исключить потери воды на фильтрацию и испарение, обеспечить распределение воды по орошаемой площади при любом сложном рельефе. Для устройства закрытых трубопроводов применяют асбестоцементные, стальные, железобетонные напорные со стальным сердечником, напорные железобетонные, чугунные и полиэтиленовые трубы. Глубина заложения труб от поверхности земли до их верха 0,6 ...1,8 м. Соединение труб раструбных железобетонных напорных со стальным сердечником (рис. 20.6), напорных железобетонных, асбестоцементных и других должно быть герметичным. По длине транспортирующего трубопровода устраивают распределительные колодцы и гидранты для забора воды дождевальными машинами и подачи ее в шланги. В распределительных колодцах размещают задвижки для регулирования подачи воды по транспортирующему и в поливные трубопроводы.

Дренаж на оросительных системах предназначен для понижения уровня грунтовых вод и их отвода. На орошаемых полях строят закрытую дренажную сеть из труб поливинилхлоридных, керамических, асбестоцементных, бетонных, стеклопластиковых, которые собирают грунтовые воды и сбрасывают их обычно в открытые глубокие каналы (коллекторы). Вода поступает в полость дренажных труб через зазоры между ними или через водоприемные отверстия (перфорацию). Основной элемент закрытого дренажа — фильтрующая обсыпка, предотвращающая занос частиц дренируемого грунта в дрену (заиление) и увеличивающая приток грунтовых вод к дрене. Глубина заложения дрен зависит от гидрогеологических, топографических и климатических условий, а также от типа водного питания, расстояния между дренами и других факторов.

Раздел III. СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Глава 21. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

90. Общие сведения

Строительство зданий и сооружений гидромелиоративных систем (осушительных, обводнительных и оросительных) приводит к созданию основных фондов производственного и непроизводственного назначения. Базой строительства служат строительная индустрия и высокопроизводительные, мощные, маневренные средства механизации строительного производства. Строительное производство слагается из выполняемых непосредственно на строительном объекте строительных процессов, имеющих конечной целью возведение и сдачу в эксплуатацию зданий и сооружений гидромелиоративных систем. Строительные работы, входящие в состав процесса возведения здания или сооружения, выполняют лишь при наличии финансовых, трудовых и материально-технических (строительных материалов и изделий, технологического оборудования, строительных машин и оборудования) ресурсов, а также соответствующей проектной документации.

91. Проекты организации строительства и производства работ

При одностадийном проектировании несложных, небольших типичных объектов разрабатывают техно-рабочий проект, в котором дается сокращенный проект организации и производства работ. При двухстадийном проектировании крупных объектов на стадии технического проекта составляют проект организации строительства (ПОС), а на стадии рабочих чертежей — проект производства работ (ППР).

Проект организации строительства гидромелиоративной системы разрабатывают как на объект в целом, так и на отдельные здания и сооружения (насосные станции, водозаборные сооружения, магистральные и межхозяйственные каналы, дренажные сети и коллекторы и др.). В состав ПОС входят: комплексный укрупненный сетевой график (календарный план) с указанием этапности и последовательности строительства зданий и сооружений на системе, увязанный со сроками строительства; график финансирования; график потребности в строительных материалах, изделиях и конструкциях, строительных машинах и оборудовании, рабочей силе; сроки изготовления и поставки технологического оборудования; строительный генеральный план объекта строительства с расположением постоянных и временных сооружений, производственных баз, дорог и коммуникаций.

Проект производства работ является руководящим документом, по которому осуществляют оперативное планирование, контроль и учет строительства. В его состав входят: сетевой график или календарный план на производство работ с указанием последовательности и сроков выполнения строительно-монтажных работ; генеральный план объекта строительства с указанием размещения кранов, механизированных установок, площадок для сборки крупноразмерных конструкций и технологического оборудования, приобъектных складов, дорог, коммуникаций, временных зданий и сооружений, необходимых для нужд строительства, и т. д.; перечень мероприятий по контролю качества строительно-монтажных работ и технике безопасности; технико-экономические показатели.

Особое внимание в ПОС и ППР уделяют комплексному строительству, позволяющему в кратчайший срок окупить затраты, связанные с гидромелиорацией.

Все строительные работы на объектах водохозяйственного строительства осуществляют передвижные механизированные колонны (ПМК) и строительно-монтажные (СМУ) или строительные (СУ) управления. Для выполнения специальных работ (монтаж технологического оборудования, сантехнические, электромонтажные работы и т. п.) обычно привлекают специализированные организации.

Строительные процессы выполняют строительные рабочие различных профессий, специализации и квалификации. В зависимости от выполняемого процесса и вида работ рабочих группируют соответственно с их квалификацией в рабочие звенья и бригады. Максимальное облегчение труда рабочих обеспечивают внедрением новой техники, комплексной механизации и автоматизации строительного производства; повышением производительности машин путем

ликвидации простоев и правильной организации их работы; организацией рабочего места так, чтобы создать максимальное удобство и безопасность работы; внедрением наиболее прогрессивных форм оплаты труда, предусматривающей материальную заинтересованность работающих; строгим соблюдением трудовой дисциплины; повышением квалификации всех звеньев; широким развертыванием социалистического соревнования.

92. Научная организация труда и управление строительством

Очень важное значение в достижении максимальной производительности труда имеет внедрение научной организации труда (НОТ). Сущность НОТ состоит в повышении общей культуры производства как на объекте строительства в целом, так и непосредственно на каждом рабочем месте; в применении наиболее совершенных орудий труда (машин, приспособлений), прогрессивных приемов и методов труда; в развитии социально-стимулирующих факторов. Реализация этих мероприятий дает возможность достигнуть наибольшей производительности труда с наименьшими затратами и без перенапряжения рабочих. В первую очередь НОТ вводят на наиболее трудных в производственном отношении участках.

Большое значение для успешного выполнения плана строительства имеет совершенствование управления им. В настоящее время в связи с большим сосредоточением техники, механизмов и людей, одновременном ведении нескольких сложных технологических процессов на различных участках-захватках требуется четкое и оперативное руководство и управление всем строительным процессом.

Управление строительством состоит в организации планомерной и согласованной работы всех звеньев строительного процесса, обеспечивающей выполнение плана работ и повышение их качества.

Для решения этих задач строительный процесс должен осуществляться в строгом соответствии с планами и графиками производства работ.

Глава 22. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

93. Подготовительные работы

До начала земляных работ должны быть выполнены подготовительные работы. В гидромелиоративном, сельскохозяйственном и других видах строительства в состав подготовительных работ входят валка и трелевка леса, корчевка пней, расчистка территории от кустарника, мелколесья и камней, планировка участка, разбивка сооружений на местности.

Валку леса осуществляют путем спиливания деревьев с последующей корчевкой пней или путем выкорчевывания деревьев вместе с корнями. Для спиливания применяют переносные механические (электрические или бензиновые) пилы, а для корчевки пней — бульдозеры и специальные корчеватели. С помощью этих же машин выкорчевывают целые деревья.

Расчистку территории от кустарника и мелколесья обычно ведут бульдозерами, оборудованными корчевателями-собирателями. Для срезки кустарников применяют специальные машины — кусторезы.

Камни в зависимости от их крупности убирают различными машинами. Мелкие камни извлекают рыхлителями, сгребают и перемещают с площадки бульдозерами. Крупные камни убирают бульдозерами, оборудованными захватами для камней. Для погрузки камней на транспортные средства (обычно в автосамосвалы) применяют экскаваторы.

После расчистки и планировки территории приступают к разбивке на местности (перенесению в натуру) будущих сооружений. Она заключается в закреплении в натуре контуров и разбивочных осей сооружений согласно рабочим чертежам.

При разбивке сооружений вокруг будущего контура их (на расстоянии 3...4 м от него) устанавливают обноску из досок, прибитых к столбам, врытым вдоль контура сооружения (рис. 22.1). На обноску выносят все главные разбивочные оси и их положение в натуре закрепляют путем натяжения по ним причальной проволоки. Для разбивки применяют геодезические инструменты (теодолит и нивелир). Местоположение сооружения в плане привязывают к уже существующим сооружениям или к постоянным геодезическим знакам. Вертикальные размеры — **отметки** — от-

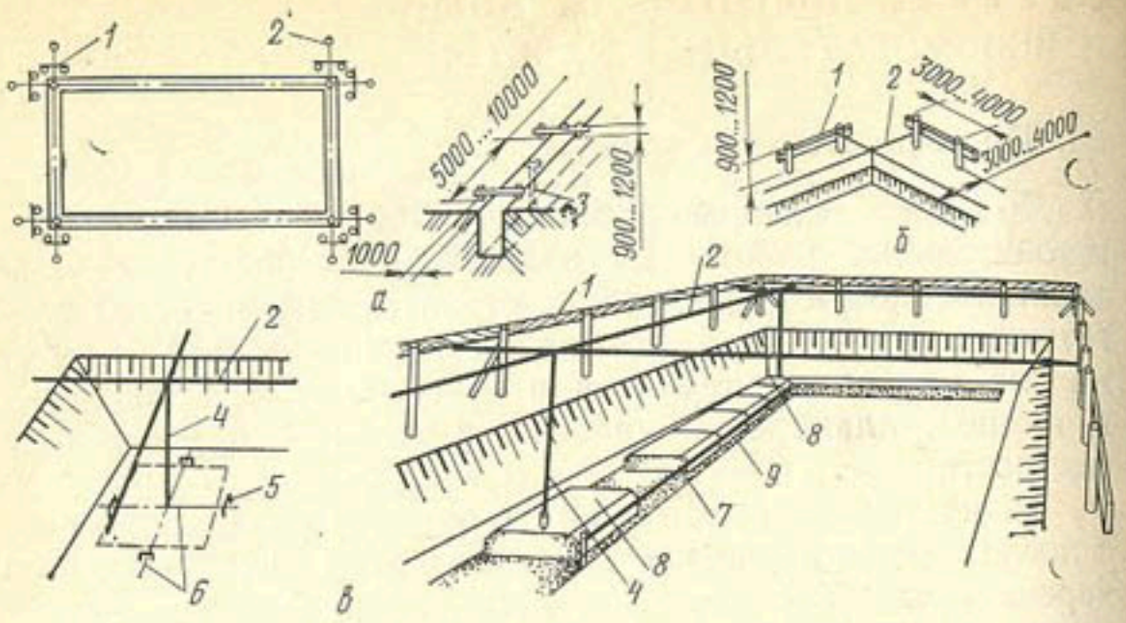


Рис. 22.1. Разбивка траншей и котлованов при подготовительных работах:

а, б — закрепление с помощью обноски осей траншей и котлована; *в* — разбивка осей, установка маячных и рядовых фундаментных плит: *1* — обноска; *2* — причальная проволока; *3* — визирка; *4* — отвес; *5* — разбивочная скоба; *6* — осевые линии маячной фундаментной плиты; *7* — причалка; *8* — маячная фундаментная плита; *9* — рядовая фундаментная плита.

считывают от постоянных геодезических реперов. Трассы каналов закрепляют в натуре путем установки реперов и пикетов.

94. Вспомогательные работы в строительстве

После подготовительных работ или в процессе их выполняют необходимый объем вспомогательных работ: временное водоотведение, водоотлив (рис. 22.2) и искусственное понижение уровня грунтовых вод (рис. 22.3), искусственное закрепление слабых грунтов.

Временное водоотведение обеспечивает перехват удаление поверхностных вод, образующихся при выпадении атмосферных осадков непосредственно на строительную площадку и на повышенные соседние участки. Перехват поверхностных вод с повышенных соседних участков осуществляют путем устройства нагорных каналов или обвалования вдоль этих участков. Для удаления вод со строительной площадки ей при вертикальной планировке придают соответствующий уклон и прокладывают сеть открытого или закрытого водостока. Для водоотлива поверхностных и частично грунтовых вод на дне котлована и тран-

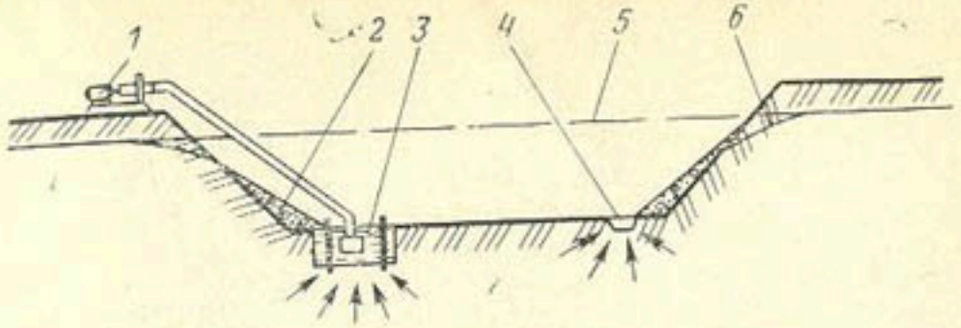


Рис. 22.2. Открытый водоотлив:

1 — насос; *2* — гравийный пригруз; *3* — зумпф; *4* — водосборная канава; *5* и *6* — уровень грунтовых вод соответственно до откачки и при откачке.

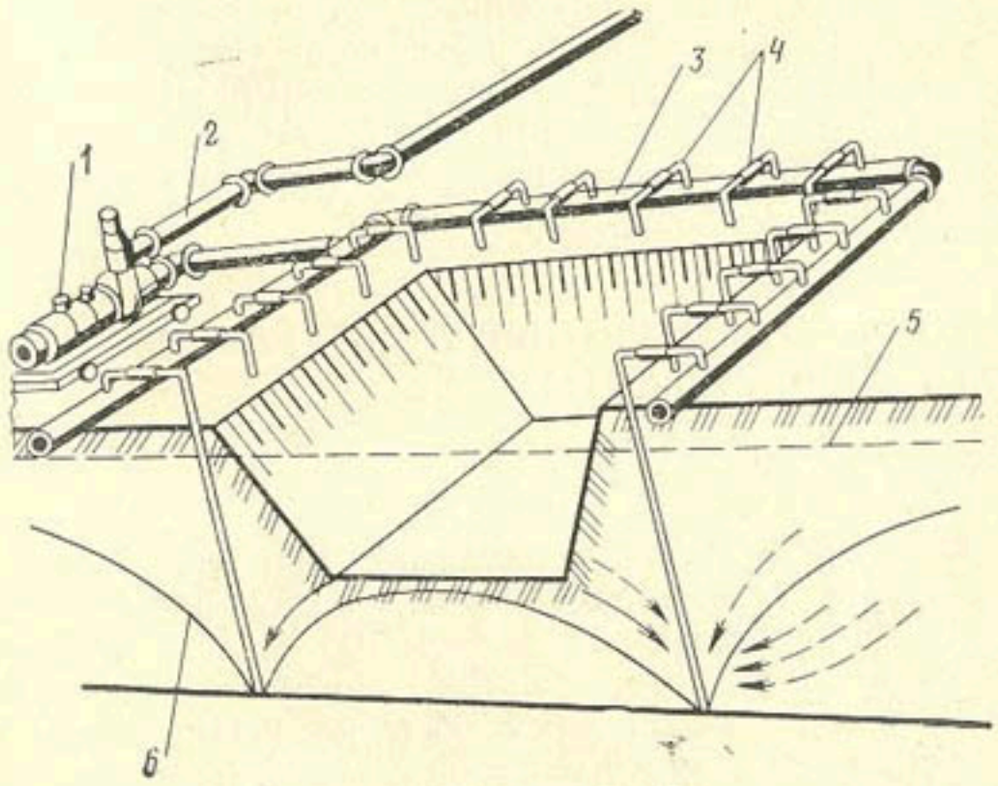


Рис. 22.3. Понижение уровня грунтовых вод иглофильтровой установкой:

1 — насос; *2* — сбросной трубопровод; *3* — водосборный трубопровод; *4* — иглофильтры; *5* и *6* — уровень грунтовых вод соответственно до понижения и после него.

шей в их пониженных местах устраивают зумпфы (приямки), стенки которых укрепляют деревянным коробом с фильтрующей обсыпкой. К зумпфам вода подводится по открытым водосборным канавам, а затем откачивается насосами.

Искусственное понижение уровня грунтовых вод осуществляют, когда он располагается выше дна котлована.

Если приток воды невелик, понижение может быть достигнуто откачкой воды, поступающей в специальные колодцы (скважины), насосами. При более интенсивном притоке воды вокруг котлована устанавливают иглофильтры на расстоянии 1...1,5 м один от другого. Для значительного понижения уровня грунтовых вод (на 20 м и более) используют установку с эжекторными иглофильтрами.

Искусственное глубинное и поверхностное закрепление грунтов применяют при строительстве зданий и сооружений в сложных инженерно-гидрогеологических условиях в целях укрепления основания, борьбы с оплыванием откосов, создания водонепроницаемых ограждений при отрывке котлованов и траншей. Глубинное закрепление осуществляют методами силикатизации, цементации, смолизации, глинизации, битумизации, термического укрепления, замораживания, электроосмоса. При поверхностном закреплении грунт рыхлят, перемешивают с вяжущим веществом (цементом и др.), а затем уплотняют.

Глава 23. ТРАНСПОРТНЫЕ И ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ РАБОТЫ

95. Общие сведения

Значительную роль в выполнении строительно-монтажных работ на строительных объектах играют транспортные и погрузочно-разгрузочные работы. От степени обеспечения строительства транспортом, погрузочно-разгрузочными машинами и крановым оборудованием зависят не только стоимость и качество строительства, но и сроки его окончания. С помощью транспортных механизмов и оборудования доставляют на объекты строительства готовые изделия и конструкции, необходимые строительные материалы и полуфабрикаты (внешний транспорт), перемещают грузы, изделия, конструкции, оборудование в пределах строительной площадки (внутрипостроечный транспорт). Стоимость транспортных и погрузочно-разгрузочных работ составляет до 45% общей стоимости строительства.

По виду и физическим свойствам перевозимые грузы подразделяют на жидкие (топливно-смазочные, лакокрасочные материалы и т. п.), полужидкие (бетонные смеси, строительные растворы и т. п.), насыпные (песок, щебень и т. п.), сыпучие (цемент, гипс и т. п.), штучные и мелкоштучные (кирпич, блоки и т. п.), крупногабаритные (панели, крупные блоки, сборные железобетонные и стальные элементы), длинномерные (лесоматериалы, арматура, трубы). Сыпучие материалы обычно упаковывают в мешки или другую тару, препятствующую потерям их при перевозке. Мелкоштучные грузы перевозят, как правило, на специальных поддонах или в контейнерах.

Для транспортировки строительных материалов и при погрузочно-разгрузочных работах используют транспортные и подъемно-транспортные машины и оборудование.

96. Транспортные машины и оборудования

Транспортные машины и оборудование (автомобильный, тракторный, железнодорожный, водный, пневматический и другие механизированные средства) используют для перевозки грузов от карьеров к месту производства изделий и полуфабрикатов строительных материалов, складам строительных объектов, от завода-изготовителя изделий и конструкций к месту их монтажа, а также в пределах строительной площадки.

На автомобильном и тракторном транспорте доставляют материалы и изделия на место строительства со складов, с заводов и железнодорожных станций, а также осуществляют внутрипостроечные перевозки. Используемый в строительстве автомобильный парк весьма разнообразен как по виду и типу автомобилей (рис. 23.1 и 23.2), так и по их грузоподъемности. Штучные грузы перевозят на бортовых грузовых автомобилях, самоходных тракторных платформах, мототележках, автосамосвалах (иногда), тракторных или автомобильных прицепах, трайлерах. На специальных трайлерных тележках-платформах перевозят крупные стеновые блоки и панели (на панелевозах), фермы, балки покрытий, колонны, сваи, лотки, плиты для облицовки каналов, тяжелые строительные машины и механизмы (экскаваторы, бульдозеры, скреперы и т. п.). Плиты транспортируют в горизонтальном и реже в вертикальном положении. При перевозке сборных железобетонных лотков их укладывают один над другим на специальные кронштейны выпуклой стороной вверх.

Для более полного использования транспортных средств широко применяют автомобильные поезда из двух-трех прицепов. Они позволяют сократить простои транспорта, так как за время разгрузки одного тяжеловоза-прицепа

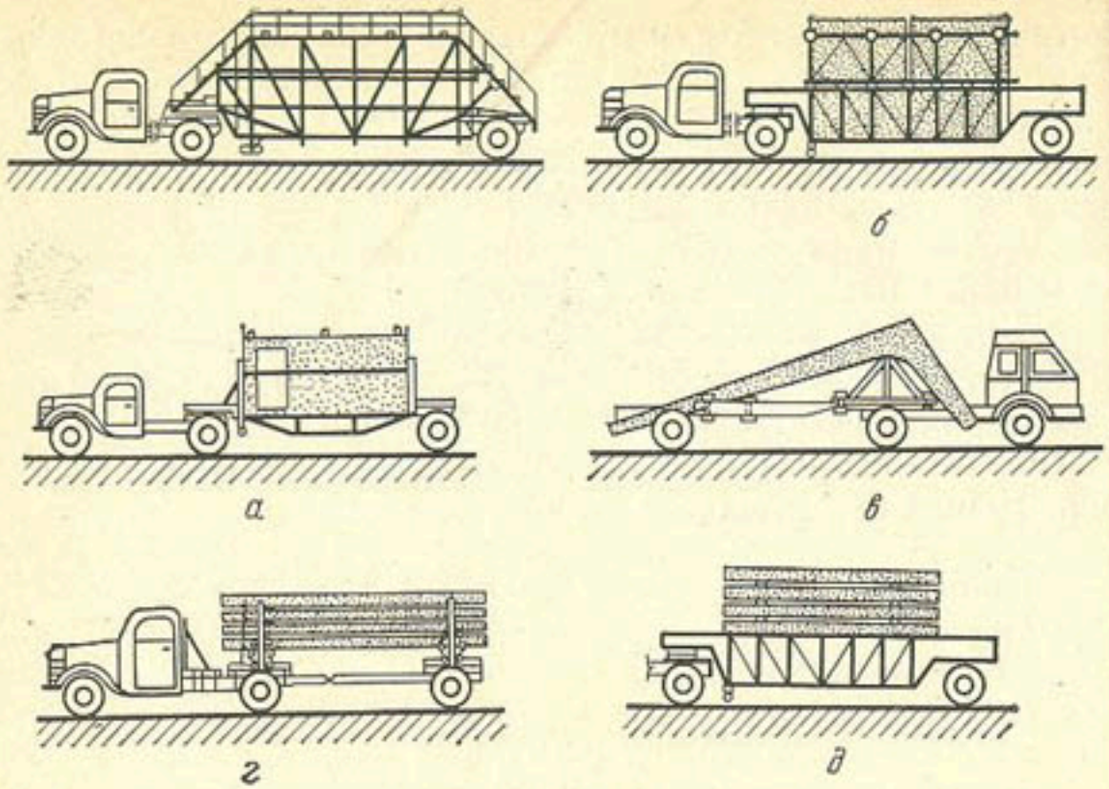


Рис. 23.1. Автомобильный транспорт, используемый для перемещения строительных изделий и конструкций:

а — панелевозы; *б* — блоковоз; *в* — рамовоз; *г* — плитовоз; *д* — трайлерная тележка-платформа.

автомобиль-тягач успевает перевезти другой. Автомобили-тягачи имеют короткую раму, поэтому маневренность у них выше, чем у обычных автомобилей.

Для транспортировки длинномерных грузов (труб, проката, лесоматериалов) используют грузовые автомобили с прицепом или полуприцепом-роспуском. Насыпные материалы (песок, гравий, щебень, камень, грунты и др.) перевозят автомобилями-думпкарами, автосамосвалами, автосамосвалами с прицепами с пневматическим опрокидыванием. Диапазон грузоподъемности автосамосвалов 2,5... 80 т.

Цемент и известь перевозят в цементовозах с автоматической пневморазгрузкой. Бетонные смеси и строительные растворы перевозят в автобетоносмесителях разной вместимости, автобетоновозах (растворовозах). Для перевозки жидких грузов используют различного вида автоцистерны. Пневмотранспорт осуществляет перемещение сыпучих и штучных строительных материалов с помощью воздуха (воздушного потока). Установки пневмотранспорта используют

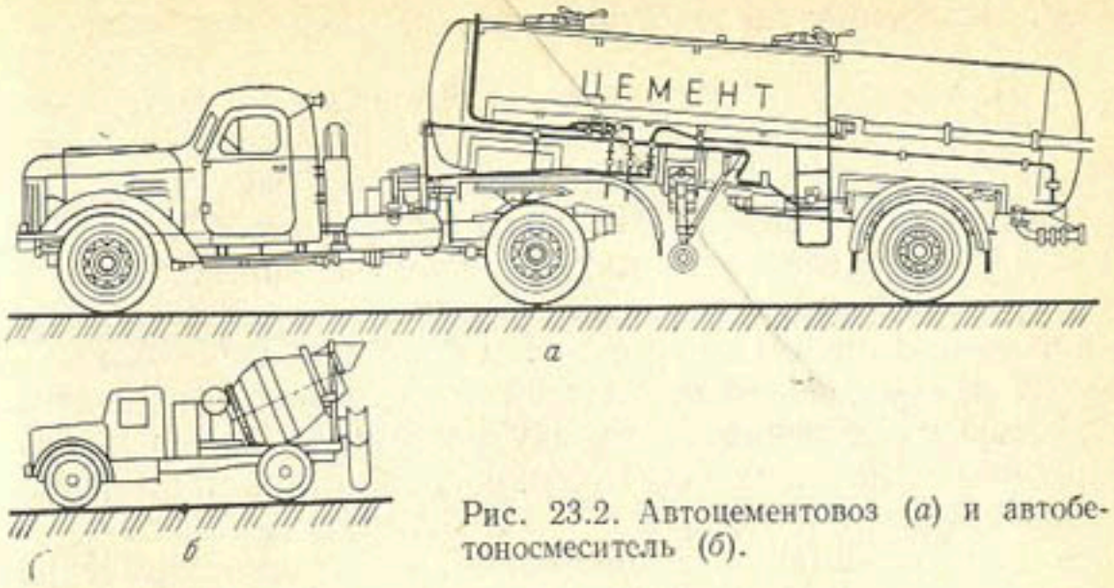


Рис. 23.2. Автоцементовоз (*а*) и автобетоносмеситель (*б*).

для загрузки бункеров и выпуска материалов из них (цемента), перемещения материалов с мест добычи или складирования к месту его применения, при загрузке и разгрузке автомобилей, вагонов и барж.

При перевозке строительных материалов, изделий и конструкций железнодорожным транспортом используют вагоны и платформы различного вида и типа. Штучные грузы, металлические и железобетонные конструкции, оборудование перевозят на открытых платформах грузоподъемностью 20...120 т. Насыпные материалы перевозят на саморазгружающихся платформах-думпкарах или в саморазгружающихся полувагонах. Сыпучие материалы (цемент, гипс, известь и т. п.) перевозят в крытых вагонах или в цистернах. Битумы перевозят в полувагонах, жидкие материалы — в специальных цистернах.

Водным транспортом (с помощью самоходных или буксирных барж с механизированной погрузкой и разгрузкой) перевозят песок, щебень, цемент, лесоматериалы и т. д.

При перемещении грузов на небольшие расстояния по бездорожью применяют прицепы на тракторной тяге.

Для перемещения материалов непосредственно на строительной площадке используют электрокары, а при малых расстояниях (10...30 м) — конвейеры и рольганги.

На крупных водохозяйственных и гидроэнергетических строительных объектах используют подвесные канатные дороги, однорельсовые навесные дороги, пневмотранспортеры, гидротранспорт.

97. Подъемно-транспортные машины

Для подъема и перемещения строительных материалов, изделий и конструкций к месту установки и производства работ используют различные подъемные механизмы, крановое оборудование, подъемники и т. п. (рис. 23.3).

При возведении невысоких промышленных зданий и сооружений (высотой до 10...12 м) используют автомобильные краны, краны на гусеничном или пневматическом ходу. Эти краны обладают высокой маневренностью, подвижностью и обеспечивают подачу материалов прямо к месту производства работ. Они особенно удобны при производстве работ ниже стоянки крана — в траншеях и т. п.

При строительстве многоэтажных зданий применяют башенные краны различной конструкции, перемещаемые вдоль здания по рельсовым путям, и ползучие краны, устанавливаемые в средней части здания и перемещаемые вверх по мере монтажа. Вертикальный подъем материалов осуществляют также стоечными и шахтными подъемниками.

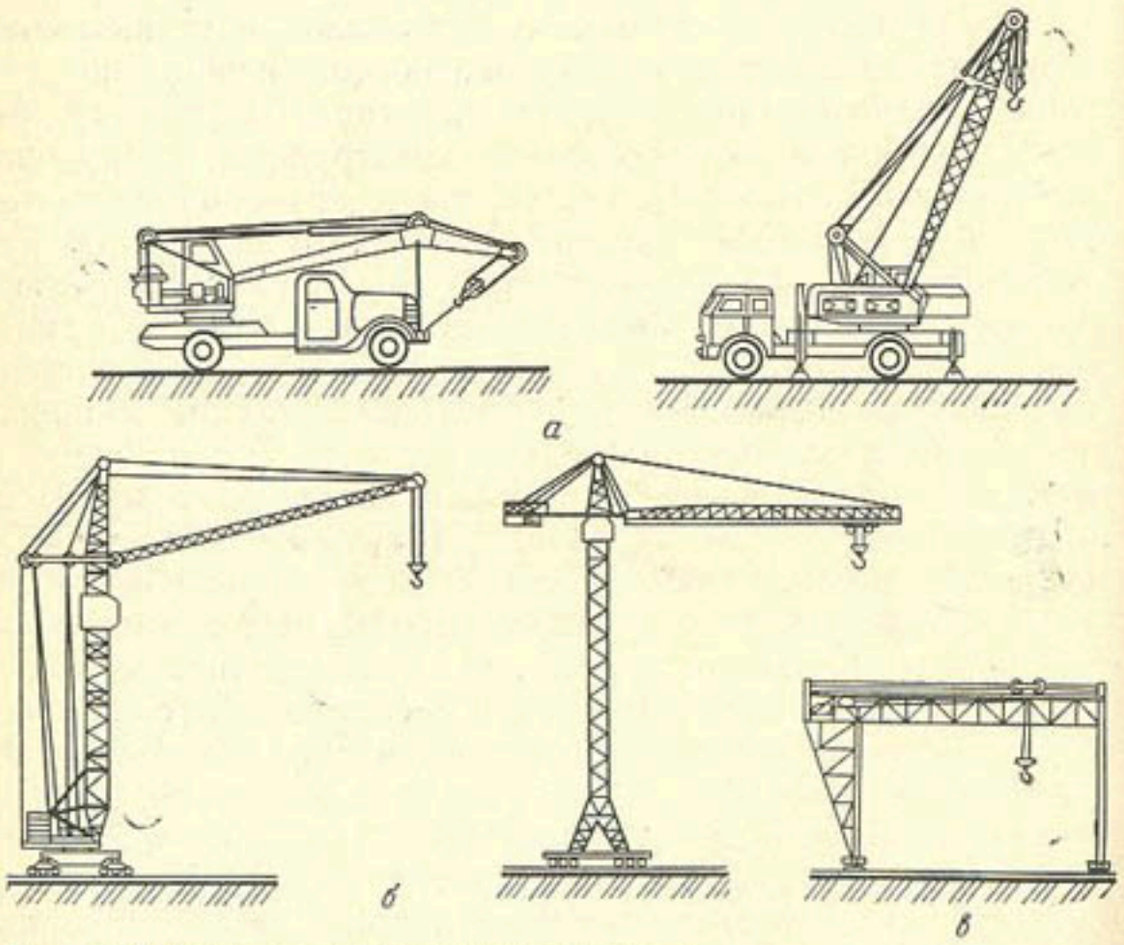


Рис. 23.3. Подъемно-транспортные машины:

а — автомобильные краны; *б* — башенные краны с поворотной башней и с неповоротной башней и грузовой тележкой; *в* — бесконсольный козловой кран.

При этом материалы к месту работы на этажах доставляют транспортными средствами.

При строительстве крупных гидромелиоративных, гидротехнических и промышленных объектов широко используют специальные краны большой грузоподъемности — козловые, вантовые и др.

98. Погрузочно-разгрузочные работы

При горизонтальном и вертикальном перемещении строительных материалов, изделий и конструкций основная доля трудозатрат приходится на погрузочно-разгрузочные работы. В строительной практике погрузочно-разгрузочные работы выполняют автопогрузчиками (рис. 23.4, *а*, *б*), автомобильными кранами, монтажными и подъемными

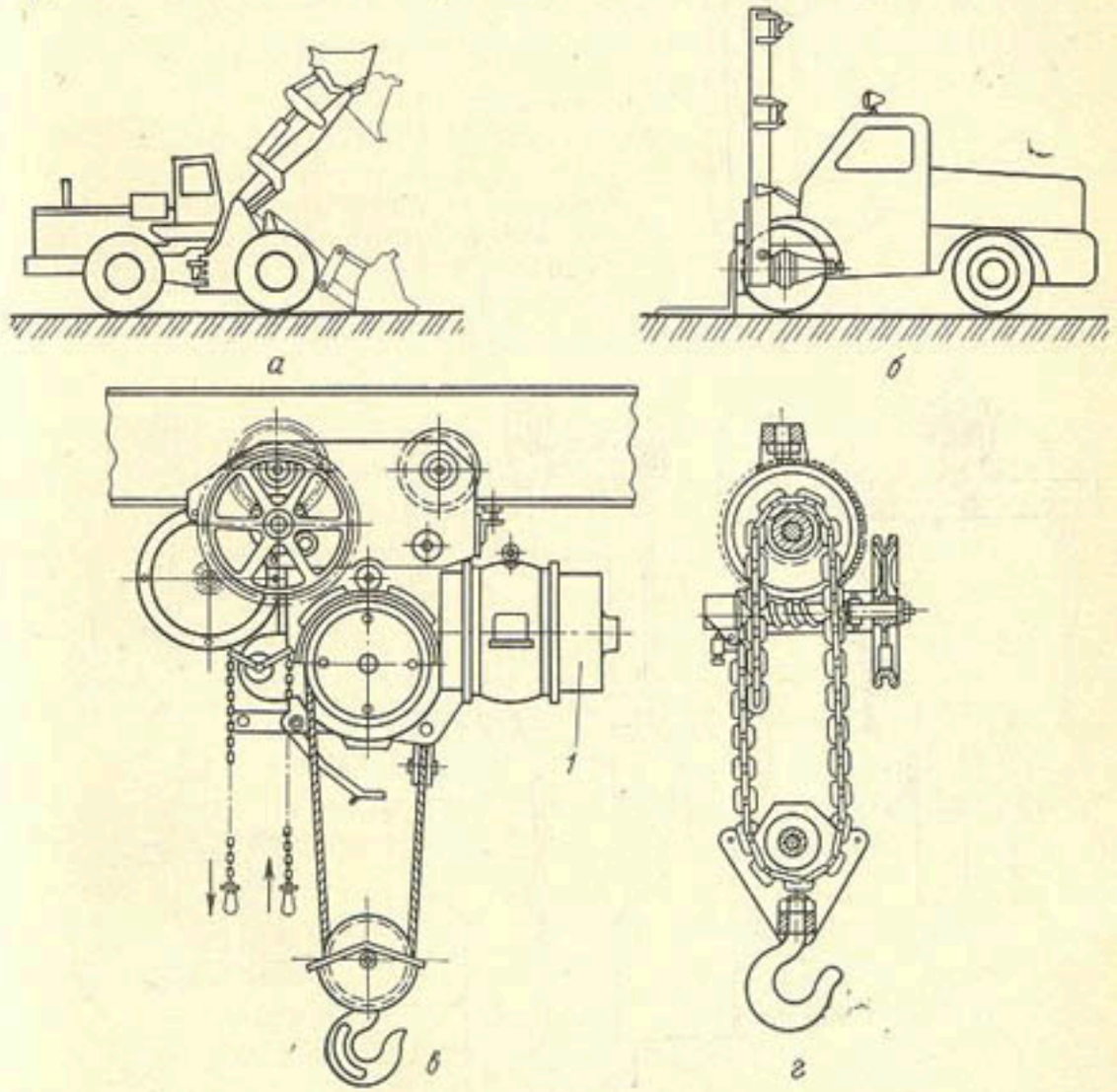


Рис. 23.4. Погрузочно-разгрузочные машины и механизмы:

а — одноковшовый погрузчик; *б* — автопогрузчик с вилочным захватом; *в* — тельфер; *г* — таль.

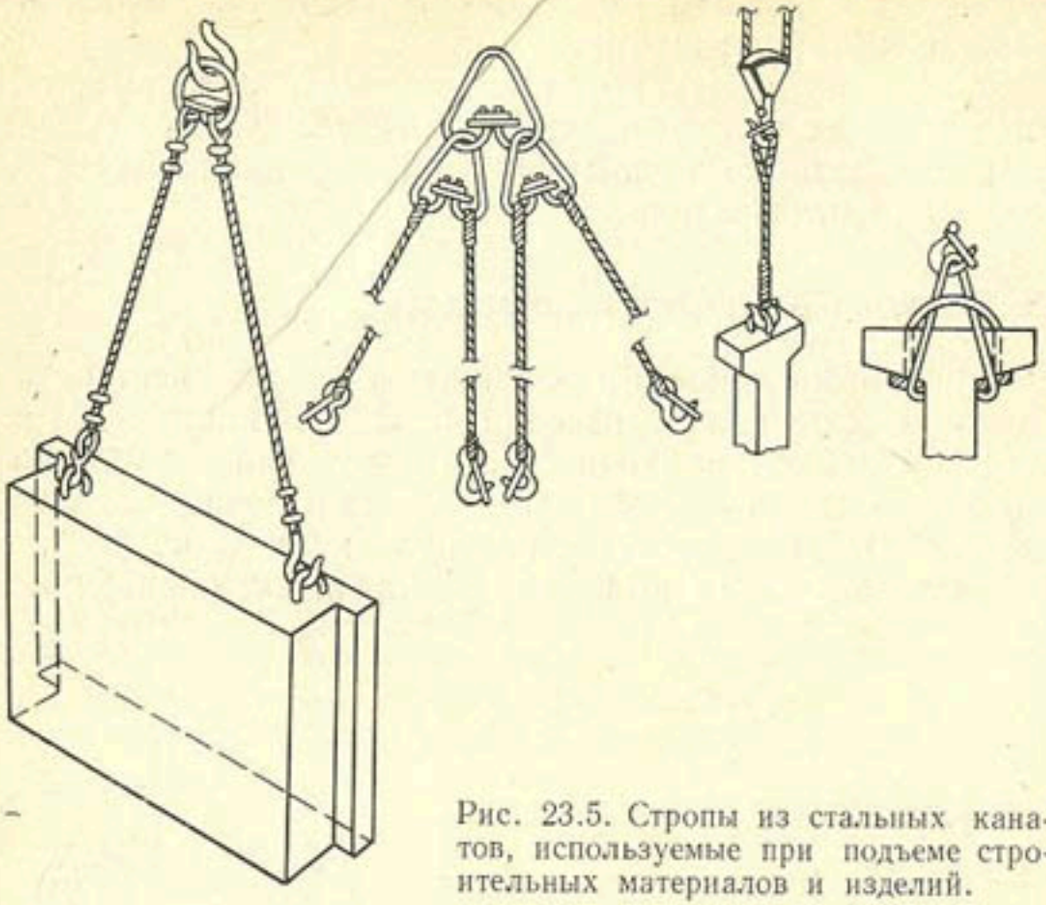


Рис. 23.5. Стропы из стальных канатов, используемые при подъеме строительных материалов и изделий.

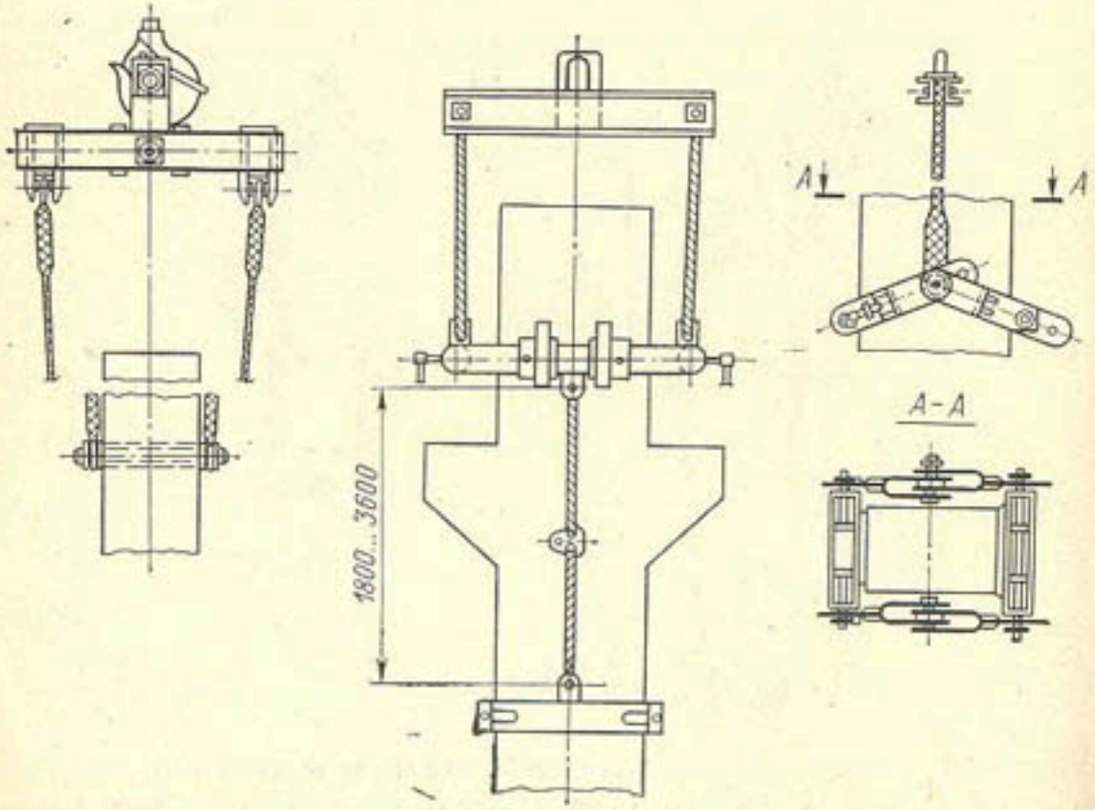


Рис. 23.6. Рамочные захваты.

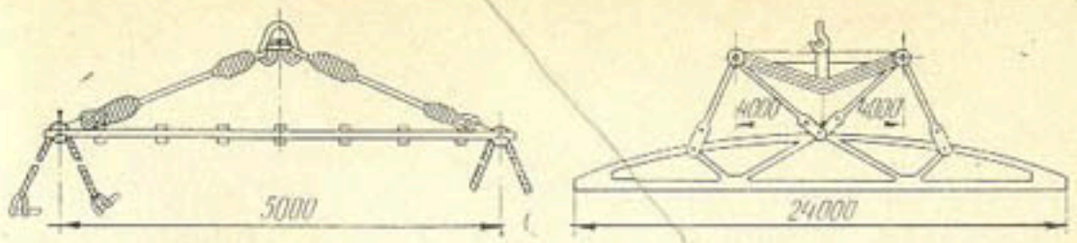


Рис. 23.7. Самоблокирующие траверсы.

кранами и другими подъемными механизмами. Кроме того, широко используют кран-балки, тельферы (рис. 23.4, *в*), тали (рис. 23.4, *г*), козловые краны и другое оборудование. При разгрузке барж с насыпными грузами и лесоматериалами широко применяют грейферные краны. Для подъема и перемещения штучных грузов и пакетов используют портальные краны. Сыпучие грузы иногда нагружают и разгружают пневматическим методом, при котором материал забирают, транспортируют по гибким шлангам и выгружают с помощью сжатого воздуха. Широко применяют также скребковые конвейеры и элеваторы.

Большое сокращение затрат времени на разгрузочные работы дает применение бункеров и эстакад, откуда материалы под действием собственного веса поступают в транспортные средства. Ускорение погрузочно-разгрузочных работ достигается при использовании контейнеров и упаковке в пакеты.

Высокая эффективность погрузочно-разгрузочных работ достигается при выполнении их комплексно-механизированным способом. Сущность этого способа состоит в том, что все операции (погрузку, транспортировку и разгрузку) выполняют взаимосвязанные между собой по производительности механизмы. При этом максимально сокращаются затраты времени и труда, обеспечиваются более высокие технико-экономические показатели производства работ.

Разные материалы, изделия и конструкции поднимают с помощью различного типа канатов, строп (рис. 23.5), захватов (рис. 23.6), траверс (рис. 23.7) и других приспособлений.

При погрузочно-разгрузочных работах применяют пеньковые канаты бельные без обработки и пропитанные горячей смолой, канаты из капрона и перлона, стальные проволочные канаты одинарной, двойной крестовой и двойной односторонней свивки.

Стропы изготовляют из стальных канатов, имеющих подвески для закрепления грузов. Их навешивают на крюк

грузоподъемного механизма или устройства. Обычно применяют стропы универсальные, многоветвевые и облегченные.

Захваты — это устройства, с помощью которых концы строп прикрепляют к поднимаемой детали или конструкции. Для подъема длинномерных изделий (свай, колонн и т. п.) используют рамочные фракционные грузозахваты. Крупные плиты облицовок каналов, панели покрытий поднимают и укладывают на место с помощью захватов-гидрокантователей.

Траверсы — это металлическая конструкция в виде фермы или балки, шарнирно навешиваемая на крюк грузоподъемного механизма. Их используют в том случае, когда поднимаемый элемент не способен воспринимать монтажные усилия от гибкого стропа.

99. Техника безопасности при погрузочно-разгрузочных работах

При производстве погрузочно-разгрузочных работ необходимо строго соблюдать правила техники безопасности, не допускать нахождения людей под стрелой крана и рабочим оборудованием других подъемных механизмов. Для предупреждения людей в зоне работ используют специальные плакаты, надписи и сигналы.

Особо тяжелые и громоздкие грузы погружают и разгружают под наблюдением специального лица из административно-технического персонала, отвечающего за безопасность работ.

Рабочие, занятые на погрузочно-разгрузочных работах с пылящими материалами (цемент, известь и т. п.), должны быть обеспечены спецодеждой из плотной ткани, противопыльными очками и респираторами.

Груз, предназначенный для перевозки, должен быть прочно закреплен от смещений. Водители автотранспорта обязаны строго выполнять «Правила техники безопасности для предприятий автомобильного транспорта» и «Правила дорожного движения». В кузове автомобиля груз размещают так, чтобы он не ограничивал для водителя видимости, не затруднял ему управления автомобилем и не нарушал устойчивости транспортного средства.

Разгрузочно-погрузочные площадки и подъезды к ним должны хорошо освещаться в ночное время.

Руководители, отвечающие за работы, обязаны следить за правильным размещением и закреплением грузов, их складированием, а также систематически проверять техническое состояние подъемно-транспортных машин и такелажного оборудования.

Глава 24. КАМЕННЫЕ РАБОТЫ

100. Общие сведения

Строительство зданий и сооружений любого назначения практически невозможно без выполнения каменных работ. Основной технологический процесс в каменных работах — кладка искусственных и природных штучных камней или блоков на строительном растворе (или без него) в определенном порядке. Каменные конструкции и сооружения испытывают большие нагрузки от действия как собственного веса, так и веса конструктивных элементов, опирающихся на них, поэтому камни при кладке следует располагать в таком порядке, чтобы они воспринимали в основном только сжимающие напряжения. Чтобы обеспечить надежную работу каменной кладки как единого монолитного массива, камни следует укладывать по трем основным правилам разрезки (рис. 24.1).

Первое правило. Поскольку каменный материал хорошо сопротивляется только сжимающим усилиям, камни с целью исключения возникновения в кладке изгибающих и скалывающих напряжений нужно укладывать друг на друга так, чтобы их горизонтальные швы (постели) были расположены перпендикулярно силам, действующим на кладку. Соприкосновение камней друг с другом должно быть возможно большим.

Второе правило. Массив кладки должен расчленяться вертикальными плоскостями, параллельными наружной поверхности кладки (продольными швами), и вертикальными плоскостями, перпендикулярными наружной поверхности кладки (поперечными швами).

Третье правило. Плоскости вертикальной разрезки каждого ряда кладки должны быть сдвинуты относительно плоскостей вертикальной разрезки смежных с ним рядов, то есть под каждым вертикальным швом данного ряда кладки должен располагаться не шов, а камень.

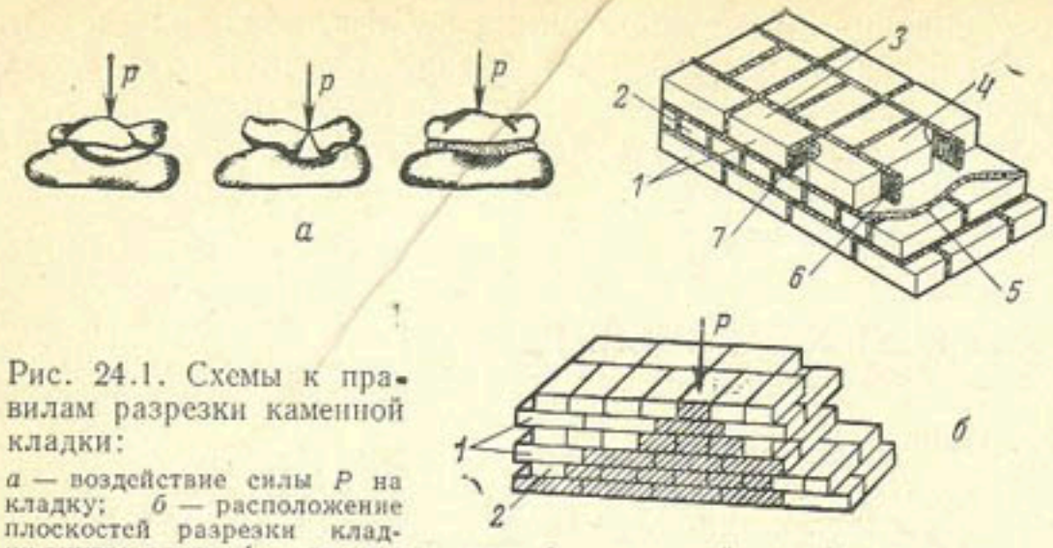


Рис. 24.1. Схемы к правилам разрезки каменной кладки:

а — воздействие силы *P* на кладку; *б* — расположение плоскостей разрезки кладки внутри рядов: *1* — ложковые ряды; *2* — тычковый ряд; *3* — верста; *4* — забутка; *5* — горизонтальный шов (постель); *6* — вертикальный продольный шов; *7* — вертикальный поперечный шов.

В водохозяйственном строительстве применяют кладку следующих видов:

при строительстве перегораживающих и берегоукрепительных сооружений, подпорных стен, устройстве облицовок и т. п.— бутовую, бутобетонную, тесовую, каменно-набросную и др.;

при возведении зданий — кирпичную, из керамических камней, из бетонных камней, из искусственных крупных блоков (бетонных, кирпичных или керамических), из природных камней правильной формы (пиленых, грубоколотых), бутовую, бутобетонную, смешанную (бутовая кладка с облицовкой кирпичом или плотными каменными плитами и т. п.).

Для равномерного распределения давления в кладке и сцепления отдельных камней между собой с целью создания единого каменного монолитного массива используют строительные растворы — цементные, цементно-глиняные, цементно-известковые, известковые и др. Полностью заполненные раствором горизонтальные и вертикальные швы кладки препятствуют ее продуваемости и влагопроницаемости. В неотапливаемых зданиях и сооружениях плотное заполнение швов раствором повышает морозостойкость кладки.

Вид раствора выбирают в зависимости от нагрузки и условий работы каменной конструкции. При небольших нагрузках и работе конструкций в сухих условиях применяют чисто известковые растворы. Эти растворы обладают высокой пластичностью, легко расстилаются и обеспечи-

вают наибольшую производительность труда каменщиков. В конструкциях, работающих при средних нагрузках и при высокой влажности окружающей среды, применяют смешанные (сложные) растворы: цементно-известковые и цементно-глиняные. В сильно нагруженных конструкциях (столбы, перемычки и т. д.), а также в конструкциях, подвергающихся непосредственному воздействию воды (фундаменты, подпорные стены в водонасыщенных грунтах), применяют чисто цементные растворы.

Вид и марку раствора указывают в рабочих чертежах. Состав раствора назначают исходя из необходимой для каменной кладки подвижности (осадки стандартного металлического конуса), заданной марки раствора, условий эксплуатации каменной конструкции (подземная, подводная, надземная и т. п.), требований экономии цемента.

Приготовляют растворы в заводских условиях или на растворных узлах. На объект строительства их доставляют авторастворовозами или автосамосвалами. Из автомобилей раствор перегружают в растворные ящики-контейнеры,

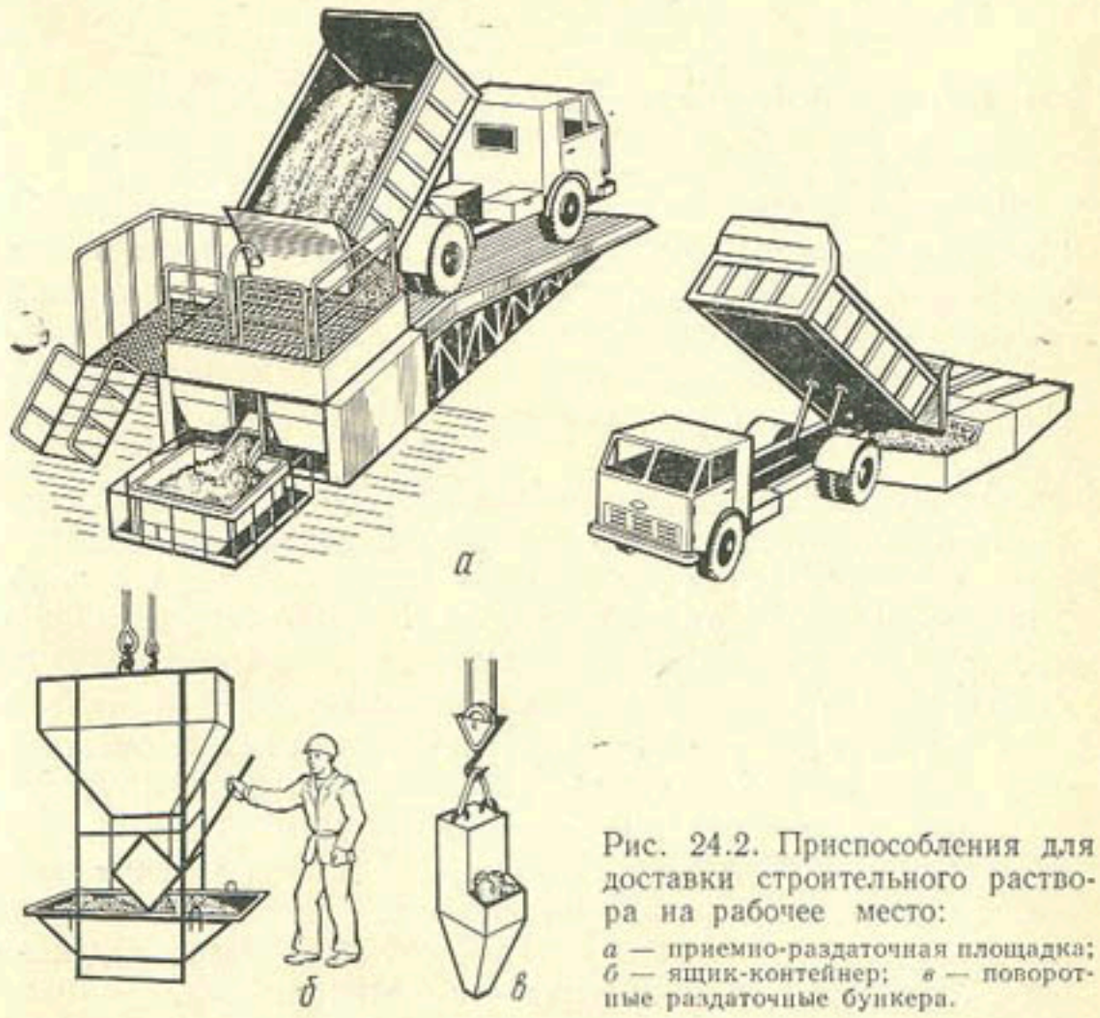


Рис. 24.2. Приспособления для доставки строительного раствора на рабочее место:

а — приемно-раздаточная площадка; *б* — ящик-контейнер; *в* — поворотные раздаточные бункера.

Для придания декоративности бутовой кладке под «лопатку» (кладка цоколя, подпорной стены и т. п.) ее лицевую поверхность выкладывают из специально подобранных камней, чтобы создать между ними рисунок из швов. Швы лицевой поверхности делают выпуклыми и расшивают. Такую кладку называют циклопической.

Кладку под «залив» осуществляют враспор со стенками траншеи или в опалубке. Камни и раствор обычно подают по лоткам или желобам. Первый ряд камней укладывают насухо с расщебенкой швов и трамбованием. Затем его заливают раствором до образования над ним слоя толщиной около 100 мм. На этот слой раствора укладывают следующий ряд камней, который снова заливают раствором, и т. д. Камни укладывают слоями толщиной 150... 300 мм. Для заливки используют жидкий раствор. Кладку под «залив» запрещается проводить зимой.

Бутовую кладку «под скобу» выполняют из камней одинаковой высоты, подбираемых с помощью шаблона. Эту кладку применяют при возведении простенков и столбов.

Бутобетонную кладку выполняют в опалубке путем укладки в нее бетонной смеси, в которую горизонтальными рядами втапливают бут (рис. 24.3, *г*). Объем камней («изюма») составляет около половины объема всей кладки. Бут для бутобетонной кладки должен отвечать тем же требованиям, что и бут для бутовой кладки. Требования к бетону, который в основном обеспечивает прочность бутобетонной кладки, указывают в проекте. Наибольшая крупность крупного заполнителя бетона должна быть не более 30 мм. Между втапливаемыми камнями, а также между камнями и опалубкой должен оставаться промежуток в 40...60 мм, который заполняют бетонной смесью.

102. Кладка из мелкоштучного искусственного камня

В каменной кладке этого вида используют кирпич или камень прямоугольной формы, укладываемый, как правило, горизонтальными рядами. Ширину кладки (толщину стен) принимают кратной $^1/_2$ кирпича или камня. Толщина стен должна удовлетворять прочностным, теплотехническим и звукоизоляционным требованиям.

Каменные стены выкладывают сплошными, с проемами и с выступающими элементами — напусками, поясками, обрезами, уступами, пилястрами и т. п. Для размещения в стенах коммуникаций (трубопроводов, электрических ка-

белей и прочих скрытых проводок) устраивают борозды, приборов отопления и других устройств — ниши.

Процесс каменной кладки состоит из следующих технологических операций: установки порядовок, натягивания причалок для обеспечения правильности укладки рядов и кирпича или камня в них, подачи кирпича и раскладки его на стене, перелопачивания раствора в ящике, подачи раствора на стену и расстилания его под наружную версту, укладки наружной версты, расстилания раствора под внутреннюю версту, укладки внутренней версты, расстилания раствора под забутку, укладки забутки, проверки правильности выложенного ряда кладки, расшивки швов (при необходимости).

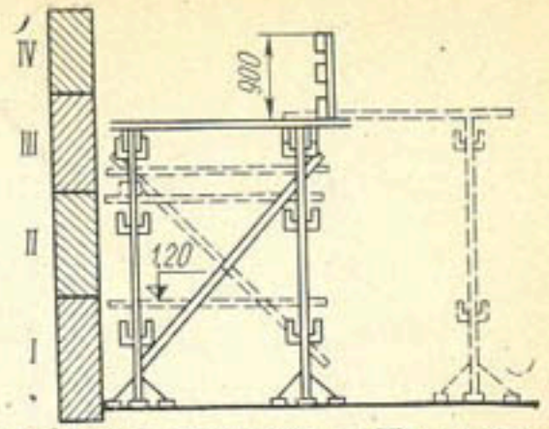


Рис. 24.4. Подмости на инвентарных опорах:
I—IV — ярусы кладки стены.

При выполнении операций используют соответствующие инструменты, приспособления и инвентарь. Для подачи кирпича или камня к рабочему месту применяют поддоны с крючками или на брусках. Для подачи и расстилания раствора на стене используют растворную лопату, совок Максименко, лоток. Для разравнивания раствора по кладке, заполнения раствором вертикальных швов и подрезки лишнего раствора в швах применяют кельму. Горизонтальные и вертикальные швы расшивают (придают им определенную форму) расшивками. При теске и рубке камня используют молоток-кирочку. Для очистки поверхностей каменной кладки от выступающего из швов раствора, полного заполнения швов раствором и их заглаживания применяют швабровку.

Качество каменной кладки проверяют с помощью контрольно-измерительных инструментов: отвеса, метра, рулетки, уровня, правила, угольника, шнура-причалки, инвентарной порядовки.

С целью максимальной производительности труда каменщиков при возведении каменных конструкций (стен, столбов и т. п.) устраивают подмости (рис. 24.4) или леса, которые позволяют выполнять кладку ярусами высотой до 1 200 мм. Подмости делают ленточными (по всей длине

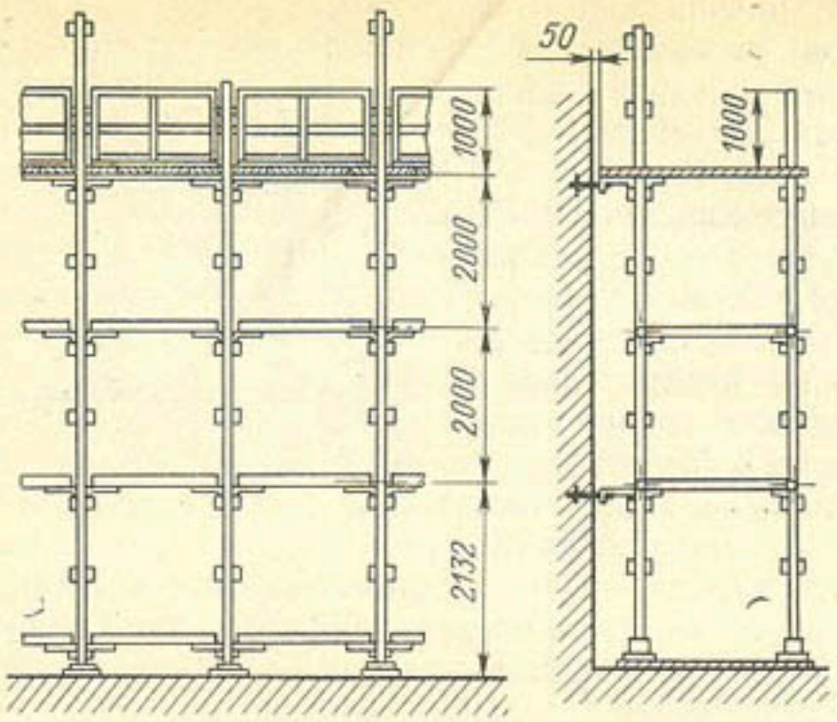


Рис. 24.5. Трубчатые леса.

кладки) или сплошными. Ленточные подмости имеют ширину рабочей площадки 2 500 мм. Если ширина помещений не превышает трехкратной ширины настила (до 8 000 мм), делают сплошные подмости. При высоте кладки более 5 000 мм собирают леса из деревянных или стальных стоек. Наибольшее распространение имеют металлические трубчатые леса, состоящие из стоек и ригелей, соединяемых с помощью крюков и патрубков или хомутов на болтах (рис. 24.5).

Высокопроизводительной кладка может быть только в том случае, если будут правильно организованы весь процесс ее и рабочее место каменщиков (рис. 24.6). Запас кирпича или камня на рабочем месте должен соответствовать потребности в нем для 3...4 ч работы.

Каменную кладку ведут звеном, состоящим из 2...6 человек. Состав звена каменщиков зависит от вида сложности и толщины стен.

Порядовки устанавливают на расстоянии 10...15 м друг от друга, между ними натягивают шнур, а чтобы он не провисал, ставят промежуточные маяки из кирпича или деревянного шаблона.

Кладку верст ведут тремя способами: вприжим, вприсык и впритык с подрезкой раствора, а укладку забутки выполняют способом вполуприсык (рис. 24.7). Выбор спо-

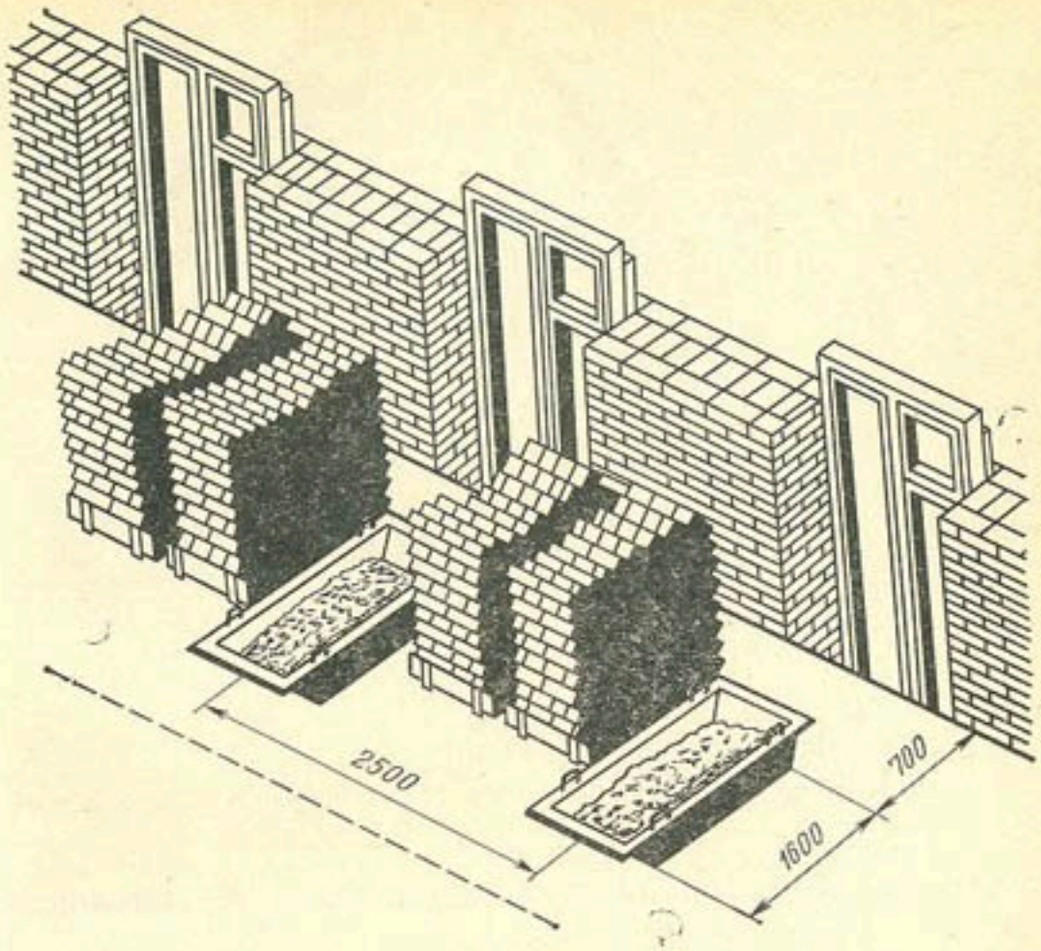


Рис. 24.6. Схема рабочего места каменщика.

соба кладки зависит от требований к чистоте лицевой поверхности кладки, от вида и пластичности раствора, состояния кирпича или камня, времени года и состояния среды, где ведется кладка.

Кладку способом вприжим ведут на жестком растворе с полным заполнением и расшивкой швов. В этом случае обеспечиваются прочность кладки и чистота ее лицевой поверхности.

Способ вприсык применяют при наличии пластичных растворов и неполном заполнении швов раствором с наружной стороны (обычно под штукатурку). Кладка способом вприсык не допускается в сейсмических районах.

Способом вполуприсык выкладывают забутку. Кирпич забутки плотно прижимают к постели, чтобы обеспечить на одном уровне горизонтальную плоскость забутки и верстовых рядов. Для повышения прочности и тепло- и звукоизоляционных свойств кладки при расстилании раствора

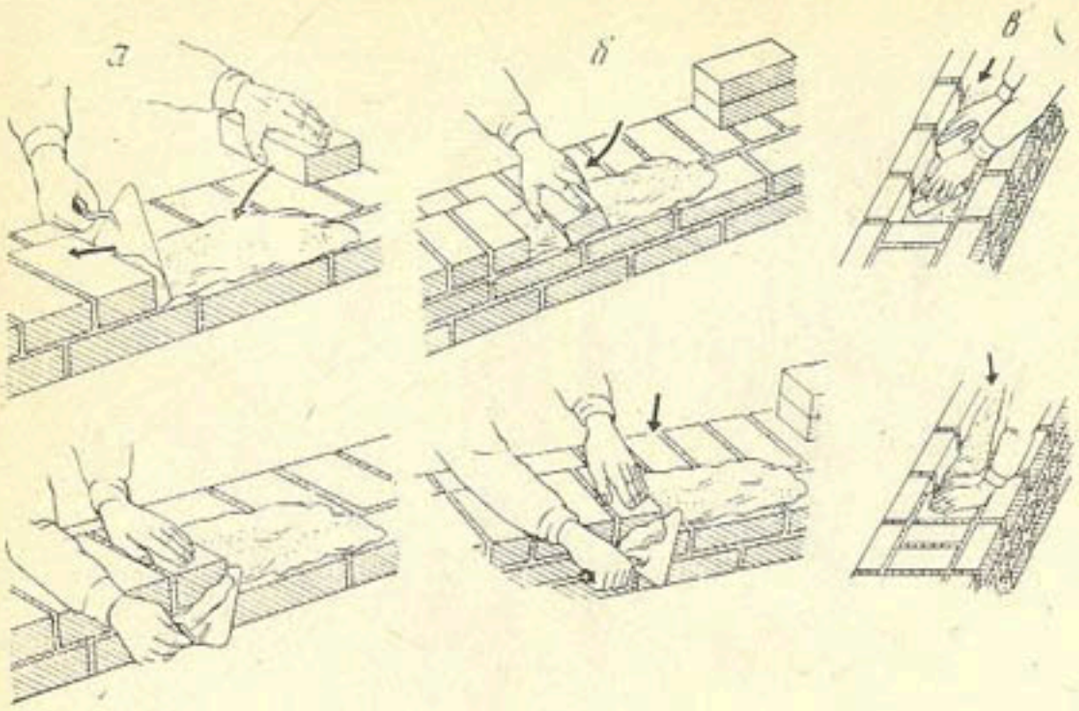


Рис. 24.7. Способы кирпичной кладки:
а — вприжим; *б* — вприсык и вприсык с подрезкой раствора; *в* — вполуприсык.

по уложенному ряду следят за заполнением вертикальных швов.

Кладку стен выполняют с перевязкой швов в основном по двум системам: по однорядной (цепной) и многорядной, а кладку столбов и простенков шириной менее 1 200 мм выполняют с перевязкой швов по трехрядной системе.

В местах временного перерыва кладки устраивают убежные (наклонные) или вертикальные штрабы.

Проверка качества работ при возведении каменных сооружений состоит в контроле толщины и правильности перевязки швов, вертикальности и прямолинейности поверхности кладки, правильности установки закладных частей и анкеров. Качество камня, блоков и облицовочных материалов должно подтверждаться паспортами на эти изделия заводов-изготовителей. Качество раствора устанавливают по данным лабораторных испытаний образцов раствора, отбираемых в процессе ведения кладки.

103. Облицовка каменной кладки

Каменную кладку облицовывают с целью повышения долговечности и стойкости сооружений против внешних (силовых и атмосферных) воздействий, а также для прида-

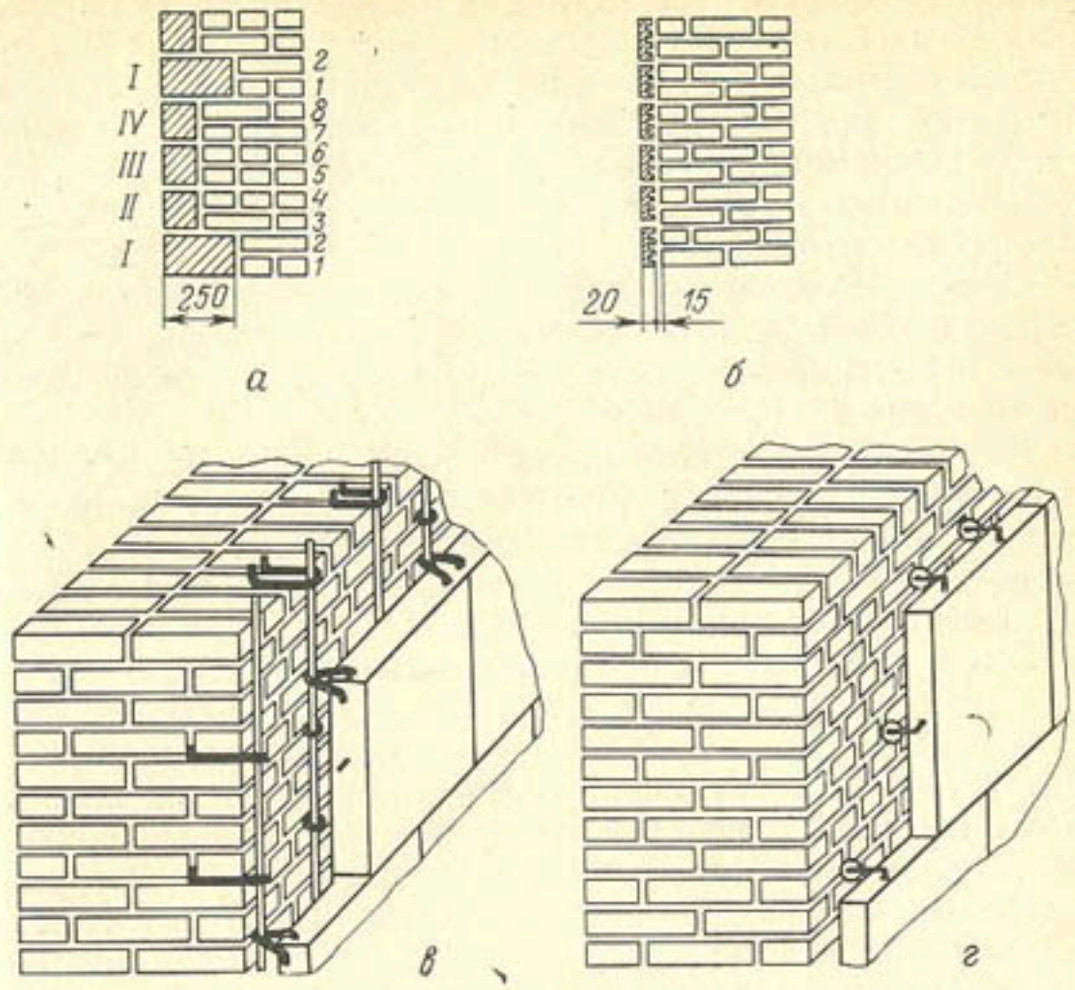


Рис. 24.8. Облицовка каменной кладки:
а — керамическим камнем в процессе выполнения кладки; *б* — приспонными керамическими плитками; *в*, *г* — плитами из природного камня с креплением соответственно за вертикальные стержни и жестким: *1—8* — ряды кладки; *I—IV* — ряды облицовки.

ния сооружениям большей архитектурной выразительности (рис. 24.8).

Для облицовки применяют камни, блоки и плиты из природного камня плотных и прочных пород (гранит, сиенит, плотные известняки и т. п.) или искусственные блоки и плиты, чаще всего керамические.

Облицовка из камней или блоков связывается с массивом кладки с помощью тычковых рядов облицовочных камней или блоков, прокладываемых через каждые два — четыре ложковых ряда. Швы между облицовочными камнями или блоками расшивают сразу после их установки.

Высота камней или блоков облицовки должна быть увязана с толщиной рядов применяемого в кладке камня, чтобы горизонтальные швы тычковых рядов облицовки совпадали со швами основной кладки.

Облицовку бутовой и бутобетонной кладки часто выполняют из тесаных камней плотных пород с отделанной фактурной поверхностью. Эти камни устанавливают на густом цементном растворе и скрепляют с основной кладкой и между собой металлическими анкерами. Из-за большой массы камней их устанавливают подъемными механизмами — обычно автомобильными.

Облицовку кладки плитами из природного камня можно вести как в процессе выполнения самой кладки, так и после окончания ее. Однако, как правило, облицовку ведут одновременно с кладкой.

Плиты из природного камня крепят к основной кладке стальными анкерами, а между собой соединяют металлическими штырями, закладываемыми в гнезда их боковых поверхностей. При жестком креплении облицовочных плит стальные анкеры закладывают в швы кладки или в высверленные в ней отверстия, где закрепляют их заливкой густого цементного раствора. Загнутые концы анкеров заводят в гнезда плит и также закрепляют цементным раствором. При скользящем креплении облицовочных плит их крепят металлическими скобами к стальным вертикальным прутьям, заделанным в кладке. Плиты размещают на некотором расстоянии от основной кладки (обычно 20...30 мм). После установки ряда плит это пространство заполняют раствором на $^2/_3$ высоты плит, после чего устанавливают следующий ряд плит.

Кроме природного камня для облицовки зданий и сооружений, широко применяют керамические плитки (закладные, прислонные и малогабаритные).

Закладные плитки имеют Г-образное поперечное сечение. Облицовку ими ведут одновременно с основной кладкой, при этом Г-образный выступ заделывают в кладку. Горизонтальные швы на глубину, равную толщине плиток, оставляют не заполненными раствором, чтобы избежать передачи нагрузки от вышележащей кладки на плитки при осадке. Заполнение раствором этих участков швов и их расшивку проводят только после осадки кладки.

Облицовку прислонными плитками ведут одновременно с основной кладкой. Их устанавливают вплотную к кладке на растворе и перевязывают с ней с помощью прокладных плит или тычковых рядов лицевого кирпича или камня. Прокладные ряды делают через один-два ряда прислонных плиток.

Каменную кладку малогабаритными плитками облицовывают только после окончания осадки кладки, так как при осадке они могут отслаиваться от стены. Перед облицовкой поверхность кладки тщательно очищают от пыли и грязи. Затем поверхности стены и плиток смачивают водой, на тыльную сторону плиток наносят цементный раствор и плитки плотно прижимают к кладке. После затвердевания раствора все швы обязательно расшивают. Кладку стен под облицовку малогабаритной плиткой ведут в «пустошовку». Крепление малогабаритных плиток к кладке обеспечивается только силами сцепления раствора с кладкой и тыльной стороной плиток, имеющей специальные борозды в виде «ласточкиного хвоста», поэтому облицовка этими плитками менее надежна, чем плитками других типов.

Качество облицовочных работ проверяют по отвесу и двухметровой рейкой.

104. Каменная кладка в гидромелиоративном строительстве

В гидромелиоративном строительстве, кроме рассмотренных видов кладки, довольно широко применяют безрастворную кладку, каменную наброску (рис. 24.9), габионную кладку (рис. 24.10) и др. При этих видах кладки прочность и устойчивость сооружений обеспечиваются силами трения между камнями. Эти кладки используют при

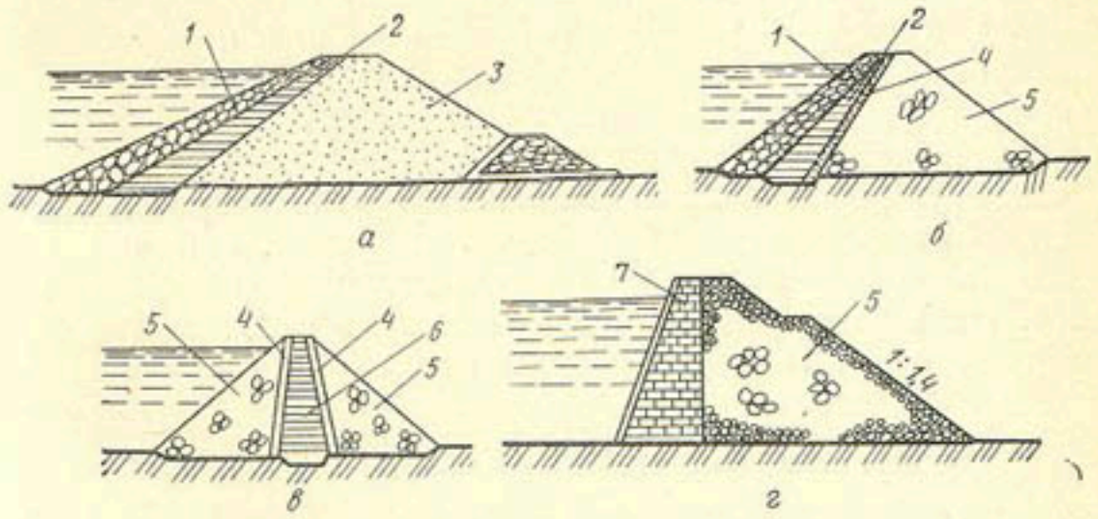


Рис. 24.9. Плотины с различными каменными кладками:

а и *б* — земляная и каменно-набросная с каменно-набросным и глиняным экранами; *в* — каменно-набросная с ядром; *г* — каменно-набросная с экраном из камней правильной формы: *1* — крепление откоса каменной наброской; *2* — глинистый экран; *3* — грунтовая отсыпка; *4* — переходные зоны; *5* — каменная наброска тела плотины; *6* — глинистое ядро плотины; *7* — экран плотины из природных камней, выполненный способом безрастворной кладки.

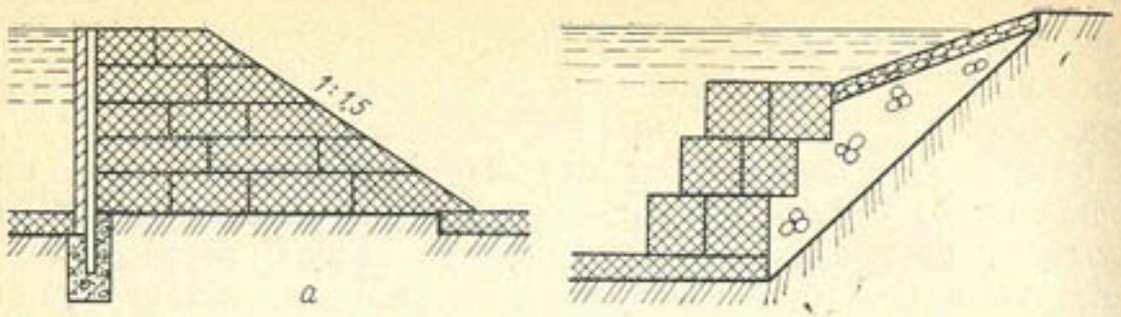


Рис. 24.10. Габионовая кладка плотины (*а*) и откоса (*б*).

воз дении небольших плотин, дамб, берегоукрепительных сооружений и т. п.

Безрастворную кладку ведут с перевязкой швов обычно по цепной системе. Для кладки применяют природные камни с подбором их по размерам и в том числе по толщине. Рекомендуется применять камни с соотношением ширины к толщине не более двух, а длины к толщине не более трех-четырех. Толщина камней должна быть не менее 200 мм. Масса отдельных камней может составлять 80 кг и более. Кладку ведут рядами, обычно перпендикулярными поверхности сооружения, с тщательной подгонкой швов для обеспечения плотного касания камней в смежных рядах. Ввиду большой массы камней кладку их ведут с применением подъемных механизмов.

Каменная наброска значительно менее трудоемка, чем кладка «насухо», и более индивидуальна. Для наброски используют природные камни плотных и возможно более вязких (менее колких) пород. Наброску ведут обычно с эстакад, куда камни завозят автосамосвалами. Высота такой наброски может достигать 30 м и даже более. Размер камней должен быть как можно больше, так как это повышает устойчивость сооружения. Для достижения большей плотности наброски следует использовать разнообразные камни, различающиеся по размеру в 3,0...3,5 раза; при этом мелкие камни заполняют пустоты между крупными камнями. Наброску ведут слоями с уплотнением каждого из них. Для уплотнения применяют катки и вибраторы, а при толстом слое (более 1 м) наброску уплотняют струей воды, подаваемой гидромонитором. Этот способ дает наилучшее уплотнение.

Кладку из габионов выполняют из ящиков с сетчатыми стенками, заполненных булыжным камнем, галькой или бутом. Габионные ящики обычно делают из проволочных сеток (проволока диаметром до 6 мм) с ячейками размером 50...200 мм, в зависимости от крупности применяемого камня. Размеры габионов: высота 0,8...1,2 м, длина 3,0...4,0 м, ширина 1,0...1,5 м. Иногда применяют габионные тюфяки толщиной (высотой) 0,3...0,4 м, площадью в плане до 3,0...4,0 м². Кладку из габионов выполняют путем установки габионных ящиков друг на друга с соблюдением перевязки швов. Ящики устанавливают рядами, стенки смежных ящиков связывают между собой проволокой. После скрепления стенок ящики заполняют камнем размером обычно 100...500 мм. Камень подают в ящики ленточными конвейерами или по наклонным лоткам. По окончании заполнения установленного ряда ящиков камнем на него устанавливают следующий ряд габионных ящиков с соблюдением перевязки швов. Габионы нижнего ряда связывают с ящиками верхнего ряда проволочными скрутками, после чего габионные ящики верхнего ряда заполняют камнем.

105. Каменная кладка в зимних условиях

В зависимости от вида и назначения сооружения и действующих на него нагрузок зимнюю кладку выполняют следующими методами: замораживанием кладки, искусственным обогревом кладки, применением раствора с противоморозными добавками, обеспечивающими твердение его при отрицательных температурах.

Для зимней кладки камня правильной формы (кирпича, керамических и легкобетонных блоков) наибольшее распространение получил метод замораживания. Методом замораживания кладку ведут на открытом воздухе из ненагретых, но очищенных от льда камней на подогретом растворе. Подогрев раствора необходим, чтобы до его замерзания швы кладки были плотно обжаты и раствор приобрел необходимую прочность. При замерзании раствор прочно сцепляется с кладкой и ее прочность даже больше, чем у кладки на растворе, твердевшем в нормальных условиях. Нарастания прочности замерзшей кладки практически не происходит, так как процесс твердения раствора при замерзании воды затворения останавливается. С наступлением теплого периода года раствор оттаивает и продолжает набирать прочность. По опыту строительства, прочность зимней кладки в момент оттаивания обычно составляет для кирпичной кладки 50% ее прочности в нормальных условиях твердения, а для кладки из крупных бетонных камней 75%. Это довольно значительная прочность кладки при

оттаивании и дает возможность возводить каменные конструкции и сооружения методом замораживания.

Влияние раннего замораживания на прочность и устойчивость кладки, выполняемой методом замораживания, учитывают повышением марки раствора (против принимаемой при летней кладке) на одну ступень (марку). В конструкциях, на которые в момент оттаивания действуют нагрузки, превышающие 85% расчетных, и которые, кроме того, возводятся при температуре ниже минус 20°С, марку раствора повышают на две ступени. Кроме повышения марки раствора, для обеспечения прочности и устойчивости кладки, возводимой зимой, в углах и в местах пересечения и примыкания стен закладывают металлические связи, выполняемые из полосовой или круглой (диаметром 10...14 мм) стали. Монтаж конструкций перекрытий ведут одновременно с кладкой стен с целью придания зданию общей пространственной жесткости. Концы балок и прогонов при этом заанкеривают в стенах. В необходимых случаях на период оттаивания и набора прочности кладки прочность и устойчивость отдельных конструкций и частей сооружений обеспечивают путем установки временных креплений — подкосов, стоек, растяжек, сжимов.

Кладка методом замораживания не допускается для стен и столбов из бута и бутобетона, а также для конструкций, подверженных в период оттаивания раствора и набора им прочности динамическим нагрузкам, изгибающим моментам, внецентренному сжатию и боковым (горизонтальным) силовым воздействиям.

В тех случаях, когда нельзя использовать метод замораживания, кладку зимой ведут с помощью искусственного обогрева до момента набора ею необходимой прочности или применяют растворы на быстротвердеющих вяжущих с противоморозными добавками. В качестве противоморозных добавок используют поташ, нитрит натрия, хлористый кальций и хлористый натрий. При искусственном обогреве кладки нужную температуру ее на период твердения можно поддерживать электропрогревом на открытом воздухе и паропрогревом или обогревом от калориферов в тепляках. Электропрогрев осуществляют с помощью электродов из стальных прутьев диаметром 4...6 мм, закладываемых в горизонтальные швы кладки. Паропрогрев удобен, когда на строительстве есть технологический пар. Особенно удобен паропрогрев при возведении бутовых фундаментов в дренирующих грунтах. В этом случае сразу по окончании

кладки траншею закрывают сверху, создавая своего рода тепляк, куда подают пар. Для надземной кладки устраивают специальные временные ограждения — тепляки, где поддерживают нужную температуру воздушным калориферным отоплением или другим источником тепла.

106. Техника безопасности при каменных работах

При выполнении каменных работ следует соблюдать правила техники безопасности. Леса и подмости должны быть прочными и устойчивыми. Настилы и переходные лестницы на них должны иметь ограждения на высоте не ниже 1 м с бортовой доской шириной не менее 15 см. Все проемы в настилах и стенах, выходящих наружу, должны быть ограждены прочными перилами или закрыты щитами.

При работе с внутренних подмостей снаружи зданий устраивают сплошной защитный козырек из деревянного настила или проволочной сетки шириной не менее 1,5 м с уклоном от стены вверх под углом не менее 20°. Сооружения высотой до 7 м можно возводить без устройства козырьков с обязательным ограждением внизу.

При установке и разборке лесов и подмостей следует устраивать временное ограждение и не допускать посторонних лиц.

Глава 25. БЕТОННЫЕ РАБОТЫ И ПРОИЗВОДСТВО СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

107. Общие сведения

Несмотря на быстрое развитие производства новых эффективных строительных материалов, бетон и железобетон остаются одними из основных строительных материалов для водохозяйственных и гидротехнических конструкций и сооружений.

При возведении монолитных бетонных и железобетонных конструкций и сооружений, бетонируемых непосредственно на месте строительства, широко применяют индустриальные методы ведения работ: использование инвентарной сборно-разборной опалубки и арматурных каркасов, непрерывная механизированная подача бетона в конструкции с помощью бетононасосов и бетоноукладчиков,

уплотнение бетона совершенными способами. При возведении многих сооружений применяют скользящую опалубку и бетоноукладочные комплексы машин, позволяющие полностью индустриализировать строительный процесс. Использование химических добавок и специальных цементов в сочетании с совершенными методами прогрева бетона в конструкциях дает возможность вести работы по бетонированию практически в любое время года, даже зимой, не прибегая к сооружению специальных тепляков, что значительно ускоряет проведение работ и снижает их стоимость.

Особое значение имеет предварительное напряжение арматуры, позволяющее повысить трещиностойкость и жесткость конструкций, их эксплуатационную надежность и долговечность. При производстве предварительно-напряженных изделий широко применяют электротермические способы натяжения арматуры, а в последнее время и специальные напрягающие (расширяющиеся) цементы.

Возведение железобетонных сооружений состоит из ряда последовательно выполняемых операций: устройства и подготовки опалубки; подготовки арматуры, арматурных элементов и каркасов; установки арматуры в опалубку и бетонирования; выдержки конструкций в опалубке до набора бетоном требуемой прочности; снятии опалубки (при возведении монолитных конструкций) или извлечении изделий из опалубки (при производстве сборных конструкций). При строительстве сборных сооружений к этому добавляются монтажные работы и работы по устройству швов. При возведении крупных монолитных сооружений вместо опалубки часто используют сборные железобетонные плиты-оболочки, входящие в состав конструкции, при этом отпадает необходимость в работах по снятию опалубки.

На водохозяйственных объектах особое внимание уделяется мероприятиям, обеспечивающим плотность бетона (уплотнение, выбор заполнителей, создание нужных условий твердения и т. д.), так как они определяют надежность и долговечность конструкций.

108. Технология устройства монолитных облицовок каналов

При устройстве монолитной бетонной облицовки каналов применяют поточную технологию, состоящую из следующих операций: чистового профилирования канала, укладки бетонной смеси на грунтовое основание с одновременным устройством продольных и поперечных деформационных швов, отделки бетонной поверхности и ухода за свежеуложенным бетоном. Устройство облицовки по этой технологии осуществляют (после завершения основных земляных работ по созданию грунтового ложа канала) с помощью единого бетоноукладочного комплекса взаимосвязанных и взаимодополняющих машин, обеспечивающего непрерывность технологического процесса строительства.

При устройстве монолитной бетонной облицовки каналов глубиной 0,6...1,0 м, шириной по дну 0,8 м и с заложением откосов 1:1,5 применяют виброформу МБ-15; при глубине канала 1,1...1,5 м, ширине по дну 0,8; 1,0 и 1,2 м и заложении откосов 1:1,5 — виброформу БМ-17; при глубине канала 1,5...3,0 м, ширине по дну 1,5...2,5 м и заложении откосов 1:1,5 — комплекс машин, состоящий из экскаватора-профилировщика Д-654Б, бетоноукладчика Д-655В и нарезчика швов Д-656А; при глубине канала 3...5 м, ширине по дну 3...8 м и заложении откосов 1:1,5 и 1:2,0 — бетоноукладочный комплекс, включающий экскаватор-профилировщик Д-582 или МБ-24, бетоноукладчик Д-580 или МБ-25, нарезчик швов Д-651 или МБ-26. Во всех случаях герметизирующий материал заливают с помощью заливщика швов МБ-16.

При устройстве бетонных, железобетонных и бетонопленочных облицовок крупных каналов глубиной 3...7 м используют бетоноукладочные комплексы машин производительностью 80...120 м³/ч. Их применяют на строительстве каналов шириной по дну от 3 до 20 м с заложением откосов 1:2; 1:2,5; 1:3 и толщиной облицовки 80...200 мм. Такие бетоноукладочные комплексы состоят из основных канальных машин, обеспечивающих технологический процесс, и вспомогательных машин и механизмов.

Приготовление бетонной смеси организуется на приобъектном передвижном бетонном заводе, размещаемом примерно в 10...12 км от наиболее удаленного пункта производства бетонных работ.

Транспортно-складская переработка основных компонентов бетонной смеси (цемента и заполнителей) включает их разгрузку, складирование, внутрибазовую транспортировку, сортировку заполнителей. Склады заполнителей размещают на спланированных и забетонированных площадках с организованным поверхностным водоотводом. Цемент складируют в специальных емкостях.

Бетонный завод имеет в своем составе бетоносмесительную установку с расходными емкостями для компонентов бетонной смеси, дозаторами цемента и заполнителей, оборудованием для введения жидких добавок, а также транспортное и технологическое оборудование.

Бетонную смесь приготовляют в бетоносмесителе гравитационного действия с продолжительностью перемешивания не более 3 мин (определяется строительной лабораторией опытным путем). Жидкие добавки (пластифицирующие и воздухововлекающие) вносят в воду затворения с помощью специальных дозаторов. Концентрация раствора добавок контролируется перед каждым заполнением расходных баков, но не реже 1 раза в смену.

Приготовленная бетонная масса должна быть однородной и нерасслаивающейся в процессе транспортировки, укладки и уплотнения. Для повышения стабильности свойств бетонной смеси проводят регулярную корректировку количества воды, вводимой в бетонную смесь в процессе ее приготовления.

Готовую бетонную смесь транспортируют от бетонного завода к месту укладки в облицовку только автобетоносмесителями, обеспечивающими темп разгрузки бетона не менее 2 м³/мин. Чтобы исключить расслоение бетонной смеси и изменение ее пластических свойств при транспортировке, барабан бетоносмесителя постоянно вращается с частотой 8...10 мин$^{-1}$. Скорость движения автобетоносмесителя регламентируется условиями дороги: при жестком покрытии до 30 км/ч, при мягком грунтовом покрытии 15 км/ч. Транспортировка бетонной смеси должна обеспечивать непрерывность работы бетоноукладчика.

С целью предохранения бетона от обезвоживания вследствие капиллярного отсоса воды из бетонной смеси спланированное грунтовое основание за 5...10 мин до укладки бетонной смеси увлажняют водой с помощью поливной машины таким образом, чтобы влажность поверхностного слоя грунта составляла не менее 15%.

При устройстве железобетонной монолитной облицовки перед укладкой бетонной смеси устанавливают арматурный каркас и также увлажняют грунтовое основание. При устройстве бетонопленочной облицовки перед укладкой бетонной смеси на подготовленное ложе канала укладывают синтетическую пленку.

В процессе выполнения бетонных работ бетоноукладчик комплекса обеспечивает выполнение следующих операций:

прием бетонной смеси из автобетоносмесителей и подачу ее в расходный бункер бетоноукладчика, распределение смеси по ширине захвата бункера, уплотнение пластичных бетонных смесей (с осадкой конуса 5...8 см), укладку герметизирующих пластмассовых лент в продольные деформационные швы и в строительный шов донной части с одновременным уплотнением бетонной смеси в зоне укладки герметизирующих лент. Для уплотнения бетонной смеси в продольном донном строительном шве облицовки используют виброплощадку а в поперечном межсменном шве — вибролопату.

Подвижные бетонные смеси, укладываемые в облицовку канала бетоноукладчиком, уплотняют с помощью вибротрубы с частотой колебаний 4 500...5 000 мин$^{-1}$ и амплитудой 0,15...2,0 мм. Скорость движения бетоноукладчика устанавливают в зависимости от заложения откосов, удобоукладываемости бетонной смеси, темпа подвозки бетонной смеси, обеспечивающего непрерывную работу бетоноукладчика. Обычно она находится в пределах 0,5...4,5 м/мин.

Герметизирующую пластмассовую ленту в свежеуложенный бетон в местах поперечных деформационных швов монолитной облицовки заделывают платформой, устраивающей эти швы. Ленту укладывают на 5...10 мм ниже поверхности бетона с помощью самоходной рабочей тележки, состоящей из заглубляющей пяты, заглаживающего башмака и направляющей трубы. На башмаке и трубе установлены пневмовибраторы с частотой колебаний 8...10 тыс. мин$^{-1}$ и амплитудой 0,15 мм.

В местах пересечения продольных и поперечных герметизирующих профильных лент верхнее ребро продольной ленты срезают ножом на длине 150...200 мм, чтобы разместить нижнее ребро поперечной ленты. Для соединения герметизирующих лент в продольных швах их торцы с помощью электронагревателя доводят до температуры плавления и затем сваривают встык.

В конце каждой смены в свежеуложенном бетоне облицовки устраивают строительный шов из плоской герметизирующей ленты, укладываемой с помощью деревянного шаблона и поверхностного вибратора.

Дефекты поверхности облицовки (неровности, мелкие раковины) устраняют с помощью виброплиты, установленной на платформе, устраивающей поперечные швы, а также с помощью ручных виброгладилок и затирочных гладилок,

входящих в комплект платформы, предназначенной для отделки поверхности облицовки и движущейся за платформой, устраивающей поперечные швы.

Уход за свежеуложенным бетоном заключается в следующем: не позднее чем через 30 мин после укладки бетонной смеси на ее поверхность наносят водоразбавляемую пленкообразующую жидкость (ВПЖ), представляющую дисперсию пигментов и наполнителей в каучуковых латексах. Наносят ВПЖ на поверхность свежеуложенного бетона с помощью распыляющих форсунок, смонтированных на платформе для нанесения пленкообразующей жидкости.

В тех случаях, когда при внешнем осмотре в облицовке обнаруживают трещины и раковины, они могут быть заделаны жирным цементно-песчаным раствором или густым цементным тестом. Перед заделкой трещины и раковины должны быть зачищены металлической щеткой и тщательно промыты водой для обеспечения хорошего сцепления между бетоном облицовки и материалом заделки. Для заделки щелей и раковин следует применять быстротвердеющие расширяющиеся цементы марки не ниже 400. Еще лучше заделку проводить составами из синтетических смол с добавкой минерального наполнителя.

Если поверхность бетона из-за плохого ухода или по иным причинам не обеспечивает требуемой водонепроницаемости и морозостойкости, она может быть улучшена путем нанесения на нее тонкого слоя (20...40 мм) мелкозернистого бетона. Этот бетон следует наносить на зачищенную и промытую водой поверхность облицовки методом торкретирования или пневмобетонирования, что обеспечивает хорошее сцепление его с основанием и высокую плотность. Для этих же целей можно применять мелкозернистые бетоны на полимерцементном или полимерном вяжущем.

109. Производство сборных железобетонных изделий

Применение сборных железобетонных изделий позволяет существенно ускорить процесс строительства зданий и сооружений, создает условия для круглогодичного ведения строительных работ и повышает качество конструкций.

Сборные железобетонные изделия изготовляют на заводах и полигонах, что создает условия для комплексной механизации производственного процесса и применения передовой техники и технологии.

На заводах, как правило, изготовляют изделия массового применения, удобные для транспортировки. На полигонах обычно изготовляют изделия, применяемые главным образом на данном строительстве, и особенно крупногабаритные (большепролетные фермы, балки и т. п.). Полигоны стараются размещать вблизи от объектов строительства.

При изготовлении изделий на заводах весь производственный процесс происходит в помещении. При полигонном способе производства конструкций в помещении осуществляют только приготовление бетонной смеси (на бетонном заводе), а все остальные процессы выполняют вне помещения.

Процесс производства сборных железобетонных изделий состоит из следующих основных операций, выполняемых последовательно: изготовления арматурных каркасов, сеток и закладных деталей, приготовления бетонной смеси, формования изделий, тепловлажностной обработки изделий. Формование изделий включает в себя подготовку форм, установку в них арматуры, укладку и уплотнение бетонной смеси.

При производстве некоторых изделий к основным операциям добавляются операции по отделке поверхности или по сборке (обработка лицевых и офактуренных поверхностей наружных панелей здания, установка теплоизоляции и т. п.).

В настоящее время существует три способа производства железобетонных изделий: стационарный, при котором все операции (армирование, бетонирование, твердение, сборка и разборка формы) совершают на одном технологическом посту; конвейерный, при котором в процессе производства формы перемещаются по отдельным технологическим постам; поточно-агрегатный (непрерывное формование).

По первому способу целесообразно изготовлять крупногабаритные тяжелые изделия, которые трудно перемещать. При этой схеме отпадают трудоемкие транспортные операции в процессе изготовления, не требуется сложного и дорогого оборудования (больших капитальных затрат), производство изделий можно организовать в кратчайший срок, в связи с чем эта схема широко применяется на полигонах. Недостаток ее — невысокий уровень механизации технологического процесса, высокая трудоемкость и небольшая оборачиваемость стендов.

Наибольший уровень механизации обеспечивает конвейерный способ производства, когда все отдельные операции (подготовка форм, укладка в них арматуры и т. д.) выпол-

няются на отдельных специализированных постах. Изделие с поста на пост передается в формах-вагонетках через строго определенное время. Однако высокие капитальные затраты на организацию этого способа и сложность перехода на выпуск новых видов изделий являются его существенными недостатками.

При поточно-агрегатном способе очистку и смазку форм, укладку арматуры, бетонирование и уплотнение бетонной смеси выполняют на одном посту, а для твердения формы с уложенным бетоном передают на пост тепловлажностной обработки. При относительно невысоких капитальных затратах и довольно высоком уровне механизации он позволяет легко переключаться на выпуск новых видов изделий. Этот способ обычно применяют на заводах сборного железобетона средней мощности при выпуске изделий для водохозяйственного строительства.

Наиболее производительным и комплексно-механизированным является вибропрокат изделий (разновидность конвейерного способа). При вибропрокате на непрерывно движущуюся ленту сначала укладывают арматуру, затем бетонную смесь, после чего ее уплотняют вибрированием с частичным прокатом (прессованием). Далее изделие поступает в зону тепловлажностной обработки и после 2...3 ч пропаривания снимается с ленты и передается на склад готовой продукции. Недостаток вибропроката — трудность перехода на выпуск новых видов изделий, ограниченность номенклатуры (выпускаются преимущественно ребристые плиты) и большой расход цемента вследствие применения мелкозернистого бетона.

Формование изделий осуществляют в опалубке: стационарных формах, матрицах (формы сложной конфигурации) и в кассетах. Изделия простой формы (плиты и т. п.) формуют в стационарных формах на стендах, представляющих ровную площадку с установленной на ней формой, соответствующей конфигурации изделий. В матрицах формуют ребристые плиты, лестничные марши и т. п. В теле стенда и в теле матрицы установлены нагревательные приборы — трубы, по которым подается теплоноситель с целью тепловой обработки изделий. Для ускорения твердения применяют также электропрогрев бетона. Крупногабаритные изделия небольшой толщины (плиты перекрытий, стеновые блоки и т. п.) формуют в кассетах, представляющих вертикальную форму, разделенную вертикальными стенками на ряд отсеков, образованных стальными

стенками. В каждом отсеке формуется одно изделие. Кассеты позволяют резко повысить производительность труда и не требуют значительных производственных площадей. Они имеют специальные, обычно паровые рубашки для тепловлажностной обработки изделий.

При любом способе формования изделия бетонную смесь уплотняют. Колебания передают непосредственно через форму, или гибкие элементы формы, к которым прикреплены вибраторы, или открытую поверхность изделия поверхностными вибраторами, или от внутренних вибраторов внутрь изделия.

Изделия высокого качества получаются при применении специальных методов уплотнения: центрифугирования и виброштампования.

При центрифугировании в круглую металлическую форму (трубу) устанавливают арматуру и начинают вращение формы с одновременной подачей внутрь нее бетонной смеси. Бетонная смесь под действием центробежной силы распределяется ровным слоем по внутренней поверхности трубы и уплотняется. Вращение формы в зависимости от ее диаметра ведут с частотой 500...1 000 мин$^{-1}$. Процесс центрифугирования продолжается 15...20 мин. При уплотнении бетона из него отжимается лишняя вода, вследствие чего увеличиваются его прочность и плотность. После центрифугирования форму с изделием переносят в камеру тепловлажностной обработки, а затем изделие извлекают из формы и направляют на склад.

Виброштампование состоит в формовании изделия путем выдавливания бетонной смеси погружаемым в форму-матрицу виброштампом. При этом происходит не только уплотнение, но и перемещение бетонной смеси по форме с образованием профиля изделия в соответствии с конфигурацией штампа. Этим методом особенно целесообразно формовать пространственные и криволинейные элементы. В гидромелиоративном строительстве он используется при производстве лотков для оросительных каналов.

Независимо от схемы формования изделий твердение их может протекать при нормальной температуре (естественное твердение) или в условиях тепловлажностной обработки, ускоряющей во много раз процесс твердения.

Естественное твердение при производстве сборных элементов допускается только в полигонных условиях при малом объеме производства, так как оно резко увеличивает продолжительность изготовления конструкций.

На заводах изделия твердеют только в условиях тепловлажностной обработки, для чего применяют пропаривание, запаривание в автоклавах при температуре 170...200°С и давлении 0,8...1,2 МПа, бассейны с горячей водой, электропрогрев. Наиболее широко применяют пропаривание, которое осуществляют в камерах непрерывного или периодического действия. Камеры непрерывного действия представляют тоннель, в который с одного конца подается свежеотформованное изделие, а с другого выгружается готовая продукция, идущая на склад. Камеры периодического действия (обычно ямы, закрываемые сверху) загружают свежеотформованными изделиями и разгружают периодически. В процессе пропаривания изделие проходит последовательный период подогрева, период изотермического прогрева при температуре 70...90°С и период охлаждения. Продолжительность подогрева и охлаждения около 2 ч, изотермического прогрева обычно 6...8 ч. В процессе пропаривания изделие набирает необходимую прочность.

При изготовлении напряженно-армированных конструкций (по любой схеме формования), кроме описанных операций, в технологический процесс входит натяжение рабочей арматуры изделий. Натяжение может осуществляться двумя способами: на упоры или на бетон.

В первом случае арматура натягивается с помощью домкратов или путем нагрева ее электрическим током и закрепляется в специальных упорах, установленных в формах или матрицах. После этого проводят бетонирование и все последующие операции. После окончания тепловлажностной обработки, когда бетон уже отвердел и прочно сцепился с арматурой, концы ее, заанкеренные в форме, освобождают, и арматура, сжимаясь, обжимает бетон конструкции.

При натяжении арматуры на бетон напрягаемую арматуру размещают в специальных каналах и принимают меры, препятствующие ее сцеплению с бетоном. После тепловлажностной обработки изделия один конец этой арматуры закрепляют в бетоне, а другой натягивают. После натяжения канал в бетоне, где проходит арматура, заполняют цементным раствором.

Все сборные железобетонные изделия перед отправкой на склад или в производство проходят отдел технического контроля (ОТК). На каждую партию изделий ОТК дает паспорт, где указываются: завод-изготовитель, наименование изделия и его условное обозначение (индекс), число

изделий в партии, дата изготовления и номер приемщика ОТК, а также отпускная прочность бетона в момент приемки в процентах от проектной марки.

110. Контроль качества бетонных работ и бетона

Современные способы производства бетонных работ требуют организации эффективной системы оперативного контроля качества работ и самого бетона. В этих условиях большая роль принадлежит приобъектным строительным лабораториям. Для контроля качества бетонных работ и бетона на месте строительства служит передвижная комплексная лаборатория.

Все приборы и оборудование автономны и размещены в стандартных контейнерах, приспособленных для перевозки в автомобилях.

В систему контроля качества бетонных работ с целью обеспечения заданных свойств бетона входят технологический контроль (контроль параметров бетонной смеси и режимов отдельных операций ее обработки) и технический контроль (входной, операционный и приемочный).

Технологический контроль осуществляет приобъектная строительная лаборатория с целью исключения влияния факторов, неучтенных при проектировании состава бетонной смеси и отработке технологии производства бетонных работ, а также влияния возможных отклонений в нормальном ходе бетонных работ. При выполнении технологического контроля проверяют нормы дозирования компонентов, длительность перемешивания, объем воздухововлечения, водоудерживающую способность, подвижность, связность, время транспортировки, интенсивность и длительность уплотнения, режим ухода за твердеющим свежеуложенным бетоном. Технологический контроль свойств бетонной смеси и твердеющего бетона позволяет следить за ходом технологического процесса и осуществлять его корректировку при существенных отклонениях.

Технический контроль необходим для определения качества исходных компонентов бетонной смеси и самой бетонной смеси на стадиях подбора ее состава, приготовления и укладки. Он позволяет прогнозировать качество бетона в готовой конструкции при условии высокого качества выполнения всех последующих технологических операций. Задача приемочного контроля качества — получение реальных характеристик и качественных показателей бетона по

результатам технического (прогнозирующего) контроля и натурных испытаний с оценкой уровня качества бетонных работ и бетона в сооружении.

В подготовительный период при подборе состава бетонной смеси и организации производства бетонных работ определяют оптимальные значения и предельно допустимые границы следующих контролируемых параметров: жесткости и технологической вязкости бетонной смеси с учетом потерь воды при транспортировке, объема воздухововлечения и допустимых воздухопотерь при транспортировке и укладке бетонной смеси, интенсивности удельных влагопотерь (или интенсивности набора критической прочности) бетона при твердении.

Если интенсивность бетонных работ в одном технологическом комплексе составляет более 500 м³ в смену, то для оперативной оценки качества компонентов бетонной смеси наряду со стандартными испытаниями образцов из проб, отбираемых на бетоносмесительном узле и на месте бетонирования, применяют ускоренные испытания на прочность по ГОСТ 22783—77.

Основные стандартные испытания на морозостойкость, водонепроницаемость и на прочность при сжатии и растяжении проводят при подборе состава бетонной смеси для данного технологического комплекса в подготовительный период, а также при каждом существенном изменении свойств компонентов бетонной смеси и технологии бетонных работ.

Основные стандартные испытания на морозостойкость выполняют по ГОСТ 10060—76. Ускоренные испытания на морозостойкость при глубоком замораживании или по компенсационному фактору также выполняют в соответствии с ГОСТ 10060—76. Водозаполняемую (открытую) и воздухосодержащую (закрытую) пористости бетона, необходимые для вычисления компенсационного фактора, определяют по водонасыщению образцов бетона в нормальных условиях и после термовакуумной обработки.

Для испытаний на водонепроницаемость по стандартной методике ГОСТ 19426—74 применяют цилиндрические образцы диаметром 15 см и толщиной 6, 9, 12 см при крупности заполнителя соответственно менее 15, 25 и 40 мм. Если в бетоне встречается заполнитель крупностью более 40 мм, то его необходимо удалить путем мокрого отсева.

Для испытаний на водонепроницаемость бетона в тонкостенных облицовках применяют образцы-диски толщиной

5...10 см, при этом обязательно следует отсеивать крупный заполнитель размером более 25 мм.

Для определения прочности на осевое сжатие бетона с крупностью заполнителя не более 40 мм применяют по ГОСТ 10180—78 образцы-кубы размером 15×15×15 см или образцы-цилиндры диаметром 15 см и высотой 30 см. При крупности заполнителя менее 25 мм применяют образцы меньших размеров — кубы размером 10×10×10 см, цилиндры диаметром 10 см и высотой 20 см.

Для определения прочности бетона на осевое растяжение и его предельной деформируемости при растяжении применяют по ГОСТ 10180—78 образцы-восьмерки с сечением шейки 10×10 см.

Для испытания мелкозернистого бетона с крупностью заполнителя до 10 мм применяют образцы кубические размером до 7×7×7 см или цилиндрические диаметром 7 см и высотой 14 см, а также восьмеркообразные с сечением шейки 5×5 см.

При испытании образцов, размеры которых отличаются от основных, полученную прочность корректируют с помощью переходных коэффициентов, указанных в ГОСТ 10180—78.

Ускоренные испытания на коррозионную стойкость и водостойкость выполняют на образцах-кубах с помощью статического склерометра, отвечающего требованиям ГОСТ 22690.1—77. При этом весь комплекс испытаний выполняют на серии из четырех образцов. Основная характеристика стойкости бетона — увеличение пластического смятия при локальном воздействии.

Для отбора натурных образцов, отформованных и затвердевших в конструкции, применяют закладные формы, состоящие из перфорированных внешнего несущего цилиндра с заточенным краем и внутреннего формообразующего стакана, заполняемого бетоном.

Контроль и оценку прочности бетона на сжатие по результатам испытаний стандартных образцов проводят статическим методом по ГОСТ 18105.2—80.

Прочность бетона оценивается по объему укладываемого бетона (за двухнедельный срок при объеме бетонирования до 500 м³ в сутки или за недельный срок при объеме бетонирования более 500 м³ в сутки).

Выполненный объем уложенного бетона разбивают на условные партии объемом (5...10)·10³ м³. От каждой партии равномерно (ежесуточно) в течение срока ее изготовления

отбирают на менее десяти проб, из которых готовят не менее десяти серий стандартных образцов для каждого возраста (до укладки бетонной смеси, при выгрузке бетоновоза, на месте бетонирования).

По результатам испытаний для каждой партии вычисляют фактическую среднюю прочность в заданном возрасте $R_n^ф$.

Прочность бетона оценивают сопоставлением требуемой $R_n^т$ и фактической $R_n^ф$ прочности бетона в партии (в проектном возрасте), причем требуемую прочность (МПа) в проектном возрасте определяют по формуле

$$R_n^т = R_н k_т, \qquad (25.1)$$

где $R_н$ — марочная прочность бетона; $k_т$ — коэффициент требуемой прочности, применяемый по ГОСТ 18105.2—80 для числа серий $n=10$ в зависимости от партионного коэффициента вариации.

Прочность бетона в партии считают удовлетворительной, если

$$R_n^ф \geqslant R_n^т. \qquad (25.2)$$

Натурные обследования бетона в готовой конструкции позволяют проверить прочность бетона, определенную по результатам косвенных испытаний методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 21243—75. Для определения прочности бетона методом отрыва со скалыванием применяют анкерные устройства трех типов: I — замоноличиваемый; II и III — самозаклинивающиеся. Самозаклинивающийся анкер типа II устанавливают в шпур диаметром 24 ± 2 мм, типа III — 28 ± 2 мм. Шпуры на глубину соответственно 55 ± 5 и 42 ± 4 мм выполняют при бетонировании с помощью специальных пробок или высверливают в готовой конструкции алмазным кольцевым сверлом типа СКА. Замоноличиваемый анкер закладывают в конструкцию при бетонировании путем закрепления его на опалубке или на плавающей шайбе. Установленные анкеры вырывают из конструкции вертикально прилагаемым усилием с помощью растягивающего переносного пресса ГППВ-5 для анкера типа II, ГППС-4 для анкера типа III или ГППС-4М для анкеров обоих типов.

Прочность (МПа) бетона на сжатие по полученному усилию отрыва P_0 вычисляют по формуле

$$R = \alpha P_0 M, \qquad (25.3)$$

где α — коэффициент пропорциональности для анкера данного типа, приведенный в ГОСТ 21243—75; $M=m_1m_2m_3m_4$ — поправочный коэффициент, учитывающий влияние крупного заполнителя (при крупности более 40 мм), формы вырванной части бетона, ограничение зоны вырыва, водоразмягчение при влажном состоянии бетона, отклонение глубины вырыва от нормированной.

Данные для оценки прочности бетона на растяжение дает метод отрыва круглого штампа при условии снятия верхней цементной корки бетона.

Глава 26. МОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ

111. Общие сведения

Вследствие широкого использования в гидромелиоративном строительстве крупногабаритных изделий и конструкций заводского изготовления, тяжелых элементов сооружений и такелажного оборудования монтажные работы имеют при производстве рассматриваемых строительных работ первостепенное значение. Применяемые средства механизации строительно-монтажных работ с повышенной грузоподъемностью и увеличенным вылетом стрелы дают возможность осуществлять комплексно-механизированную сборку зданий и сооружений из деталей и конструкций заводского изготовления с наименьшими трудовыми и материально-техническими затратами. Комплексная механизация предусматривает максимальную или полную замену ручного труда машинами на всех этапах технологического процесса строительства зданий и сооружений, позволяет значительно улучшить качество работ, повысить производительность труда, обеспечить высокие технико-экономические показатели строительного производства. В состав комплексно-механизированного производства строительно-монтажных работ входят транспортные (включая погрузочно-разгрузочные), подготовительные и монтажные (основные) работы.

Для доставки на строительную площадку сборных деталей, элементов, конструкций и объемных блоков, для их подъема, установки и закрепления в проектном положении применяют транспортные средства, монтажные механизмы, оборудование, приспособления и инструменты. В качестве транспортных средств используют внешний и внутрипостроечный транспорт. В качестве монтажных механизмов используют самоходные стреловые (башенные

передвижные и приставные рельсовые, автомобильные, пневмоколесные, гусеничные) и портальные (козловые) краны. Кроме монтажных механизмов, применяют монтажное оборудование, которое предназначено для перемещения монтируемых элементов, их установки и закрепления в проектном положении. К монтажному оборудованию относятся лебедки, тали, домкраты, блоки, полиспасты, мачты, устройства с механическим или ручным приводом для фиксированной установки конструкций, групповые кондукторы, оборудование для закрепления и заделки монтажных стыков (сварочные аппараты, компрессоры, аппараты для герметизации стыков, нанесения антикоррозионных покрытий и др.). При выполнении монтажных работ применяют различного вида такелажные приспособления (стропы, траверсы, захваты и т. п.) и инструменты. Для контроля качества монтажных работ используют контрольно-измерительные приборы и инструменты. При складировании на рабочих местах деталей и материалов применяют контейнеры и стеллажи. При выполнении монтажных работ на различных уровнях применяют подмости и лестницы.

В строительстве применяют два метода монтажа зданий и сооружений: комплексный и дифференцированный. При комплексном методе здания и сооружения монтируют из укрупненных конструкций — фундаментных блоков, колонн, прогонов, плит покрытия, стеновых блоков или панелей — с одной стоянки кранового оборудования. Дифференцированный метод предусматривает последовательный монтаж по всему фронту здания. Вначале монтируют фундаменты, затем устанавливают колонны, прогоны, плиты покрытий, навешивают панели и т. д. При этом методе монтажа кран совершает соответствующее число повторных проходов по всему фронту здания.

При комплексном методе быстрее предоставляется фронт для последующих работ и монтажа оборудования, значительно сокращается продолжительность строительства. Однако этот метод требует предмонтажного складирования конструкций различного вида, снижает производительность труда монтажников.

Дифференцированный метод монтажа упрощает предмонтажное складирование, повышает производительность труда монтажников и качество работ благодаря более узкой их специализации, увеличивает безопасность работ в связи с полной законченностью этапов монтажа. Кроме того, при дифференцированном методе монтажа оборудования и механизмы можно перемещать автомобильными кранами различной грузоподъемности. Так, монтаж фундаментов и колонн выполняют относительно легкими кранами, а монтаж элементов покрытия — более тяжелыми.

В гидромелиоративном строительстве при возведении насосных станций и сооружений предпочтение отдают дифференцированному методу монтажа, но иногда применяют комбинированный метод монтажа, сочетающий дифференцированный метод с комплексным (монтаж колонн в пределах пролета, а балок и плит покрытий в пределах ячейки).

Монтаж конструкций зданий и сооружений состоит из комплекса последовательно выполняемых рабочих операций: строповки монтируемых элементов, их подъема, наводки и установки на опоры, выверки и временного закрепления, расстроповки. Выполнять все операции можно только при наличии монтажных кранов. Монтажный кран должен обладать необходимыми грузоподъемностью для подъема самого тяжелого элемента при соответствующем вылете стрелы с учетом массы захватного приспособления и монтажной оснастки, устанавливаемой на конструкцию для подъема, вылетом стрелы для монтажа наиболее удаленного от оси крана элемента, высотой подъема крюка от уровня стоянки для установки наиболее высоко расположенного элемента с учетом расчетной высоты захватного приспособления.

112. Монтаж одноэтажных промышленных однопролетных зданий

К началу монтажа зданий со стоечно-балочным каркасом должны быть выполнены подготовительные работы всех видов, включая строительство временных дорог и подъездов, отрыты котлованы под фундаменты, спланированы и подготовлены площадки для складирования сборных конструкций, завезены и разложены в зоне работы крана требуемые изделия и конструкции, установлены реперы, определены и закреплены разбивочные оси здания. Начинают монтаж здания с установки сборных фундаментов в пределах одной захватки, а при небольших объемах работ — по всему зданию.

При монтаже фундаментов под колонны сначала переносят на дно котлована отвесом положение осей, точно фиксируя их штырями или колышками, забиваемыми в грунт.

На стаканах отмечают рисками середину, наносят осевые риски на их верхнюю грань. При опускании и установке стакана на основание монтажники контролируют положение стакана по забитым колышкам и рискам. Правильность установки блоков-стаканов по высоте и в плане контролируют геодезическими инструментами.

Фундаментные блоки устанавливает звено монтажников. Вначале подготовляют блок к монтажу, затем его стропят и проверяют надежность строповки пробным подъемом на 0,2...0,3 м над землей, после чего дают сигнал крановщику к подъему. Крановщик поднимает и перемещает блок к месту установки. На высоте 0 2...0,3 м над местом установки блока его центрируют по рискам на боковых гранях и по рискам или колышкам на грунтовом основании, а затем плавно опускают на место. При натянутых стропах монтажники рихтуют блок ломиками, совмещая риски на нем с ориентирами на основании.

После установки всех рядов фундаментов в пределах захватки проверяют правильность их расположения в двух взаимно перпендикулярных направлениях, снова натягивая причалки. После проверки выполняют частичную обратную засыпку котлованов и тщательно уплотняют грунт.

При второй проходке крана в пределах захватки устанавливают колонны. Перед установкой колонн на верхнем обрезе каждого стакана отмечают положение проектных осей. Соответствующие осевые риски должны быть нанесены на боковых гранях колонны внизу и вверху. По ним центрируют монтируемый элемент. Затем колонну временно закрепляют с помощью кондуктора, клиньев, подкосов и расчалок и выверяют, после чего освобождают от стропов. Установленный ряд колонн замоноличивают, сохраняя временное крепление до тех пор, пока прочность монолитного бетона в стыках не достигнет 70% проектной. После этого кондуктор снимают и окончательно засыпают котлован грунтом.

К началу монтажа покрытия должны быть установлены все колонны в пределах захватки, а при неполном каркасе — выложены до проектной отметки несущие стены, на которые опирают балки и плиты покрытия. Для прохода крана в торцовых стенах оставляют монтажный проем, который затем заделывают.

В зависимости от конструкции здания покрытие монтируют за одну проходку крана (балки и плиты совместно) или за две проходки (балки и плиты раздельно). При расположении балок поперек здания, а плит вдоль их монтируют за одну проходку крана посередине пролета. Если балки расположены вдоль здания, а плиты — поперек него, их укладывают раздельно кранами соответствующей грузоподъемности, которые перемещаются посередине пролета.

При монтаже здания с большим пролетом элементы здания складируют непосредственно внутри него. Обычно элементы укладывают вдоль здания с таким расчетом, чтобы кран мог беспрепятственно осуществлять его монтаж. В этом случае монтаж осуществляют раздельным методом. Монтажные позиции выбирают так, чтобы кран с одной позиции мог смонтировать возможно большее число элементов.

Перед укладкой прогонов и балок на их торцы наносят осевые риски и приваривают к ним детали для крепления к колонне. На колоннах проверяют вертикальные отметки опорных поверхностей и устанавливают кондукторы для временного закрепления и выверки элементов покрытия. Горизонтальность балок и прогонов после установки на опоры выверяют уровнем, а вертикальность — отвесом. Затем элементы закрепляют с помощью крепежных деталей, приваривая их не менее чем в шести точках к каждой опоре.

Продольно расположенные плиты покрытия укладывают, начиная от карниза здания. Перед укладкой крайних плит должны быть выполнены ограждения. После выверки плиты закрепляют на балках (прогонах) электросваркой. Первую плиту приваривают в четырех углах, а все последующие — в трех доступных углах. Швы между плитами заполняют цементным раствором марки 150 с осадкой конуса 8...12 см.

Монтаж элементов покрытия осуществляют звенья монтажников, бетонщиков, электросварщиков и рабочие, выполняющие антикоррозионную защиту.

Монтаж стеновых панелей ведут отдельным потоком после укладки плит покрытия при проходке крана вокруг здания. До начала монтажа стеновых панелей должны быть уложены цокольные панели или фундаментные балки с опиранием их на фундаментные стаканы. После монтажа цокольных панелей в каждой ячейке между колоннами сразу на всю высоту монтируют стеновые панели. Предварительно размечают их положение на колонне и приваривают необходимые детали для крепления. Перед установкой панелей очищают опорные верхние грани ранее смонтированных элементов и расстилают на них раствор. Стеновые

панели крепят к каркасу с помощью специальных стальных закладных деталей электросваркой. После установки панелей бетонщики-изолировщики заделывают швы — герметизируют или конопатят и расшивают.

При монтаже одноэтажных промышленных зданий с поперечным расположением балок покрытия и отсутствием мостового крана применяют схему монтажного потока в продольном или поперечном направлении. При продольном монтажном потоке кран движется вдоль пролета, при поперечном — поперек. Вариант с наименьшим числом стоянок крана является оптимальным.

113. Монтаж одноэтажных промышленных многопролетных зданий

Монтаж несущих конструкций одноэтажных промышленных многопролетных зданий начинают после завершения работ подземного цикла и устройства подготовки под полы. Для выполнения монтажных работ большие здания разбивают на отдельные монтажные участки. Последовательность ведения работ по монтажным участкам принимают в соответствии с технологическим назначением этих участков, сложностью монтажа оборудования на них и числом монтажных потоков (рис. 26.1). Монтаж осуществляют самоходными стреловыми и козловыми кранами.

Монтаж колонн ведут отдельным потоком, одновременно устанавливая постоянные или временные связи на них. При пролетах до 18 000 мм кран перемещается посередине пролета, устанавливая колонны правого и левого рядов (четыре или шесть колонн с одной стоянки). При пролетах больше 18 000 мм кран перемещается вдоль одного из рядов колонн, устанавливая с одной стоянки по одной или две колонны этого ряда, затем кран возвращается и осуществляет монтаж колонн другого ряда. При монтаже колонн массой до 8 т кондукторы крепят к колоннам, после чего колонну с кондуктором устанавливают в стакан фундамента; при монтаже колонн с большей массой кондукторы устанавливают на фундамент до монтажа колонны.

Смонтированный ряд колонн проверяют с помощью геодезических инструментов. После достижения монолитным бетоном в стыке колонны с фундаментным блоком 70% проектной прочности устанавливают все подкрановые балки. После этого в пределах монтажного участка проводят геодези-

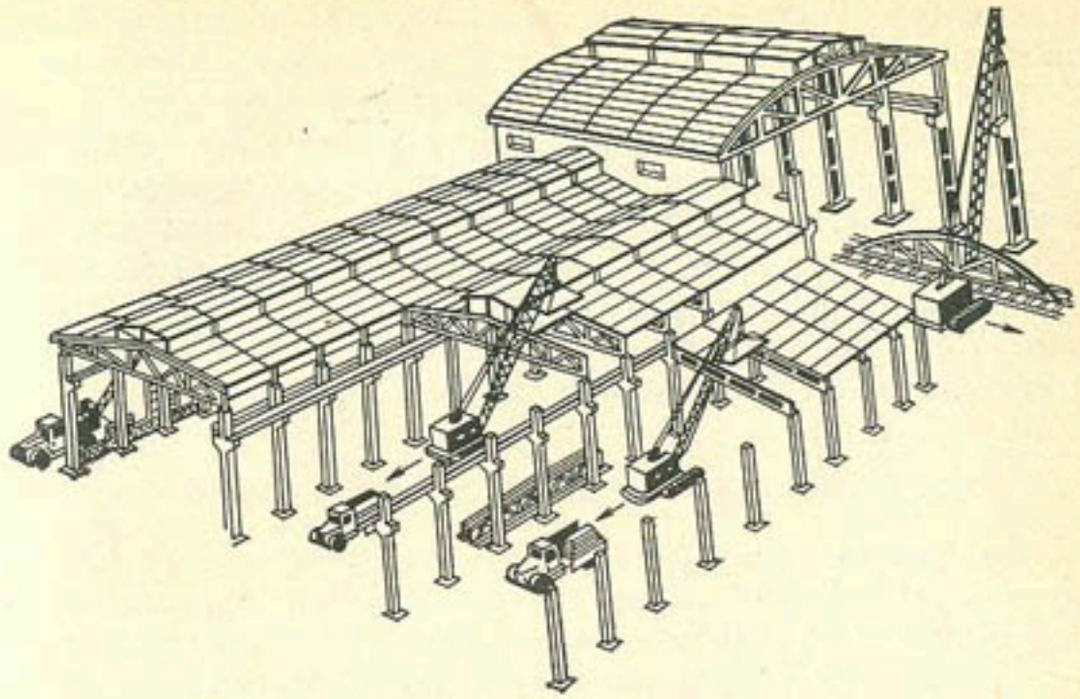


Рис. 26.1. Монтаж одноэтажного промышленного многопролетного здания.

ческую проверку конструкций, а затем приваривают крепежные детали к закладным деталям колонн.

Монтаж конструкций покрытия (подстропильных ферм, стропильных балок и ферм, плит покрытия) ведут отдельными потоками как в продольном, так и в поперечном направлениях. При их монтаже применяют самоходные краны, оборудованные гуськами и клювами. Обычно монтаж конструкций покрытия ведут с транспортных средств. Стропильные балки и фермы выверяют по рискам сразу и закрепляют сваркой закладных деталей. Все предусмотренные проектом связи устанавливают одновременно с монтажом ферм. Временные распорки и расчалки ферм снимают по мере монтажа и приварки плит покрытия.

Конструкции фонарей монтируют после установки и закрепления стропильных ферм. Вслед за установкой и закреплением конструкции фонаря монтируют связи и бортовые плиты его.

Плиты покрытия при отсутствии фонарей укладывают от одного конца фермы к другому подряд, начиная со стороны ранее смонтированного пролета. При наличии фонарей плиты покрытия кладут последовательно от концов фермы к фонарю. В последнюю очередь устанавливают плиты на фонаре от одного его края к другому.

Стеновые ограждающие конструкции возводят после окончания монтажа и проверки несущего каркаса всего здания или его части. Стеновые панели и оконные блоки монтируют отдельным потоком. На монтаже стеновых панелей применяют стреловые самоходные краны, передвижные самоходные подмости или специальный агрегат, состоящий из монтажного крана с установленными на нем выдвижными подмостями, перемещаемыми вверх по мере монтажа. Стеновые панели и оконные блоки монтируют отдельными ячейками между двумя колоннами на всю высоту.

114. Монтаж зданий из крупных стеновых блоков

Для возведения зданий из крупных стеновых блоков используют фундаментные блоки-подушки трапецеидальной или прямоугольной формы, блоки фундаментных стен (стен подвалов), стеновые блоки из легких или ячеистых бетонов (угловые, рядовые, подоконные, поясные, перемычечные, карнизные и др.), плиты перекрытий, оконные и дверные блоки. Перед началом монтажных работ проверяют правильность разбивки осей здания, отметки основания и схему разбивки фундаментов. Монтаж здания начинают с устройства ленточного фундамента. На подготовленное основание устанавливают маячные блоки (подушки) в углах, а также через каждые 20 м и в местах пересечения стен.

После укладки маячных блоков по причалке укладывают остальные блоки (промежуточные). Разрывы между блоками (40...50 см), если они предусмотрены проектом, и боковые пазухи в процессе монтажа заполняют песком или песчаным грунтом и уплотняют. По окончании монтажа блоков-подушек проводят плановую и высотную съемку с помощью геодезических инструментов. При наличии в основании неравномерно сжимаемых грунтов по верхней поверхности блоков-подушек устраивают арматурный пояс (шов) путем втапливания в цементный раствор арматуры. Блоки (панели) фундаментных стен устанавливают по ранее нанесенным осевым рискам продольных и поперечных осей на блоках-подушках в створе натянутой причалки (рис. 26.2, *а*). Стропы снимают после того, как блок займет правильное планово-высотное положение и сядет на сплошной слой (постель) цементного раствора. По окончании монтажа фундаментных стен снова проводят плановую и высотную съемку, оформляют акт, после чего по уложенным блокам устраивают выравнивающий

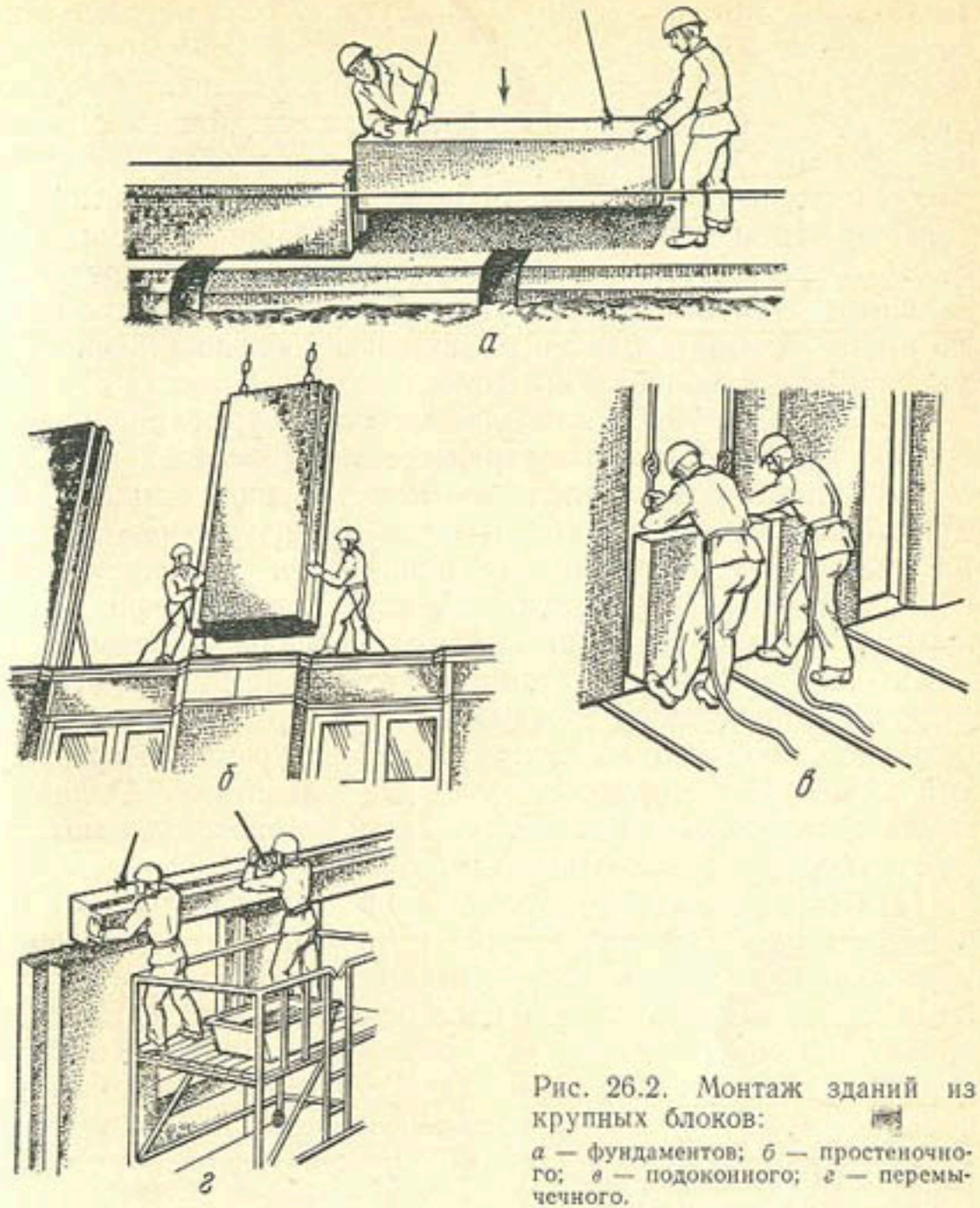


Рис. 26.2. Монтаж зданий из крупных блоков:
а — фундаментов; *б* — простеночного; *в* — подоконного; *г* — перемычечного.

слой из мелкозернистого бетона и по нему укладывают гидроизоляцию.

Монтаж надземной части здания начинают после выполнения всех подготовительных работ. По верху ленточного фундамента размечают основные и межсекционные оси здания и границы стен. По монтажной схеме намечают положение стеновых блоков первого ряда, отмечая места вертикальных швов. Монтаж стеновых блоков начинают с установки маячных блоков, которые располагают в углах, в местах пересечения стен и в промежутках между ними на

расстоянии 10. . .15 м друг от друга. Монтаж надземной части проводят поэтапно по захваткам. В первую очередь монтируют наружные стены, а затем внутренние. При монтаже зданий используют башенные или самоходные стреловые краны. Монтажный кран располагают таким образом, чтобы с одной позиции он мог подать наибольшее число деталей и чтобы переход его на последующие позиции осуществлялся все время в одном направлении. В пределах захватки стеновые блоки укладывают приемом «монтаж на кран» горизонтальными рядами и в последовательности, указанной на монтажной схеме.

Наружные стены монтируют из блоков трех типов: простеночные, подоконные и перемычечные (рис. 26.2, *б*, *в*, *г*). Вертикальные швы и закрытые полости между блоками заполняют раствором, а открытые полости предварительно заделывают легкобетонными вкладышами или кирпичом. Одновременно с монтажом стен монтируют лестничные площадки и марши, заполняют оконные и дверные проемы готовыми блоками. Завершив установку всех конструкций этажа, расположенных ниже междуэтажного перекрытия, размечают риски под монтаж конструкций перекрытия. Перекрытия монтируют последовательно по захваткам. Окончив монтажные работы на первой захватке, аналогично монтируют сборные элементы на второй захватке.

При четырехрядной разрезке этаж здания монтируют из четырех рядов блоков. Блоки стропуют двухветвевыми стропами и подают к месту установки. На высоте 20. . . 30 см от растворной постели блок останавливают и, придерживая его за боковые грани, разворачивают в проектное положение, а затем опускают. Правильность расположения фасадной грани блока проверяют по обрезу стены и по причалке, которую натягивают на уровне верха наружной грани блока; боковой грани — по разметочным рискам. Стропы не снимают с блока до полной его выверки, в процессе которой они остаются натянутыми. Положение блока в плане контролируют по осевым и разметочным рискам. Положение блока по высоте проверяют визированием на ранее установленные блоки или по причалке, закрепленной на маячных блоках. Для выверки положения блока по вертикали плоскости его провешивают отвесом по смонтированным нижележащим блокам и визируют на ранее установленные смежные блоки. Положение рядовых блоков проверяют с помощью правила, которое прикладывают к монтируемому и смежному блокам. Кроме того, рекомендуется контролировать положение блоков третьего и четвертого рядов по рейке-отвесу и проверять шаблоном ширину проемов между простеночными блоками до кладки перемычечного блока. Оконные блоки и дверные коробки устанавливают по окончании монтажа второго ряда блоков.

115. Техника безопасности при монтажных работах

При проведении монтажных работ следует соблюдать все правила техники безопасности при производстве транспортных и погрузочно-разгрузочных работ. К монтажным работам допускаются лишь лица, прошедшие специальное обучение и инструктаж. На подмостях и монтажных площадках должны применяться ограждения. Все проемы и люки также должны иметь ограждения. Работающие на высоте рабочие должны иметь предохранительные пояса.

Строповку следует осуществлять инвентарными стропами. Захватные приспособления проверяют по двойной нагрузке.

В процессе монтажа необходимо обеспечивать надежную сигнализацию между крановщиком, монтажниками и такелажниками.

Глава 27. ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ РАБОТЫ

116. Общие сведения

Наиболее распространенным агрессивным фактором, воздействующим на здания и сооружения, является водная среда. Вода приводит к ухудшению прочностных свойств большинства материалов, развитию коррозионных явлений в бетоне и металле, загниванию древесины, появлению плесени, сырости, разрушению конструкций. С целью полного или частичного исключения разрушающего воздействия воды осуществляют гидроизоляцию. Ее выполняют в следующих случаях: при необходимости наружной или внутренней защиты от воздействия воды подземных сооружений — фундаментов, трубопроводов, стен подвалов, коллекторов, тоннелей и т. п.; при устройстве водонапорных емкостей, бассейнов, водоемов; при устройстве междуэтажных перекрытий и покрытий зданий; при заделке и

герметизации различного вида стыков и швов в сооружениях и т. д.

Гидроизоляция подразделяется на окрасочную, обмазочную, оклеечную, штукатурную, пропиточную, инъекционную, литую и облицовочную.

117. Окрасочная гидроизоляция

Окрасочную гидроизоляцию применяют для защиты бетонных и железобетонных сооружений от капиллярной сырости, почвенной коррозии и в качестве антифильтрационного мероприятия. Для создания гидроизоляционного слоя используют дегтебитумные и битумно-полимерные окрасочные составы, масляные и маслосодержащие лаки и краски, полимерные красочные составы, различные эмульсии, красочные составы на минеральной основе.

Поверхность, подлежащую гидроизоляции, тщательно очищают пескоструйным аппаратом или металлическими щетками от пыли и жировых пятен. Имеющиеся на поверхности выбоины, раковины, глубокие трещины, каверны и другие дефекты тщательно заделывают и зачищают. На подготовленную поверхность наносят слой грунтовки, обеспечивающий хорошее сцепление гидроизоляции с изолируемой поверхностью. На отгрунтованную поверхность наносят путем неоднократной покраски малярными кистями, валиками, разбрызгивателями, пульверизаторами или другим инструментом несколько слоев гидроизоляционного материала, находящегося в горячем или холодном состоянии. Каждый последующий слой наносят после затвердевания предыдущего. Нанесенный гидроизоляционный слой должен быть сплошным, без раковин, трещин, вздутий и отставаний.

Горячий битум и мастику на битумной основе наносят на изолируемую поверхность путем использования сжатого воздуха с помощью автогудронаторов, шестеренных насосов или передвижных установок, имеющих подогревающее устройство. Битумные составы окрасочной гидроизоляции имеют ряд недостатков: опыливание или оползание с вертикальных поверхностей при нагревании, низкую морозостойкость, неустойчивость при длительном воздействии солнца и окружающего воздуха (из-за влияния кислорода воздуха), хрупкость при отрицательных температурах и т. д. Их нельзя наносить при температуре наружного воздуха ниже 5°С и при атмосферных осадках.

Полимерно-битумный состав на основе полиэфирных смол наносят на сухую бетонную или железобетонную поверхность, защищенную от атмосферных воздействий. При нанесении битумно-латексного состава удаляют воду, входящую в состав, для чего используют безводный или кристаллический хлористый кальций.

Окрасочная гидроизоляция позволяет получить на поверхности бетонной или железобетонной конструкции водонепроницаемое покрытие толщиной более 0,2 мм, которое тампонирует открытые капилляры и поры.

В местах перегибов и пересечений накладывают (приклеивают) полосы рулонных гидроизоляционных материалов (шириной не менее 200 мм), которые затем покрывают окрасочным гидроизоляционным материалом. Для гидроизоляции бетонных и металлических конструкций применяют гидроизоляционные покрытия из пластмасс, наносимые газопламенным напылением с помощью электрометаллизатора. Легкоплавкие материалы (поливинилбутираль, полиамидную смолу 68-Н и др.) напыляют на поверхность под давлением 0,2...0,3 МПа с помощью распылительной установки слоями толщиной 0,5...1 мм.

Окрасочную гидроизоляцию применяют для защиты поверхностей каменных конструкций, бетонных и железобетонных изделий, соприкасающихся с грунтом, водоводов, акведуков, дюкеров, опускных колодцев и кессонов, свай, шпунтов и других конструкций.

118. Обмазочная гидроизоляция

Обмазочную гидроизоляцию применяют: для создания наружной и внутренней гидроизоляции подземных частей зданий и сооружений, гидроизоляции резервуаров: для обеспечения гидро- и пароизоляции стен, междуэтажных перекрытий; при устройстве кровельных покрытий зданий; для создания гидроизоляции гидротехнических сооружений и для герметизации деформационных швов (рис. 27.1, *а*).

Обмазочную гидроизоляцию выполняют с использованием мастик, эпоксидных и других смол, наносимых пистолетом-распылителем или кистью. Обмазываемую поверхность предварительно очищают и покрывают грунтовкой.

При больших объемах работ битумные мастики наносят на поверхность с помощью удочки с форсункой и гибким металлическим шлангом, присоединяемым к насосу автогудронатора.

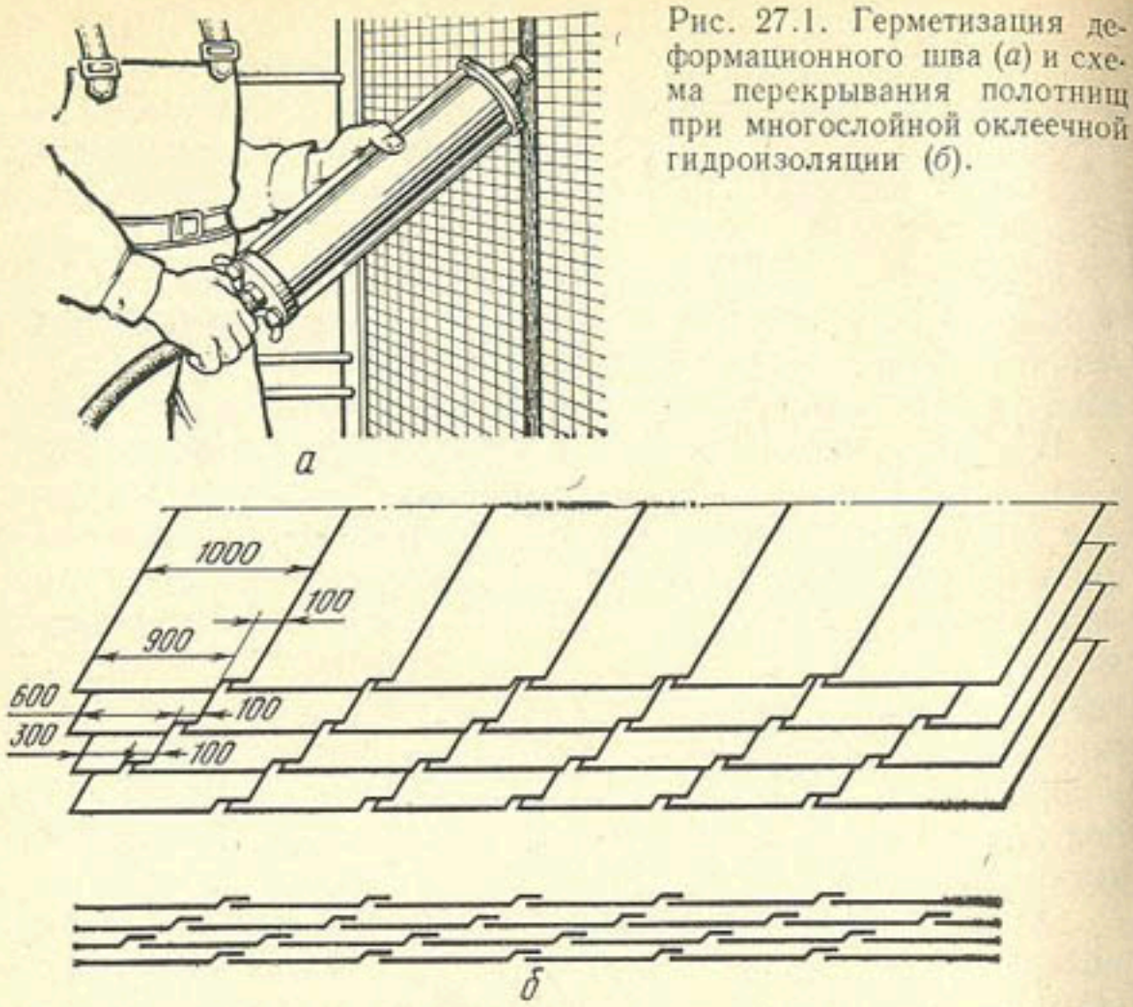


Рис. 27.1. Герметизация деформационного шва (*а*) и схема перекрывания полотнищ при многослойной оклеечной гидроизоляции (*б*).

а

б

119. Оклеечная гидроизоляция

Оклеечную гидроизоляцию применяют при напорных подземных водах; в сооружениях, подверженных трещинообразованию; в сооружениях, не допускающих просачивания воды (машинные залы и т. п.); в сооружениях, содержащих жидкость; при герметизации деформационных швов в гидротехнических сооружениях и др. Ее выполняют со стороны гидростатического напора путем наклеивания нескольких слоев рулонных гидроизоляционных материалов на изолируемую поверхность (рис. 27.1, *б*).

Изолируемую поверхность тщательно очищают от пыли и жировых пятен. Остроугольные выступы, неровности, каверны, выступающую арматуру и другие дефекты устраняют до устройства гидроизоляции. Поверхность для устройства гидроизоляции подготавливают так же, как для окрасочной гидроизоляции. Для выполнения оклеечной гидроизоляции применяют рулонные материалы на основе битумных, дегтевых и полимерных веществ, а также штучные гидроизоляционные изделия (плиты, листы, сборные железобетонные

изделия и т. п.). В качестве приклеивающего материала используют клеящие мастики, находящиеся в горячем и реже в холодном состоянии. Для наклеивания рулонных гидроизоляционных материалов на битумной основе применяют битумные или резинобитумные мастики. На подготовленную поверхность наносят мастику, по которой укладывают изоляционный слой от низа к верху с перекрытием швов внахлестку не менее чем на 100 мм. Поверхность рулонного материала перед укладыванием тщательно очищают от посыпки, пыли и промазывают клеящим материалом со стороны плоскости примыкания его к изолируемой поверхности. Намазанное мастикой полотнище прижимают к промазанной изолируемой поверхности с последующим уплотнением катком или электрокатком вдоль полотнища по его оси, затем от оси к краям полотнища под углом и после этого по краям полотнища. После укладки всех слоев изоляции наносят слой горячей мастики толщиной не менее 1 мм. Затем гидроизоляцию покрывают цементным раствором (стяжкой) состава 1 : 3 толщиной 20 мм на горизонтальных поверхностях и 5 мм на вертикальных поверхностях (можно по металлической сетке).

При использовании в конструкции гидроизоляции армирующего материала в виде тканей, стеклорогожи, стеклосеток и других подобных материалов его раскатывают по остывшему слою мастики и втапливают электрообогреваемым катком, нагретым до 120...150°С. После втапливания армирующего материала поверх него наносят новый слой мастики с последующим уплотнением катком. В остальном процесс устройства гидроизоляции аналогичен описанному.

Полимерные пленки или пластики, применяемые для гидроизоляции, предварительно сваривают в полотнища. Затем эти полотнища расстилают по основанию из песчаной подушки и, как правило, засыпают песком, чтобы предохранить их от повреждения при укладке бетона.

Пленочные полотнища можно приклеивать к бетонным и железобетонным изолируемым поверхностям, используя битум или другие клеящие составы. Для приклеивания поливинилхлоровой пленки и пластиков к бетонной поверхности используют кумаронокаучуковую мастику.

На вертикальные и сильно наклоненные (более 25°) поверхности рулоны наклеивают участками-захватками высотой 1,2...1,5 м в направлении снизу вверх. Предварительно рулоны раскраивают на куски с учетом нахлестки в 200 мм. Число слоев гидроизоляции зависит от гидроста-

тического напора, качества гидроизоляционного материала, условий эксплуатации и др.

При выполнении оклеечной гидроизоляции в условиях, когда температура воздуха превышает 25°С, гидроизоляционный материал следует защищать от оползания путем применения усиленной принудительной вентиляции или прикрытия его от воздействия солнечных лучей. Для защиты изоляции от механических повреждений ее закрывают защитными стенками (из бетона, кирпича) или армированной штукатуркой.

120. Штукатурная гидроизоляция

Штукатурную гидроизоляцию выполняют путем послойного нанесения на изолируемую поверхность штукатурного раствора (асфальтового или цементно-песчаного) и мастики. Обычно наносят два-три слоя толщиной по 5. . .10 мм. Каждый по мере высыхания и затвердевания ранее уложенного.

Гидроизоляцию наносят на шероховатую изолируемую поверхность конструкции со стороны действия напора воды или влаги с последующим устройством защитного слоя или ограждения. Перед нанесением гидроизоляции изолируемую поверхность тщательно очищают от грязи, пыли и жировых пятен, а дефекты устраняют.

Асфальтовую гидроизоляцию выполняют путем укладки литой или жесткой асфальтовой смеси на поверхность конструкции, обработанную битумной грунтовкой. Асфальтовая гидроизоляция обладает высокой водонепроницаемостью, трещиностойкостью и деформативной способностью при осадках, достаточной прочностью, водоустойчивостью и долговечностью. Горячую асфальтовую гидроизоляционную смесь наносят двумя-тремя слоями толщиной по 5... 7 мм каждый после тщательного уплотнения и остывания ранее уложенного. Смесь разравнивают и уплотняют с помощью площадочных вибраторов с обогреваемой плитой, виброреек, гребков, валиков и катков. Холодную асфальтовую гидроизоляционную смесь наносят на изолируемую поверхность после высыхания грунтовки двумя-тремя слоями толщиной по 5...10 мм каждый после высыхания предыдущего. Для разравнивания и уплотнения холодной асфальтовой смеси используют те же инструменты и механизмы, что и для укладки горячей смеси.

Конструкция асфальтобетонного покрытия весьма проста — это сплошное бесшовное покрытие, уложенное на подготовленное основание, обычно покрашенное горячим битумом или мастикой с посыпкой каменной крошкой.

Цементно-песчаную гидроизоляцию выполняют из цементного раствора, наносимого на изолируемую поверхность способами торкретирования (пневмонабрызга).

Торкретирование — это способ бетонирования конструкции путем нанесения бетонной смеси или раствора через сопло, к которому под давлением сжатого воздуха подают раздельно сухую смесь и воду. Выбрасываемая из сопла цемент-пушки смесь укладывается плотными слоями, создавая высококачественное водонепроницаемое гидроизоляционное покрытие. Состав раствора определяют на основе пробного нанесения торкрета. Обычно принимают состав 1 : 2. В качестве вяжущего используют портландцемент с гидравлическими или уплотняющими добавками в виде церазита, алюмината натрия, жидкого стекла или битумной эмульсии. Кроме портландцемента с добавками, применяют безусадочный или расширяющийся цемент марки выше 400. Кварцевый песок должен быть высококачественным.

При нанесении первого слоя торкрета сопло держат на расстоянии 1 200 мм от поверхности, а при нанесении последующих слоев — на расстоянии 800 мм. Торкретирование проводят слоями по 6...10 мм, общая толщина торкрета до 30 мм. Каждый последующий слой наносят после затвердевания предыдущего. Перед нанесением очередного слоя торкрета поверхность предыдущего слоя обязательно обдувают сжатым воздухом и смачивают водой.

Цементно-песчаная гидроизоляция, нанесенная торкретным способом (сухая схема) или пневмоспособом (мокрая схема), обладает высокой прочностью, водонепроницаемостью и позволяет выдерживать давление воды 5 МПа и более.

121. Пропиточная и инъекционная гидроизоляция

Пропиточную гидроизоляцию выполняют путем заполнения пор, микротрещин и других дефектов изделий, сооружений или конструкций водонепроницаемым гидроизоляционным составом. Эта изоляция в основном предохраняет

элементы бетонных и железобетонных конструкций от действия агрессивных минерализованных вод.

В качестве пропиточного состава используют жидкости с низкой вязкостью на основе битумных вяжущих или полимерных материалов.

Перед пропиткой изделия просушивают при 100...110°С с целью удаления из них влаги. Пропитка изделия может осуществляться диффузионным, автоклавным и другими способами. При диффузионном способе изделие можно не погружать в гидроизоляционный состав. В качестве пропиточного состава используют низковязкие кремнийорганические соединения, органо-силикатные пропиточные композиции, мономеры на основе винильных и фурановых соединений, низковязкие синтетические смолы и т. д. Автоклавный способ состоит в пропитке изделий под давлением 0,3... 0,5 МПа в течение 3...5 мин после их сушки и вакуумирования.

Инъекционную гидроизоляцию применяют для ликвидации течей в подземных и надземных железобетонных гидротехнических сооружениях. При выполнении этой гидроизоляции в поврежденные участки нагнетают инъекционный раствор под большим давлением (до 0,5 МПа). Для инъецирования используют цементные растворы, растворы с добавками алюмината натрия, хлористого кальция, бетонитовой глины, жидкого стекла, полимерцементные, синтетические смолы, раствор с фуриловым спиртом.

122. Литая гидроизоляция

Литую гидроизоляцию выполняют с использованием горячих асфальтовых мастик и растворов. Горизонтальные и слегка наклонные поверхности изолируют путем разлива и разравнивания жидких горячих мастик и растворов. Асфальтовые растворы наливают на горизонтальную поверхность полосами шириной 2 м и толщиной до 30 мм с перекрытием на 150 мм с заглаживанием специальными горячими утюгами. Верхние слои укладывают на неостывшие нижние. Последний (наружный) слой посыпают песком, укатывают или уплотняют вибраторами. При изоляции вертикальных поверхностей раствор заливают между изолируемой поверхностью и защитной стенкой. Вертикальные поверхности изолируют ярусами высотой 300...500 мм.

123. Облицовочная гидроизоляция

Облицовочную гидроизоляцию выполняют в ответственных сооружениях с использованием металлических и полимерных листов или высокоплотных железобетонных плит.

Металлическую изоляцию устраивают внутри или снаружи изолируемых конструкций. Листы крепят к изолируемой поверхности путем сварки с выпущенными из конструкции анкерами или с закладными элементами. Металлические листы соединяют между собой внахлестку с помощью сварки. Зазоры между изолируемой конструкцией и металлическими листами инъецируют высокомарочным цементным раствором. Наружные поверхности металлической изоляции окрашивают или покрывают слоем бетона, полимера и др.

Изоляцию из полимерных листов применяют при работе конструкции в агрессивной среде. Листы сваривают между собой горячим воздухом (230°С) или токами высокой частоты, после чего их приклеивают к изолируемой поверхности соответствующими клеями. Кроме этого, их крепят к конструкциям болтами или другими крепежными элементами.

Облицовка конструкций высокоплотными железобетонными плитами защищает их от разрушающего воздействия агрессивной среды. Облицовочные плиты крепят к изолируемой поверхности специальными анкерными устройствами. В зазор между плитами и конструкцией закачивают под давлением цементный раствор.

124. Герметизация деформационных швов бетонных и железобетонных облицовок каналов

При строительстве монолитных бетонных облицовок каналов в швах устраивают заглубленные или поверхностные герметизирующие шпонки из упругопластичных или эластичных герметиков, герметики в виде профилированных эластичных полос из резины, поливинилхлорида и других полимерных материалов. При устройстве деформационных швов в монолитных облицовках с использованием мастичных составов сначала нарезают через определенное расстояние продольные и поперечные щели (в свежеуложенном или затвердевшем бетоне), а затем их заполняют герметизирующими мастиками. С целью уде-

шевления стоимости герметизации швов и экономии дорогостоящих мастик в качестве нижней прокладки в швах используют пороизоловые или другие жгуты. Устройство нарезных швов и их герметизация замедляют темпы строительства облицовок. В последнее время широко применяют способ устройства швов с использованием профилированных лент, который позволяет строить монолитные бетонные облицовки поточным методом, одновременно выполняя бетонирование канала и устройство швов.

Деформационные швы облицовки устраивают в зонах, где могут возникнуть опасные знакопеременные напряжения вследствие усадки бетона, температурных и влажностных изменений, в местах, где возможно появление трещин и разрывов при неравномерной осадке основания. Поэтому шов должен иметь шарнирно-гибкую конструкцию. При таком конструктивном решении в качестве герметиков применяют: битумно-полимерные, битумно-резиновые, полиизобутиленовые, самовулканизирующие тиоколовые, силиконовые, бутилкаучуковые и другие мастики. При производстве работ по герметизации швов используют различное оборудование и машины: автобитумовозы, автобитумозаправщики, автомастиковозы, прицепные битумозаправщики, передвижные битумные котлы, прицепные битумовозные котлы, битумоплавильные котлы, стационарные битумные котлы, приспособления для резки мастик, станки для рыхления резиновой крошки, грунтовочные смесители, агрегаты для приготовления и нанесения мастик, машины и механизмы для заливки деформационных швов, термошкафы, пневматические и ручные шприц-пистолеты и др.

При герметизации шва последовательность технологических операций следующая: подготовляют мастику до рабочей консистенции; зачищают полости шва от пыли и мусора (продувают сжатым воздухом), грунтуют поверхности прикосновения мастики соответствующим составом; заливают мастику в пространство между стенками шва.

Битумно-полимерную мастику перед использованием разогревают примерно до 130...140°С. Для этого брикеты мастики очищают от бумаги, разрезают на куски 6...8 кг и этими кусками загружают битумный котел, где мастика расплавляется. В процессе разогрева мастики остатки бумаги вылавливают и удаляют из котла. Разогретую мастику загружают в заливщики швов или передвижной котел и транспортируют к месту герметизации шва. К этому времени полость шва должна быть тщательно очищена от остатков бетона, камней, песка и пыли с помощью щеток и продувки сжатым воздухом и загрунтована. Сжатый воздух подается по шлангу от передвижного компрессора в полость шва направляющей удочкой с форсункой. Стенки шва грунтуют приготовленным грунтовочным составом из битумно-полимерной мастики или битумной эмульсией, битумом. Для этого мастику растворяют в бензине при соотношении на одну объемную часть мастики 3...4 части бензина. Грунтовку наносят равным слоем толщиной 0,2 мм с помощью окрасочных агрегатов, краскопультом или вручную кистями. В подготовленную полость шва горячую мастику заливают с помощью заливщиков или вручную. В практике герметизации швов облицовок каналов широко применяют автомобильные заливщики швов МБ-16А, которые заливают швы мастиками в каналах глубиной до 5 м. Заливщик МБ-16А оборудован компрессором и грунтующим устройством с подогревом, которые позволяют ему очищать (продувать) швы, проводить их грунтовку, а затем заливку. Последовательность работы по герметизации швов с использованием заливщика МБ-16А следующая: вначале проводят продувку шва, затем грунтовку, после чего заливщик переезжает на тот участок канала, где грунтовка уже высохла, и заливает шов мастикой, предварительно прогрев распределительную систему. При глубине канала до 1,5 м заливщик заливает швы с одной стороны канала, а при глубине 1,5...3,0 м с двух сторон. Если канал имеет глубину более 3 м, то швы обрабатывают с верхней стоянки (дамбы, бровки канала) и нижней (дна).

Технология герметизации швов битумно-резиновой, битумно-каучуковой мастиками идентична описанной выше.

Герметизация деформационных швов полиизобутиленовыми мастиками отличается тем, что в полость шва мастика вдавливается с помощью шприца. Перед вдавливанием мастики в шов его полость очищают от мусора и пыли. Мастику нагнетают слоем 20...25 мм. Перед нагнетанием предварительно набитые мастикой УМ-40 гильзы нагревают до температуры 80...90°С, а УМС-50 — до 70...80°С (температура воздуха в процессе производства работ 10...20°С) в специальном термошкафу. По мере израсходования мастики пневмошприц перезаряжают подогретыми гильзами. Наконечник шприца держат под углом 45...60° так, чтобы края наконечника входили в полость шва, а мастика, выходя из шприца под давлением, равномерно расплыва-

лась в стороны, заполняя шов. Выдавленную в шов мастику с силой разравнивают металлической расшивкой, смоченной в воде так, чтобы мастика прочно прилипала к бетонным кромкам шва. Для защиты мастики от ультрафиолетовой солнечной радиации и воздействия воды ее открытую поверхность покрывают цементно-песчаным или полимерцементным раствором.

Полиизобутиленовая мастика обладает свойством размягчаться в воде при ее длительном воздействии, поэтому целесообразно ее использовать при герметизации швов облицовок каналов периодической эксплуатации (только в вегетационный период).

Герметизация шва тиоколовыми мастиками обеспечивается за счет ее полной вулканизации за 7...8 сут. Тиоколовые мастики имеют высокую деформативность, хорошую адгезию к бетону, водонепроницаемость, стойкость к минерализованным водам. Эти свойства они сохраняют 20...25 лет.

Приготовление мастики осуществляется путем тщательного смешивания герметизирующей (каучуковой) пасты с вулканизирующей пастой и дифенилгуанидиловым ускорителем. Перед заполнением шов тщательно очищают от грязи с помощью металлической щетки, продувают воздухом (если есть необходимость, промывают водой с последующим высыханием полости шва), промывают растворителем (ацетоном, бензином, этилацетатом) и протирают сухой тканью с целью удаления следов масла и загрязнений. Затем в шов закладывают пороизоловый жгут (с некоторым обжатием), который покрывают противоадгезионным составом, не задевая открытые вертикальные стенки шва. Оставшийся свободный объем полости заполняют мастикой слоем 6...8 мм с помощью пневматического или ручного шприца. По мере израсходования мастики шприц перезаправляют. Учитывая, что тиоколовая мастика имеет повышенную чувствительность к солнечному свету, ее наружную поверхность закрывают тонким защитным слоем из полимерцементного или цементного раствора. При высокой влажности воздуха во время выполнения работ боковые поверхности подготовленного шва предварительно грунтуют разжиженным составом тиоколовой (герметизирующей) мастики. Для равномерного нанесения мастики и разглаживания ее поверхности наконечник шприца оборудован кистью с отверстием внутри. По окончании работ шприц очищают, промывают ацетоном.

10—3—1

Тиоколовые мастики имеют сравнительно высокую стоимость, поэтому целесообразнее применять при герметизации швов вспененные тиоколовые композиции, которые более экономичны за счет меньшего расхода тиокола на 1 м шва.

При герметизации швов силиконовыми мастиками (кремнийорганические) последовательность технологических операций остается той же, что и при герметизации швов с использованием тиоколовых мастик. Силиконовые мастики имеют высокую атмосферостойкость и теплоустойчивость. Вулканизация мастик происходит сразу после ее выдавливания из тубов в результате контакта с влагой воздуха. Полная вулканизация силиконовых мастик завершается в течение 5...7 сут. Наибольшее применение нашли кремнийорганические герметики виксинт У-1-18, виксинт У-2-29, эластосил 1101 и 1102 и др. Их поставляет промышленность в специальных герметичных тубах, на которые надевается насадка-наконечник с мундштуком, обеспечивающим равномерное и плотное уплотнение мастики в шве. В вулканизированном состоянии резиноподобные пленки шва обладают высокой стойкостью к солнечному облучению, воздействию воды и долговечностью (более 25 лет). Эти свойства значительно увеличивают межремонтные сроки. Силиконовые герметики можно использовать в летний и зимний период (до минус 38°С). С целью улучшения условий сцепления мастики с поверхностью бетона предпочтительнее наносить на его поверхность грунтовку ГКЖ-8М. Загерметизированные швы с загрунтованными поверхностями позволяют увеличить сцепление герметика с бетоном в 2 раза и более.

Бутилкаучуковые мастики, как и тиоколовые, представляют собой двухкомпонентную высоковязкую массу. Их изготовляют на основе бутилового каучука, вулканизирующих агентов и наполнителей. Рабочий состав приготовляется путем смешивания компонентов на месте его использования. Готовый тщательно перемешенный однородный состав необходимо использовать в течение 1,5... 2 ч. Рабочая консистенция состава должна обеспечивать заполнение подготовленных полостей деформационных швов с помощью пневматических или ручных шприцев. При герметизации швов монолитных бетонных облицовок каналов или облицовок из сборных плит применяют силиконовые мастики ЦПЛ-2, БГМ-1 и БГМ-2.

Герметизация швов закладными профилированными

лентами в монолитных облицовках осуществляется в процессе бетонирования канала путем введения в свежеуложенную бетонную смесь герметика с помощью вибропневматического органа. При такой технологии устройства швов продольные швы герметизируют с помощью бетоноукладчика, оборудованного вибропогружателем и катушкой с ленточным герметиком. Поперечные швы устраивают с помощью специальной платформы, которая одновременно укладывает профильную ленту и заглаживает свежеотформованную поверхность бетонной облицовки. Чтобы исключить появления в околопрофильной зоне шва пустот и раковин, уплотняющий раствор в полость шва подают одновременно с укладкой профильной ленты.

Для получения качественного шва необходимо осуществлять контроль качества герметизирующего материала и герметизации швов. При контроле качества мастик на битумной основе определяются их однородность, температура размягчения, глубина проникновения иглы пенетрометра в мастику, растяжимость, теплостойкость, водонасыщенность, текучесть, прочность, относительное удлинение, водостойкость, морозостойкость, водопроницаемость, атмосферостойкость, жизнеспособность. Перед герметизацией полости шва необходимо проверить качество подготовленной его поверхности, влажность бетона, состояние слоя грунтовки. После заливки шва мастиками следует осмотреть загерметизированный шов и проверить равномерность заделки шва и толщину уложенных слоев, наличие воздушных пузырей, трещин и отслоений, механических или других повреждений, правильность исполнения герметизации во взаимно пересекающихся зонах продольного и поперечного швов.

125. Техника безопасности при гидроизоляционных работах

При производстве гидроизоляционных работ необходимо соблюдать правила техники безопасности. Котлы для варки горячих составов должны надежно защищаться от попадания в них воды. Горячие составы следует транспортировать в плотно закрывающихся емкостях. Рабочие, занятые на варке и укладке горячих составов, обеспечиваются спецодеждой. При использовании синтетических гидроизоляционных составов необходимо соблюдать правила техники безопасности и указания специальных инструкций.

Глава 28. КРОВЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

126. Общие сведения

Кровельные работы, несмотря на их относительно невысокую стоимость (до 5% общей стоимости здания), весьма трудоемки. Большие трудовые затраты при кровельных работах обусловлены в основном тем, что при их выполнении применяют рулонные или штучные материалы, укладка которых связана с технологическими сложностями и недостаточно механизирована.

Для устройства кровель используют рулонные материалы — рубероид, пергамин, толь, гидроизол, фольгоизол; мастики — битумные, дегтевые, битумно-резиновые и др.; штучные материалы — черепицу, асбестоцементные плоские и волнистые листы, листовую кровельную сталь.

Из рулонных и мастичных материалов выполняют совмещенные покрытия (кровли) производственных, промышленных и гражданских зданий. Черепичные, асбестоцементные и металлические кровли устраивают в основном в гражданских зданиях.

127. Кровли из рулонных и мастичных материалов

Основанием под рулонные и мастичные кровли могут служить сборные или монолитные железобетонные покрытия, на которых уложены пароизоляционный слой, утеплитель и выравнивающий слой (стяжка). По стяжке с применением ручных инструментов, специальных машин или огневых форсунок настилают водоизоляционный рулонный ковер (рис. 28.1, *а—г*). При наличии деревянных стропильных балок основанием рулонной кровли служит деревянный настил в два слоя. Первый слой (рабочий) укладывают по стропилам из досок любой ширины с небольшими промежутками, второй слой (защитный) — из узких досок без промежутков.

Перед наклейкой рулонных и нанесением мастичных материалов на покрытие тщательно подготовляют основание под них. При этом заливают швы между плитами покрытия (цементно-песчаным раствором или бетоном) ликвидируют все наросты и раковины, заделывают неровности и вмятины, очищают поверхность плит от пыли и выравнивают слоем цементного раствора толщиной до 5 мм или песчаного асфальтобетона толщиной до 10 мм, оштукатуривают

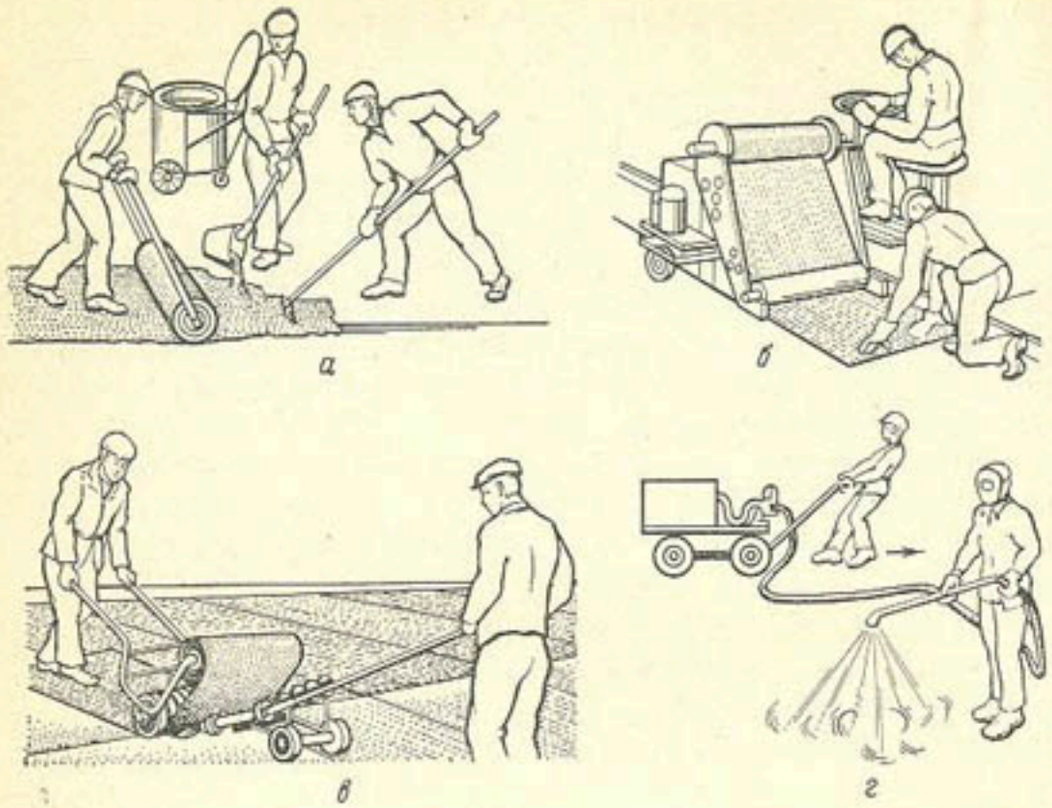


Рис. 28.1. Наклейка рулонного полотнища с применением ручных инструментов (*а*), с помощью машины (*б*), с использованием направляемого рубероида и огневой форсунки (*в*), нанесение мастики на подготовленное основание кровли (*г*).

на высоту примыкания ковра кровли участки вертикальных поверхностей (стен, труб, шахт и т. п.). Устанавливают закладные элементы для крепления водонепроницаемого ковра и подвески водосточных труб. Отремонтированные места основания и поверхности свежеуложенных цементных (бетонных) слоев покрывают грунтовками, приготовленными на медленно испаряющихся растворителях.

Рулонные кровли устраивают из двух — пяти слоев, в зависимости от их уклона: при уклоне более 15% — из двух слоев; при уклоне от 5 до 15% — из трех слоев; при уклоне от 2,5 до 5% — из четырех слоев; при уклоне менее 2,5% — из пяти слоев.

Рулонные кровли устраивают отдельными захватками в пределах водоразделов. Рулонный кровельный ковер можно укладывать как с поочередной наклейкой каждого слоя, так и одновременно в несколько слоев. Производство кровельных работ зависит от размеров, уклона кровли и наличия препятствий на ней. При наклейке рулонных материалов кровельную мастику наносят сплошным слоем толщиной не

более 2 мм. Приклеиваемые полотнища прикатывают катком-раскатчиком. При уклонах кровель до 15% наклейку проводят от пониженных мест к повышенным с расположением полотнищ перпендикулярно стоку воды, а от повышенных мест к пониженным с расположением полотнищ в направлении стока воды. Не допускается перекрестная наклейка отдельных слоев рулонного ковра.

Устройство кровли при одновременной наклейке нескольких слоев рулонных материалов необходимо начинать от карниза. При этом первый слой четырехслойной кровли должен иметь ширину, равную $^1/_4$ ширины рулона, второй — $^2/_4$ и третий — $^3/_4$. Дальнейшая наклейка ведется целыми рулонами. При трехслойной кровле ширина первого слоя равна $^1/_3$ ширины рулона, второго — $^2/_3$ и третьего — полной его ширине.

В кровлях с уклоном 2,5% и более перекрытие полотнищ по их ширине в нижних слоях должно быть 70 мм, а в верхнем — 100 мм; перекрытие по длине полотнищ во всех слоях должно быть не менее 100 мм. В кровлях с уклоном менее 2,5% перекрытие по длине и ширине полотнищ во всех направлениях и слоях должно быть не менее 100 мм.

Если полотнища рулонных материалов расположены в направлении стока воды, то есть перпендикулярно коньку, то каждый слой кровли должен заходить на соседний скат, перекрывая соответствующий слой на другом скате. При этом нижний слой ковра должен заходить на соседний скат не менее чем на 200 мм, верхний — не менее чем на 250 мм. Если полотнища рулонных материалов расположены перпендикулярно стоку воды, то есть параллельно коньку, то полотнища нижнего слоя следует наклеивать с переводом на другой скат на 100... 150 мм; полотнища следующего слоя не доводят до конька на 300...400 мм, но они должны перекрываться на 100...150 мм полотнищем с другого ската. Следующий слой наклеивают, как первый нижний, и т. д. Конек сверху накрывают дополнительным полотнищем с распределением ширины рулона на каждый скат кровли поровну.

На участках примыкания кровли к вертикальной поверхности устраивают усиленный водонепроницаемый ковер, который поднимают над кровлей на высоту 200. . . 400 мм с приклеиванием нижнего слоя и заведением основного ковра с дополнительной изоляцией в заранее приготовленную борозду или прижимают (приклеивают) к вертикальной поверхности и закрепляют фартуком из оцинкованной

кровельной стали. Места примыкания основного кровельного ковра сглаживают, заполняя внутренний угол цементным раствором с последующим снятием фасок. На основной кровельный ковер наклеивают дополнительный водоизоляционный слой длиной 2...2,5 м с перекрытием стыков не менее чем на 150 мм. Его защищают гравийным покрытием.

Рулонные кровельные материалы, имеющие на поверхности посыпку из минеральных материалов, перед наклейкой с использованием горячих мастик должны быть очищены от этой посыпки или обработаны растворителем. При наклейке холодными мастиками очистки от посыпки не требуется.

Устройство кровель из рулонных материалов допускается при температуре наружного воздуха не ниже минус 20°С.

Безрулонные мастичные кровли устраивают путем последовательного нанесения по стяжке нескольких слоев кровельных мастик или эмульсий. Из мастик используют кровелит, получаемый путем смешивания перед употреблением основного и вулканизирующего компонентов, и венту, состоящую из раствора битумно-бутилкаучуковой смеси с добавками антиоксиданта и антисептирующего компонента. Из эмульсий используют битумно-полимерную эмульсию ЭГИК. Перед нанесением мастик или эмульсий основание тщательно очищают от пыли, заделывают все швы между плитами покрытия, неровности, вмятины, ликвидируют наросты и раковины.

Мастику наносят кистью или пульверизатором в несколько слоев (от четырех до шести). Каждый слой просушивают в течение 1...2 ч. Мастику кровелит наносят при температуре окружающего воздуха не ниже 5°С, а венту можно наносить при температуре до минус 30°С. Битумно-полимерную эмульсию ЭГИК наносят последовательно в два и более слоев. Для подачи мастики или эмульсии на рабочее место и распыления ее по подготовленному основанию используют специальную установку.

Рулонные и мастичные кровли можно укладывать по профилированному стальному настилу на утеплитель из пенополистирола по той же схеме, что и по железобетонному основанию.

Защитный гравийный слой, предусмотренный проектом, начинают наносить сразу после устройства очередного участка кровельного ковра площадью не более 100 м².

128. Кровли из асбестоцементных листов

Для устройства асбестоцементных кровель производственных зданий и сооружений применяют асбестоцементные плоские и волнистые листы усиленного (ВУ), унифицированного (УВ), средневолнистого (СВ) и обыкновенного (ВО) профилей. Кровельные асбестоцементные листы укладывают на обрешетку из деревянных брусков с шагом 370... 750 мм. В местах карнизных свесов, разжелобков и ендов устраивают сплошную обрешетку из досок.

В неутепленных покрытиях зданий асбестоцементные волнистые листы усиленного профиля укладывают внахлестку по прогонам с таким расчетом, чтобы каждый лист опирался на три прогона. Закрепляют листы пружинными клямерами и анкерами. Для закрепления листов от сдвижки вдоль прогонов устанавливают анкеры, совмещенные с пружинными клямерами. Анкеры крепят к полке прогона с помощью винтов.

Асбестоцементные кровельные листы в утепленных покрытиях укладывают на обрешетку правильными рядами от карниза к коньку для предварительной разметки. Каждый вышележащий ряд должен перекрывать нижележащий на 120...140 мм при использовании волнистых листов обыкновенного и средневолнистого профилей, на 200 мм — волнистых листов унифицированного и усиленного профилей, на 75 мм — плоских листов. Карнизный свес первого ряда на крышах с неорганизованным водостоком должен составлять 100 мм, с подвесными желобами — 50 мм. В направлении поперек ската кровельные асбестоцементные листы укладывают с напуском соответственно направлению господствующих ветров.

Асбестоцементные волнистые листы обыкновенного и средневолнистого профилей укладывают на обрешетку со смещением на одну волну по отношению к листам предыдущего ряда или без смещения. Волнистые листы унифицированного и усиленного профилей укладывают по отношению к листам предыдущего ряда без смещения. При укладке асбестоцементных волнистых листов без смещения в местах стыка четырех листов необходимо обрезать углы двух средних (второго и третьего) листов. Между стыкуемыми обрезанными углами листов обыкновенного профиля оставляют зазор 3...4 мм, а листов средневолнистого, унифицированного и усиленного профилей — зазор до 10 мм.

Асбестоцементные листы обыкновенного и средневолнистого профилей крепят к обрешетке шиферными гвоздями с оцинкованной шляпкой, листы унифицированного и усиленного профилей — винтами и специальными захватами, плоские листы — гвоздями и противоветровой кнопкой. Крайние рядовые листы, а также коньковые детали дополнительно крепят двумя противоветровыми скобами. Отверстия в листах для пропуска гвоздей располагают на гребнях.

Карнизы, разжелобки, ребра скатов и коньки асбестоцементных кровель накрывают специальными фасонными деталями с напуском на 100 мм, или листовой оцинкованной кровельной сталью, либо листовым алюминием.

В местах примыкания к выступающим над кровлей конструкциям (стенам, трубам) асбестоцементные кровли должны заходить в борозды конструкций на 100 мм со всех сторон и прикрываться металлическими фартуками.

На кровлях из штучных материалов устраивают деревянные стремянки шириной не менее 30 см для прохода к фонарям, трубам, шахтам. Стремянки должны быть переносными и надежно закрепляться на крыше.

129. Кровли из листовой стали

Кровли из листовой стали (оцинкованной или неоцинкованной) настилают на обрешетку из деревянных брусков с шагом 250 мм. У карниза, в ендовых, на коньках, переломах, в местах расположения горизонтальных стыков делают сплошную обрешетку из досок.

Перед устройством кровли стальные листы покрывают с обеих сторон олифой с добавлением краски. Из двух-трех листов, соединенных по коротким сторонам лежачим фальцем, заготовляют картины с выделанными по длинным сторонам вертикальными фальцами — отгибами для соединения с соседними картинами. Картины укладывают на обрешетку с размещением горизонтальных фальцев на доске вразбежку на 40...50 мм и крепят их клямерами, которые прикрепляют к боковой стороне бруска обрешетки гвоздями. На коньке кровли устраивают гребень в виде стоячего фальца. Свес кровли у карниза крепят за Т-образную накладку, прибиваемую к сплошной обрешетке через 500...700 мм. Вокруг дымовых и вентиляционных труб делают вертикальный воротник в виде загнутых кверху кромок кровли, который плотно охватывает кладку трубы.

Для отведения воды с кровли устраивают желоба на свесе и через 15...20 м водоприемные воронки, соединенные с водосточными трубами. Водосточные оцинкованные трубы собирают из заранее заготовленных звеньев и при навешивании прикрепляют к стене с помощью штырей-ухватов, заложенных в процессе кладки или монтажа стен. Нижнюю часть водосточной трубы в виде раструба (отмет) устанавливают выше тротуара или отмостки на 200 мм.

Глава 29. ОТДЕЛОЧНЫЕ РАБОТЫ

130. Общие сведения

Одним из важнейших этапов строительных работ перед вводом зданий и сооружений в эксплуатацию являются отделочные работы. В состав отделочных работ входят штукатурные, облицовочные, стекольные, малярные, обойные работы, а также устройство чистых полов. Наружная и внутренняя отделка ограждающих конструкций и отдельных элементов зданий имеет защитно-конструктивное и санитарно-гигиеническое назначение, а кроме того, дает возможность в значительной степени улучшить их тепло- и звукоизоляцию, стойкость к возгоранию. Высококачественное выполнение отделочных работ позволяет придать зданию архитектурно-эстетическую выразительность, красивый внешний вид, устранить ряд дефектов, допущенных при осуществлении других видов строительных работ (кладке, монтаже и т. п.).

Выполнение каждого вида отделочных работ должно отвечать требованиям проекта, СНиП и других нормативных документов.

131. Штукатурные работы

Штукатурные работы выполняют с целью придания зданиям и сооружениям архитектурной выразительности, повышения их стойкости к вредному воздействию атмосферных осадков и внешней среды, обеспечения внутри помещений звуко- и теплоизоляции, огнестойкости, создания соответствующего интерьера. Наружное оштукатуривание осуществляют после окончания основных строительных работ, а внутреннее — после завершения санитарно-технических

(устройство водопровода, канализации и др.) и электротехнических (установка электрооборудования и т. п.) работ.

Штукатурные работы весьма трудоемки и требуют использования квалифицированной рабочей силы, поэтому их применяют только в тех случаях, когда они необходимы по архитектурным соображениям, и для повышения эксплуатационных качеств зданий и сооружений. Различают простую штукатурку с неровностями поверхности до 5 мм, улучшенную — с неровностями до 3 мм и высококачественную — с неровностями не более 2 мм.

Поверхности, подлежащие оштукатуриванию, предварительно подготовляют с целью обеспечения хорошего сцепления с ними штукатурного раствора. Для этого их очищают от грязи, пыли и жировых пятен. Гладкие поверхности каменных и бетонных конструкций насекают для создания шероховатости. Насечку осуществляют пневматическим или ручным инструментом. Очистку поверхности и придание ей шероховатости выполняют пескоструйными аппаратами. Деревянные поверхности для сцепления со штукатуркой обивают дранкой — тонкими (толщиной 1... 2 мм) деревянными пластинками длиной до 1,0...1,5 м. Для повышения звуко- и теплоизоляции перегородок под дранку подкладывают рогожу или войлок. Вместо насечки и обивки поверхности дранкой нередко применяют металлическую сетку. Сетку закрепляют на деревянных поверхностях гвоздями, а на бетонных и каменных — с помощью арматурных выпусков или гвоздей, забиваемых в заранее установленные деревянные пробки.

При оштукатуривании металлических конструкций их обтягивают сеткой во избежание растрескивания штукатурки. Места стыков конструкций из разных материалов (например, примыкание деревянных перегородок к каменным стенам) также закрывают полосами из металлической сетки шириной 15...20 см. Оштукатуривание по сетке выполняют всегда, когда толщина штукатурки превышает 25 мм.

Штукатурку наносят послойно (рис. 29.1, *а*). Первый слой — «обрызг» — толщиной 4...5 мм при оштукатуривании каменных и бетонных поверхностей и толщиной 7. . . 9 мм при оштукатуривании деревянных поверхностей наносят из жидкого раствора (с осадкой конуса 8... 12 см). Следующий слой — «грунт» — толщиной 5... 7 мм наносят из более густого раствора (с осадкой конуса 6. . . 7 см). «Грунт» выравнивает все неровности оштукатуриваемой

Рис. 29.1. Оштукатуривание поверхностей:

а — ручное и механическое нанесение раствора; *б* — разравнивание раствора соколом и правилом: *в*— затирка штукатурки теркой и электрической машинкой.

поверхности, поэтому число его слоев зависит от состояния (ровности) поверхности. Последний слой — «накрывочный» — толщиной до 2 мм наносят из жидкого раствора на мелком песке (с осадкой конуса 9...10 см). Накрывочный слой делают только для улучшенной и высококачественной штукатурки.

При выполнении простой штукатурки ее поверхность заглаживают деревянным или металлическим «соколом» (плоский щит с ручкой) (слева на рис. 29.1, *б*). При выполнении улучшенной штукатурки «грунт» выравнивают правилом (длинной деревянной рейкой) (справа на рис. 29.1, *б*), а накрывочный слой заглаживают полутеркой. При выполнении высококачественной штукатурки «грунт» выравнивают правилом по маякам, обеспечивающим требуемую толщину его и ровность поверхности, а накрывочный слой затирают деревянной или войлочной теркой (слева на рис. рис. 29.1, *в*). Обычно толщина простой штукатурки составляет около 10. . . 12 мм, улучшенной — до 15 мм, а высококачественной — до 20 мм (известковые и известково-гипсовые растворы). При оштукатуривании каменных и бетонных поверхностей применяют известковые растворы состава от 1 : 2 до 1 : 5 (по объему), а при оштукатуривании деревянных поверхностей — известково-гипсовые растворы состава от 0,4 : 1 : 2 до 1 : 1 : 3. В помещениях с повышен-

ной влажностью (санитарные узлы) применяют цементно-известковые растворы состава от 1 : 1 : 6 до 1 : 2 : 9, при наружном оштукатуривании повышенной прочности и при оштукатуривании по металлической сетке — цементные растворы состава от 1 : 3 до 1 : 5. В случаях, когда к штукатурке предъявляют повышенные требования по водостойкости, применяют цементные растворы с добавками церазита, растворимого стекла и гидравлических добавок (трепел, цемянка и др.). При больших объемах штукатурных работ транспортировку и нанесение раствора осуществляют штукатурными агрегатами, состоящими из растворомешалки (для приготовления раствора на месте или перемешивания привезенного раствора), растворонасоса и материальных шлангов для подачи раствора к месту укладки. Для заглаживания поверхности штукатурки применяют специальные механические гладилки (справа на рис. 29.1, *в*). Применение механизации резко снижает трудоемкость и продолжительность штукатурных работ, а также их стоимость.

Наиболее сложные работы при оштукатуривании — это вытягивание карнизов и тяг, а также отделка откосов окон и дверей. Вытягивание карнизов и тяг выполняют с помощью специальных деревянных или металлических шаблонов — лекал. Кроме карнизов и тяг, по шаблонам оштукатуривают откосы и наличники окон и дверей.

При выполнении штукатурных работ в зимнее время внутри помещений в них необходимо обеспечить положительную температуру и усиленную вентиляцию с целью удаления избыточной влаги и ускорения высыхания штукатурки. При наружном оштукатуривании в раствор вводят противоморозные добавки или применяют подогретые растворы.

Отделку поверхностей внутри сухих помещений часто осуществляют сухой листовой штукатуркой. Листы сухой штукатурки крепят к деревянным поверхностям гвоздями, а к каменным и бетонным поверхностям мастикой. Мастику готовят из смеси гипса с опилками или песком и наносят на листы сухой штукатурки отдельными «лепками» диаметром 10...15 см через 20...30 см, после чего лист прижимают к поверхности стены. Установку листов ведут по маячным меткам с целью получения ровной общей поверхности. Сухой листовой штукатуркой можно облицовывать откосы дверных и оконных проемов. Для этого заготовляют листы нужных форм и размеров и устанавливают их на сплошной слой мастики. При последующей оклейке сухой штукатурки обоями стыки между листами заполняют шпатлевкой вро-

вень с общей поверхностью. При покраске стыки дополнительно проклеивают марлей. Для получения гладкой сплошной поверхности листы покрывают слоем беспесчаного гипсового раствора толщиной до 3 мм.

132. Стекольные работы

Стекольные работы выполняют до начала отделочных и других внутренних работ, чтобы защитить помещение от наружного холода, ветра и атмосферных осадков.

Для остекления применяют обычное оконное стекло, витринное стекло, стеклопакеты и стеклоблоки. Обычное оконное стекло и стеклопакеты применяют в гражданском и промышленном строительстве, стеклоблоки — главным образом в промышленных зданиях. Витринное стекло применяют для остекления витражей зданий и сооружений.

Обычное оконное и витринное стекло устанавливают в переплетах на двойном слое замазки или на резиновых и пластмассовых прокладках. Кроме замазки, стекло обычно укрепляют штапиком, прикрепляемым к деревянным переплетам на гвоздях, а к металлическим на винтах. Замазка герметизирует стык от продувания и промокания.

Деревянные переплеты остекляют, как правило, на заводах. Металлические и железобетонные переплеты из-за больших размеров остекляют на месте строительства. Стеклоблоки устанавливают непосредственно в проемах на цементном растворе.

Замазку для остекления деревянных переплетов готовят из смеси олифы и мела. Для остекления металлических переплетов применяют замазку из смеси олифы, мела и сухого свинцового сурика или белил. При остеклении фонарей промышленных зданий, теплиц, оранжерей применяют битумную и пековую замазку. Первая состоит из битума, растворенного в уайт-спирите или бензине, а вторая — из пека, растворенного в сольвенте. Наполнителями служат бракованный цемент, молотый трепел и т. д. При больших объемах работ замазку наносят специальным шприцем и разравнивают ножом или стамеской.

Для остекления листовое стекло разрезают на куски нужной формы и размера алмазным или твердосплавным инструментом. При централизованной резке применяют электростеклорезы. Витринное стекло обычно разрезают на заводах или на строительных объектах.

133. Малярные и обойные работы

Малярные работы позволяют улучшить декоративную отделку зданий и сооружений, увеличить их долговечность и обеспечить требуемые санитарно-гигиенические условия в помещениях. Они заключаются в нанесении на окрашиваемую поверхность красочных составов, которые при высыхании затвердевают, образуя прочную окрашенную пленку. По качеству малярные работы подразделяют на простую отделку, применяемую во временных зданиях, улучшенную для обычных промышленных и жилых зданий и высококачественную отделку. Отделка состоит из трех последовательно выполняемых операций: подготовки поверхности под окраску (грунтовка, шпатлевка), окраски (рис. 29.2, *а—в*) (нанесение красочного состава), отделки в необходимых случаях поверхности (полировка и т. д.).

Подготовка поверхности под окраску состоит из грунтовки, обеспечивающей прочное сцепление с ней краски, шпатлевки — выравнивания неровностей окрашиваемой поверхности и подмазки — закрытия «грунтом» наложенной шпатлевки. Грунтовку под клеевую краску выполняют раствором медного купороса или раствором глинозема и алюмокалиевых квасцов. Для известковых, цементных и силикатных красок грунтовку выполняют составами из тех же компонентов, что входят в краски, но без пигментов и с большим содержанием воды. При окраске масляными, синтетическими и эмалевыми красками грунтовку поверхностей производят соответственно олифой и растворителями, входящими в состав эмалей и синтетических красок. В грунтовые составы вводят до 5...10% тонкомолотого наполнителя и пигмента.

Шпатлевочные составы, применяемые при малярных работах, должны быть на тех же связующих и растворителях, что и красочные составы, но с бóльшим содержанием тонкомолотого наполнителя.

Красочные составы приготовляют с использованием механизмов для измельчения пигментов, наполнителей и изготовления красок (краскотерки, шаровые мельницы и др.). Лучше всего использовать красочные составы заводского изготовления.

«Грунт» и красочные составы наносят кистями, валиками, краскопультами или пистолетами-распылителями. Грунтовку поверхности купоросом под клеевую краску выполняют кистями вручную.

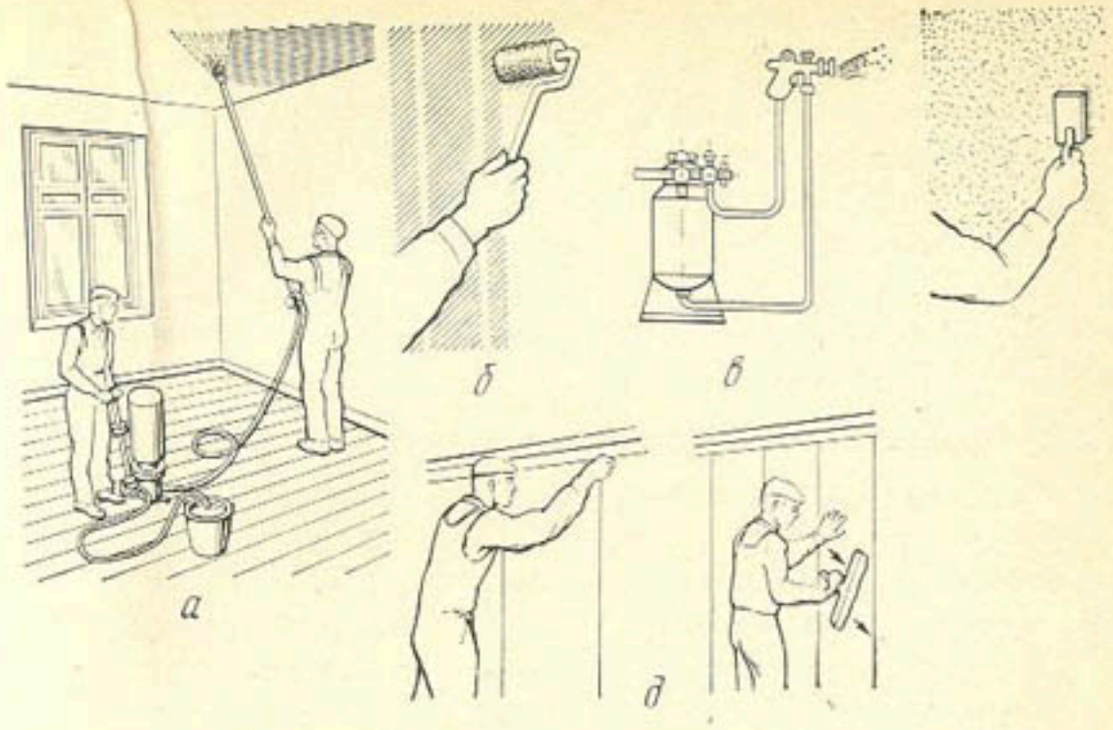


Рис. 29.2. Малярные работы при отделке поверхностей:
а, б и в — окрашивание поверхностей соответственно краскопультом, ручным валиком и пистолетом-краскораспылителем; *г* — торцевание поверхностей щеткой; *д* — оклейка поверхности обоями.

Шпатлевку выполняют вручную или специальными пневматическими шпатлевками. Шлифовку поверхности осуществляют специальными механическими шлифовальными кругами.

Для получения ровной, хорошо окрашенной поверхности грунтовку, шпатлевку и окраску ведут в несколько слоев (до четырех-пяти), после чего ее торцуют щеткой(рис. 29.2, *г*). Число слоев зависит от требуемого качества окраски.

В бытовых, жилых и служебных помещениях стены часто оклеивают обоями (рис. 29.2, *д*). Поверхности стен перед оклейкой очищают, трещины и шероховатости заполняют подмазочной пастой или шпатлюют и заглаживают. При необходимости отдельные места проклеивают плотной бумагой или марлей с последующей зачисткой пемзой. Перед оклейкой обоями поверхность стен обычно оклеивают бумажной макулатурой с целью сглаживания мелких шероховатостей. После этого делают «обводку» путем нанесения квасцовой или клеевой грунтовки по верхней и нижней частям стен и в углах. Обводку делают для большей прочности сцепления обоев с поверхностью стен.

Для оклейки обои разрезают на куски нужной длины и обрезают одну продольную кромку (если она есть). Тыльную

сторону обоев покрывают клеем и наклеивают их на стены в направлении сверху вниз. При этом обрезанный край ложится на необрезанный край ранее наклеенной полосы обоев, а рисунок совмещается. После оклейки стен по их верху обычно приклеивают фриз или карниз.

При больших объемах работ обои комплектуют покомнатно. Кромку обрезают на специальном станке. Разрезку на куски и нанесение клея делают на специальных инвентарных столиках.

134. Техника безопасности при отделочных работах

Выполняя отделочные работы, необходимо строго соблюдать правила техники безопасности. Все работы ведут с прочных и устойчивых подмостей и лесов, оборудованных ограждениями и инвентарными лестницами-стремянками.

В период проведения штукатурных и малярных работ электросеть (по мере необходимости) в помещениях должна быть обесточена.

Штукатурные работы, выполняемые с механизированным нанесением раствора, нужно вести в защитных очках, а в период очистки поверхностей пескоструйными аппаратами, кроме того, в респираторах. При использовании пневматических механизмов и растворонасосов нужно соблюдать специальные правила техники безопасности работы с этими механизмами.

Тара с красителями должна плотно закрываться. Красочные составы следует приготовлять в специальных помещениях с хорошей вентиляцией.

Окраску с использованием краскопультов и пистолетов-распылителей выполняют в защитных очках и респираторах. При этом помещения должны хорошо проветриваться. При использовании красочных составов на горючих и взрывоопасных растворителях запрещается курить.

Работая с вредными пигментами и растворителями, необходимо иметь защитные очки, респираторы и резиновые перчатки. В необходимых случаях работу выполняют в масках. Лица, занятые на этой работе, должны систематически проходить медицинский осмотр.

При остеклении необходимо принимать меры для исключения падения стекол. Лица, работающие в труднодоступных местах (остекление фонарей, окон верхних этажей и т. д.), должны иметь защитные монтажные пояса. В процессе резки и вставки стекол необходимо иметь защитные чехлы на пальцах.

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев А. А. Технология и организация сельского строительства.— М.: Стройиздат, 1983.— 440 с.

Владыченко Г. П., Белецкий Б. Ф. Технология строительства водопроводных и канализационных сооружений.— Киев: Высшая школа, 1982.— 268 с.

Горчаков Г. И. Строительные материалы.— М.: Высшая школа, 1981.— 412 с.

Дворкин Л. И., Цулукидзе П. П. Строительные материалы для гидротехнических сооружений.— М.: Энергия, 1978.— 248 с.

Драченко Б. Ф., Ерисова Л. Г. Технология строительного производства.— М.: Стройиздат, 1977.— 460 с.

Железнодорожное строительство. Технология и механизация / С. Н. Першин, Н. А. Зензинов, М. А. Фишуров, Г. Н. Шадрин.— М.: Транспорт, 1982.— 383 с.

Комар А. Г. Строительные материалы и изделия.— М.: Высшая школа, 1983.— 488 с.

Орловский Б. Я., Магий Л. А. Основы проектирования гражданских и промышленных зданий.— М.: Стройиздат, 1980.— 396 с.

Пискарев В. А. Лабораторные работы по курсу «Строительные материалы и изделия».— М.: Высшая школа, 1976.— 206 с.

Савченко И. Н., Липявкин А. Ф., Сербинович П. П. Архитектура.— М.: Высшая школа, 1982.— 376 с.

Строительные материалы / М. И. Хигерович, Г. И. Горчаков, И. А. Рыбьев и др. М.: Высшая школа, 1982.— 362 с.

Трепененков Р. И. Альбом чертежей конструкций и деталей промышленных зданий.— М.: Стройиздат, 1980.— 284 с.

Шерешевский И. А. Конструирование промышленных зданий и сооружений.— Л.: Стройиздат, 1979.— 168 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Адгезия 12
Акведук 287
Активные минеральные добавки 79
Алит 45
Алюминий 200
Ангидрит 24
Анкер 251
Антикоррозийное покрытие 202
Антисептик 180
Аркада 248
Арматура 196
Армогерметик 167
Асбест 138
Асбестоцементные изделия 138... 141
Асбозурит 175
Асботермит 175
Асфальтиты 150
Асфальтовые породы 150
Асфальтобетон 154
Асфальтовые растворы 153
Атмосферостойкость 13

Базальт 21
Балконы 279
Белит 45
Бетонные изделия 117
Бетон гидротехнический 102
— дорожный 111
— крупнопористый 109
— легкий 108
— литой 113
— мелкозернистый 112
— обычный 69
— особо тяжелый 111
— поризованный 110
— сухой 113
— шлакощелочной алюмосиликатный 114
— ячеистый 110
Бетонополимер 163
Бетонная смесь 83
Битумы 151
Борулин 168
Брандмауры 278
Брекчии 23
Бризол 168

Вата минеральная 173
— стеклянная 174
Венчающий карниз 247
Веранды 279
Вермукулит 109
Винипласт 158
Влагоотдача 9
Влажность 8
Вода для затворения бетона 73
Водопоглощение 8
Водопонижение 297
Водоотлив 296
Водопроницаемость 9
Водостойкость 9
Войлок 172
Ворота 276
Вулканический туф 22
Вязкость 12

Габбро 21
Газостойкость 11
Гигроскопичность 7
Гидравлическая известь 43
Гидравлические вяжущие 43
Гидроизол 168
Гидроизоляция подвалов 238
— окрасочная 348
— инъекционная 354
— литая 354
— обмазочная 349
— облицовочная 355
— оклеечная 350
— пропиточная 353

— штукатурная 352
Гипс 24
Гипсовые вяжущие 40
— изделия 136
Глина 32
Глинистый сланец 25
Гнейс 25
Гравий 27
Гранит 20
Грунт 30
Гудрон 151

Двери 274
Деготь 185
Деформативность линейная 10
Диабаз 21
Диатомит 24
Диорит 20
Диффузия 12
Доломит 24
Дренаж 291
Дюкеры 288

Железобетон 115
Железобетонные изделия 119
Жесткость 15

Захваты 306
Звукоизоляция 220
Звукопроницаемость 12

Известняк 23
Известь строительная 37
— гидратная 39
Износ 15
Изол 168
Истираемость 15

Камень булыжный 27
— бутовый 27
Каменные изделия 28
— наброски 320
Каналы 287
Капиллярное всасывание 8
Каркасы зданий 239
Карнизные пояски 247
Каучук синтетический 159
Кварцит 25
Керамзит 108
Керамические изделия 145
Кессоны 236
Кирпич глиняный 143
— керамический 143
— силикатный 134
Кладка бутовая 310
— безрастворная 320
— бутобетонная 312
— из габионов 320
— мелкоштучных камней 312
Клеи 190
Когезия 12
Колонна 247
Конгломерат 23
Контроль качества бетона 333
Контрфорс 248
Коррозия металлов 201
— цементного камня 50
Краски 189
Кровельные работы 356
Кровли 259, 356
Круглый лес 177
Крыши 252

Лабродорит 21
Лаки 189
Латексы 159
Линкруст 191
Линолеум 191
Лоджии 279
Лопатки 247

Мастики полимерные 162
Маты 211
— битумные 165
Медь 201
Мел 24
Мергель 43
Металлоизол 169
Модульная система 209
Монтажные работы 337
Морозостойкость 10
Мрамор 25

Наполнители 83
Насосные станции 283
Неразрушающие методы контроля материалов 16

Обои 191
Облицовка каменной кладки 316
Огнестойкость 11
Огнеупорность 11
Окна 572
Олифы 186
Опускные колодцы 235
Оросительные системы 290
Освещение 220
Основания зданий 230
Отделочные работы малярные 267

— — обойные 368
— — стекольные 366
— — штукатурные 362

Пакля 172
Пасты гидроизоляционные 165
— отделочные 188
Пек 185
Пеностекло 174
Перекрытия 249
Перемычки 248
Перегородки 265
Пергамин 170
Перлит 109
Песок 28
Песчаник 23
Пигменты 181
Пиломатериалы 177
Пилястра 247
Пластик 190
Плинтуса 192
Пленки полимерные 169
— отделочные 191
Плотность истинная 6
— относительная 6
— средняя 6
Подъемно-транспортные машины 302
Покрытия 253
Поливинилхлорид 157
Полиизобутилен 157
Полимербетоны 163
Полимеррастворы 163
Полимерные смолы 159
Полипропилен 158
Полистерол 157
Полиэтилен 157
Полуколонны 248
Полы 261
Пористость 7
Пороизол 167
Портландцемент 44
— быстротвердеющий 54
— водонепроницаемый 55
— высокопрочный 55
— гидрофобный 53
— пластифицированный 54
Поручни 192
Порфир 21
Правила разрезки кладки 307
Предел прочности 14
Производство сборных железобетонных конструкций 323

Работы бетонные 327

— гидроизоляционные 347
— каменные 307
— кровельные 307
— монтажные 337
— отделочные 362
— подготовительные и вспомогательные 295
— столярные 178
— строительные 292
— транспортные и погрузочно-транспортные 295
Растворимое стекло 43
Растворители 188
Растворы гидроизоляционные 64
— акустические 67
— инъекционные 66
— кладочные 66
— отделочные 67
— полимерцементные 68
— тампонажные 65
Регуляторы 286
Рубероид 170

Сандрики 247
Свинец 201
Сиенит 20
Ситалл 149
Смывка 189
Сотопласты 173
Стали 194
Стандартизация 208
Стекло 147
Стеклорубероид 168
Стеклянные изделия 148
Стемалит 148
Стены 240
Столб 247
Строительные растворы 63
Стропы 305
Сухая штукатурка 136

Твердение материалов 12
— цементного камня 46
Твердость 15
Теплоемкость 10
Теплопроводность 10
Теплотехника 213
Термозит 109
Тетраэдры 117
Технико-экономические показатели 280
Типизация 208
Толь 171
Траверсы 305
Транспортные машины 299

Трубофильтры 117
Трубы дренажные бетонные 117
— железобетонные 119
— керамические 145
— полимерные 160
Туфовая лава 22

Ударная прочность 15
Унификация 207
Усталость 15
Устройство облицовок каналов 324

Фанера 179
Фольгоизол 168
Фронтон 247
Фторопласт 178
Фундаменты 231

Химические добавки 79...84

Цемент быстротвердеющий 54
— водонепроницаемый 55
— высокопрочный 55
— гидрофобный 53
— глиноземистый 59
— напрягающий 55
— неофелиновый 61
— пластифицирующий 64
— портландский 44
— пуццолановый 56
— тампонажный 56
— сульфатостойкий 56
— цветной 58
— шлаковый 57
Цементный камень 89
Цинк 201
Цоколь 247

Черепица 144
Чугун 193

Швы деформационные 277
Шлакоситалл 149
Шпатлевка 188

Щебень 27

Экеры 279
Эмульсии гидроизоляционные 161
— отделочные 187

Ячеистый бетон 111

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

РАЗДЕЛ I
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Глава 1. **Свойства строительных материалов** 5
1. Общие сведения 5
2. Физические и химические свойства материалов . . 6
3. Механические свойства материалов 13

Глава 2. **Природные каменные материалы** 18
4. Общие сведения 18
5. Классификация и основные виды горных пород . . 19
6. Классификация и основные виды природных каменных материалов 25
7. Изделия и профилированные детали из природного камня 28
8. Защита, хранение и транспортировка каменных материалов. 29
9. Грунт как природный строительный материал . . 30

Глава 3. **Гидратационные вяжущие вещества** 36
10. Общие сведения 36
11. Воздушные вяжущие вещества 37
12. Гидравлические вяжущие вещества 43
13. Упаковка, транспортировка и хранение вяжущих веществ 62

Глава 4. **Строительные растворы** 63
14. Общие сведения 63
15. Растворы. 64
16. Растворы для работ в зимних условиях 68

Глава 5. **Обычный бетон на гидратационных вяжущих веществах.** 69
17. Общие сведения. 69
18. Материалы для обычного (тяжелого) бетона . . . 73
19. Основные свойства бетонной смеси 85
20. Основные свойства и характеристики бетона . . . 89
21. Проектирование и корректировка состава бетонной смеси заданных свойств 95

22. Приготовление, транспортировка и укладка бетонной смеси 99
23. Уход за свежеуложенным бетоном и контроль его качества 101

Глава 6. **Виды бетона** 102
24. Гидротехнический бетон 102
25. Облегченные, легкие и особо легкие бетоны . . . 108
26. Бетоны специальных видов 111

Глава 7. **Бетонные и железобетонные изделия в гидромелиоративном строительстве** 114
27. Общие сведения 114
28. Сборные бетонные изделия 117
29. Железобетонные изделия и конструкции 119

Глава 8. **Безобжиговые искусственные каменные материалы и изделия на основе гидратационных вяжущих веществ** 131
30. Общие сведения. 131
31. Материалы и изделия автоклавного твердения . . 131
32. Гипсовые и гипсобетонные изделия 135
33. Асбестоцементные изделия 138

Глава 9. **Искусственные обжиговые материалы и стекло** . . 142
34. Общие сведения 142
35. Керамические материалы и изделия из легкоплавких глин 143
36. Керамические материалы и изделия из тугоплавких глин 145
37. Стекло и стеклянные изделия 147

Глава 10. **Коагуляционные** (органические) **вяжущие материалы. Растворы и бетоны на их основе** 150
38. Общие сведения 150
39. Битумные материалы 150
40. Дегтевые материалы 152
41. Асфальтовые растворы 153
42. Асфальтобетоны 154

Глава 11. **Полимерные материалы** 155
43. Общие сведения 155
44. Исходные полимерные материалы 157
45. Полимерные трубы 160
46. Полимерные мастики и бетоны 162

Глава 12. **Гидроизоляционные и кровельные материалы на основе битумов и полимеров** 164
47. Общие сведения 164
48. Гидроизоляционные материалы 164
49. Кровельные материалы 170
50. Хранение гидроизоляционных и кровельных материалов 171

Глава 13. **Теплоизоляционные материалы и изделия из них** 172
51. Общие сведения 172
52. Органические теплоизоляционные материалы . . 172
53. Неорганические теплоизоляционные материалы . 173
54. Материалы для изоляции горячих поверхностей 175

Глава 14. **Древесные строительные материалы и изделия** . . 175
55. Общие сведения 175
56. Материалы и изделия из древесины. 177
57. Защита материалов, изделий и конструкций из древесины от разрушения и их хранение 180
Глава 15. **Отделочные материалы** 181
58. Общие сведения 181
59. Пигменты 181
60. Олифы и эмульсии 186
61. Вспомогательные материалы 187
62. Лакокрасочные составы 189
63. Клей 190
64. Отделочные материалы для стен, полов и изделий 190
Глава 16. **Металлы и металлические изделия** 193
65. Общие сведения 193
66. Строительные стальные материалы и изделия . . 195
67. Цветные металлы и сплавы 200
68. Коррозия металлов и защита от нее 201

РАЗДЕЛ II

АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Глава 17. Основы проектирования 203
69. Виды зданий и сооружений, их классификация и требования к ним 203
70. Архитектурно-строительное проектирование . . . 205
71. Индустриализация, унификация, типизация и стандартизация объемно-планировочных решений . . 207
72. Основные положения строительной физики . . . 213
Глава 18. **Архитектурно-конструктивные элементы зданий и сооружений, их конструкции** 225
73. Общие сведения 225
74. Факторы, влияющие на конструкцию элементов зданий 229
75. Основания и фундаменты 230
76. Каркасы и стены 239
77. Перекрытия 249
78. Крыши и покрытия 252
79. Кровли 259
80. Полы 261
81. Перегородки и лестницы 265
82. Окна, двери и ворота 272
83. Специальные элементы зданий 277
Глава 19. **Технико-экономическая оценка проектных решений зданий и сооружений** 280
84. Общие сведения 280
85. Определение технико-экономических показателей 280
86. Экономическая оценка зданий 281
Глава 20. **Особенности конструктивных решений зданий и сооружений гидромелиоративного назначения** . . 282

87. Общие сведения 282
88. Здания гидромелиоративного назначения 283
89. Сооружения на гидромелиоративных системах . . 286

РАЗДЕЛ III

СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Глава 21. **Основные принципы организации гидромелиоративного строительства** 292
90. Общие сведения 292
91. Проекты организации строительства и производства работ 292
92. Научная организация труда и управление строительством 294
Глава 22. **Подготовительные и вспомогательные работы** . . 295
93. Подготовительные работы 295
94. Вспомогательные работы в строительстве 296
Глава 23. **Транспортные и погрузочно-разгрузочные работы** 298
95. Общие сведения 298
96. Транспортные машины и оборудования 299
97. Подъемно-транспортные машины 302
98. Погрузочно-разгрузочные работы 303
99. Техника безопасности при погрузочно-разгрузочных работах 306
Глава 24. **Каменные работы** 307
100. Общие сведения 307
101. Бутовая и бутобетонная кладка 310
102. Кладка из мелкоштучного искусственного камня 312
103. Облицовка каменной кладки 316
104. Каменная кладка в гидромелиоративном строительстве 319
105. Каменная кладка в зимних условиях 321
106. Техника безопасности при каменных работах . . 323
Глава 25. **Бетонные работы и производство сборных железобетонных изделий** 323
107. Общие сведения 323
108. Технология устройства монолитных облицовок каналов 324
109. Производство сборных железобетонных изделий 328
110. Контроль качества бетонных работ и бетона . . 333
Глава 26. **Монтажные работы** 337
111. Общие сведения 337
112. Монтаж одноэтажных промышленных однопролетных зданий 339
113. Монтаж одноэтажных промышленных многопролетных зданий 342
114. Монтаж зданий из крупных стеновых блоков . . 344
115. Техника безопасности при монтажных работах . . 347
Глава 27. **Гидроизоляционные работы** 347
116. Общие сведения 347
117. Окрасочная гидроизоляция 348
118. Обмазочная гидроизоляция 349

119. Оклеечная гидроизоляция 350
120. Штукатурная гидроизоляция 352
121. Пропиточная и инъекционная гидроизоляция . . 353
122. Литая гидроизоляция 354
123. Облицовочная гидроизоляция 355
124. Герметизация деформационных швов бетонных и железобетонных облицовок каналов 355
125. Техника безопасности при гидроизоляционных работах 360
Глава 28. **Кровельные работы** 361
126. Общие сведения 361
127. Кровли из рулонных и мастичных материалов . . 361
128. Кровли из асбестоцементных листов 365
129. Кровли из листовой стали 366
Глава 29. **Отделочные работы** 367
130. Общие сведения 367
131. Штукатурные работы 367
132. Стекольные работы 371
133. Малярные и обойные работы 372
134. Техника безопасности при отделочных работах . . 374
Указатель литературы 375
Предметный указатель 376

Василий Константинович Синяков

ОСНОВЫ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Заведующая редакцией А. И. Гераськина
Редактор Г. П. Попова
Художественный редактор Е. Г. Прибегина
Технический редактор Л. А. Бычкова
Корректоры М. Ф. Казакова, Т. Н. Бобрикова, И. П. Мельникова

ИБ № 3447

Сдано в набор 14.08.85. Подписано к печати 11.11.85. Т-22114. Формат 84×108$^{1}/_{32}$. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 20,16+0,21 форзац. Усл. кр.-отт. 20,37. Уч.-изд. л. 21,08+0,18 форзац. Изд. № 268. Тираж 12000 экз. Заказ № 1486. Цена 1 руб.

Ордена Трудового Красного Знамени ВО «Агропромиздат», 107807, ГСП, Москва, Б-53, ул. Садовая-Спасская, 18.

Набрано в ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени МПО «Первая Образцовая типография имени А. А. Жданова» Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, 113054, Москва, Валовая, 28.

Отпечатано в Московской типографии № 8 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, 101898, Москва, Центр, Хохловский пер., 7. Зак. 115.